

# **AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÓMICA DE CASAS PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA MACIÇA**

**STÉPHANE MENDES VAZ**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professor José Manuel Marques Amorim de A. Faria

JULHO DE 2008

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

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

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

Aos meus Pais

*Investir em conhecimento rende sempre os melhores juros*

*Benjamim Franklin*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao finalizar este trabalho, é com grande e sincera gratidão que quero manifestar os meus agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma me apoiaram e cuja contribuição foi imprescindível.

Aos meus familiares, o meu eterno obrigado pela paciência e carinho com que sempre me trataram. Aos meus pais, pela total confiança e liberdade. Aos meus amigos mais próximos pelo apoio diário que me deram.

Queria destacar em particular, uma pessoa que teve um papel fundamental para na elaboração desta tese.

O Professor Doutor Amorim Faria, meu orientador científico, pelo permanente apoio e incentivo à realização da tese e pelo carinho com que sempre me orientou ao longo destes últimos meses.



## **RESUMO**

A construção de casas de madeira é uma solução habitacional utilizada em muitos países no mundo, como os Estados Unidos da América, o Japão e a Finlândia.

Fez a sua aparição em Portugal a relativamente pouco anos, tendo-se assistido ultimamente a uma expansão notória, impulsionada por um conjunto de factores, dos quais se destacam a consciencialização geral da população para as questões do meio ambiente.

Em consequência desta nova tendência, têm aparecido no mercado cada vez mais empresas construtoras de casas de madeira. No entanto, o carácter ainda relativamente novo destas soluções apresenta uma grande falta de informação rigorosa e objectiva.

Este trabalho procura dar um contributo no sentido de esclarecer o público em geral sobre as vantagens e inconvenientes deste tipo de solução.

A materialização das vertentes expostas ao longo deste trabalho desenvolve-se em cinco capítulos. No primeiro são abordados temas fundamentais para enquadrar esta temática como sejam o enquadramento histórico e a evolução das casas de madeira, a caracterização dos vários tipos de construção em madeira. Com especial ênfase nas casas de troncos e uma análise do mercado nacional do sector e das principais empresas que o constituem.

Os restantes capítulos dividem-se em essencialmente três vertentes: a primeira refere-se à elaboração de uma casa padrão em madeira maciça e descrição das regras sobre as quais se deve basear a concepção e execução das casas de madeira maciça; a segunda à definição de uma habitação equivalente em alvenaria tipo que permita uma comparação; a terceira à análise e à avaliação do desempenho das características técnicas e económicas das casas em madeira maciça.

Em anexo, apresentam-se um repertório, de algumas, das diversas empresas existentes no mercado português.

**PALAVRAS-CHAVE:** Casas de madeira maciça, Casas de alvenaria, Mercado Português, Avaliação técnica, Avaliação económica.



## **ABSTRACT**

Building wood houses is traditionally a solution used in many countries all over the world, like the United States of America, Japan and Finland.

Though this solution appeared in Portugal only a few years back, it has been expanding notoriously derived from a handful of factors, like the growing awareness of the general population for the growing environmental problems.

Regarding this new aspect we are facing now a growing tendency for the founding of more wood housing construction industries, but because of its early appearance in the market there isn't a very rigorous and objective information regarding this matter.

This work points toward the way of supplying that lack of information to the general public about the advantages and disadvantages of this kind of solution.

All of the contents of this work are carefully divided in five chapters. The first chapter is addressed toward the thematic, like historical background, evolution of wood houses and display of various wood construction types. This work will point specially toward to log houses in the portuguese market and the major enterprises that explore it.

The rest of the work is essentially divided into three points: the first is about conceiving a standard log house and the rules that determine its conception and execution; the second relates the comparison of that standard log house with a normal and more traditional masonry house; the third and final chapter regards the analysis and performance evaluation of technical and economical pointers of a standard log house.

In Annex there will be a presentation list of some related enterprises working in the portuguese market.

**KEY-WORDS:** Log Houses, Masonry Houses, Portuguese Market, Technical Evaluation, Economical Evaluation.



## ÍNDICE GERAL

|                      |     |
|----------------------|-----|
| AGRADECIMENTOS ..... | i   |
| RESUMO .....         | iii |
| ABSTRACT .....       | v   |

## 1. INTRODUÇÃO .....

|   |
|---|
| 1 |
|---|

|                                           |   |
|-------------------------------------------|---|
| 1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO ..... | 1 |
| 1.2. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO ..... | 2 |
| 1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....     | 2 |

## 2. CASAS DE MADEIRA MACIÇA EM PORTUGAL .....

|   |
|---|
| 3 |
|---|

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. EVOLUÇÃO DAS CASAS DE MADEIRA .....                                              | 3  |
| 2.2. TIPOS DE CASA DE MADEIRA .....                                                   | 7  |
| 2.2.1. CASAS DE TRONCOS - “LOGHOMES” .....                                            | 7  |
| 2.2.2. CASAS COM ESTRUTURAS EM MADEIRA PESADA - “HEAVY TIMBER” .....                  | 8  |
| 2.2.2.1. Sistema porticado - “Post&Beam” .....                                        | 8  |
| 2.2.2.2. Sistema de entramado - “Timber frame” .....                                  | 9  |
| 2.2.3. CASAS COM ESTRUTURA EM MADEIRA LEVE – “LIGHT FRAMING” .....                    | 9  |
| 2.2.3.1. Estrutura em balão - “Ballon frame” .....                                    | 10 |
| 2.2.3.2. Estrutura em plataforma - “Platform Frame” .....                             | 10 |
| 2.3. TIPOS DE CASAS DE TRONCOS .....                                                  | 11 |
| 2.3.1. TRONCOS TRABALHADOS À MEDIDA - “HANDCRAFTED” .....                             | 11 |
| 2.3.2. TRONCOS MANUFACTURADOS - “MILLED” .....                                        | 12 |
| 2.3.3. TIPOS DE LIGAÇÃO HORIZONTAL .....                                              | 12 |
| 2.3.3.1. Ligação com superfícies planas - “Flat-on-flat” .....                        | 12 |
| 2.3.3.2. Ligação com “Splines” .....                                                  | 13 |
| 2.3.3.3. Ligação com juntas preenchidas - “Chinked” .....                             | 13 |
| 2.3.3.4. Ligação com sistema de encaixe - “Tongue & groove” .....                     | 13 |
| 2.3.3.5. Ligação com sistema de encaixe e juntas preenchidas - “Chink & Groove” ..... | 14 |
| 2.3.4. TIPOS DE PERFIL DOS TRONCOS .....                                              | 15 |
| 2.3.4.1. Troncos com perfil redondo .....                                             | 15 |
| 2.3.4.2. Troncos com perfil em “D” .....                                              | 15 |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.4.3. Troncos com perfil quadrado .....                               | 15        |
| 2.3.4.3. Troncos com perfil rectangular .....                            | 15        |
| 2.3.5. TIPOS DE UNIÃO NOS CANTOS .....                                   | 15        |
| 2.3.5.1. União com encaixe em forma de sela - “Sadle notch” .....        | 16        |
| 2.3.5.3. União sem cantos prolongados - “Dovetail” .....                 | 17        |
| 2.3.5.4. União “Butt-and-pass” .....                                     | 17        |
| 2.3.5.5. União com pilar de canto - “Corner post” .....                  | 18        |
| <b>2.4. MERCADO EM PORTUGAL .....</b>                                    | <b>18</b> |
| 2.4.1. EMPRESAS CONSTRUTORAS DE CASAS DE MADEIRA MACIÇA EM TRONCOS ..... | 19        |
| 2.4.1.1. Rusticasa .....                                                 | 19        |
| 2.4.1.2. LogDomus .....                                                  | 20        |
| 2.4.1.3. Finlusa .....                                                   | 20        |
| 2.4.1.4. Fuldex .....                                                    | 21        |
| 2.4.1.5. HonkaLusa .....                                                 | 22        |
| 2.4.1.6. Lapanda .....                                                   | 22        |
| 2.4.1.7. Empatias .....                                                  | 23        |
| 2.4.1.8. Lacecal .....                                                   | 24        |
| 2.4.1.9. Comparação das empresas .....                                   | 24        |
| 2.4.2. EMPRESAS COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS ALTERNATIVOS .....             | 25        |
| 2.4.2.1. Casema .....                                                    | 25        |
| 2.4.2.2. Carmel .....                                                    | 26        |
| 2.4.2.3. Monjolo .....                                                   | 27        |
| 2.4.2.4. Mesquita Madeiras .....                                         | 27        |
| 2.4.2.5. Camolde .....                                                   | 28        |
| 2.4.2.6. DaneCasa .....                                                  | 29        |
| 2.4.2.7. ConcasMadeira .....                                             | 29        |
| 2.4.2.8. Ecotouch .....                                                  | 30        |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. CASAS DE MADEIRA TIPO – DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS .....</b> | <b>31</b> |
| <b>3.1. OBJECTO .....</b>                                           | <b>31</b> |
| <b>3.2. DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS .....</b>                       | <b>31</b> |
| 3.2.1. ESTRUTURA .....                                              | 33        |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1.1. Fundações.....                                                 | 33        |
| 3.2.1.2. Superestrutura.....                                            | 33        |
| 3.2.2. ENVOLVENTE EXTERIOR .....                                        | 34        |
| 3.2.2.1. Paredes exteriores .....                                       | 34        |
| 3.2.2.2. Revestimentos e outros elementos singulares da cobertura ..... | 34        |
| 3.2.2.3. Aberturas .....                                                | 34        |
| 3.2.3. COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS.....                   | 34        |
| 3.2.3.1. Paredes Interiores .....                                       | 34        |
| 3.2.4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS .....                                 | 34        |
| <b>3.3. DEFINIÇÃO DA CASA DE MADEIRA MACIÇA TIPO .....</b>              | <b>34</b> |
| 3.3.1. TIPOLOGIA.....                                                   | 35        |
| 3.3.2. FUNDAÇÕES .....                                                  | 35        |
| 3.3.2.2. Sapata contínua .....                                          | 35        |
| 3.3.2.3. Parede de alvenaria .....                                      | 36        |
| 3.2.1.2. Paredes estruturais .....                                      | 38        |
| 3.2.1.3. Pavimento.....                                                 | 40        |
| 3.2.1.4. Estrutura de suporte da cobertura .....                        | 41        |
| 3.2.2. ENVOLVENTE EXTERIOR .....                                        | 43        |
| 3.2.2.1. Paredes exteriores .....                                       | 43        |
| 3.2.1.2. Cobertura.....                                                 | 43        |
| 3.2.1.3. Aberturas .....                                                | 44        |
| 3.2.3. COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS.....                   | 45        |
| 3.2.3.1. Paredes interiores .....                                       | 45        |
| 3.2.3.1. Pavimento.....                                                 | 48        |
| 3.2.4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS .....                                 | 48        |
| 3.2.4.1. Electricidade .....                                            | 49        |
| 3.2.4.2. Águas e saneamento.....                                        | 50        |
| 3.2.4.3. Aquecimento.....                                               | 51        |
| 3.2.4.4. Rede de distribuição de gás .....                              | 52        |
| 3.2.4.5. Ventilação .....                                               | 53        |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>4. AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÓMICA – COMPARAÇÃO COM CASAS EM ALVENARIA</b> | 55 |
| <b>4.1. OBJECTO</b>                                                         | 55 |
| <b>4.2. CASA PADRÃO EM ALVENARIA DE COMPARAÇÃO</b>                          | 55 |
| <b>4.3. ANÁLISE TÉCNICA</b>                                                 | 57 |
| 4.3.1. SEGURANÇA ESTRUTURAL                                                 | 59 |
| 4.3.1.1. Segurança perante solicitações de ocorrência excepcional           | 60 |
| 4.3.1.2. Segurança perante solicitações de ocorrência accidental            | 60 |
| 4.3.1.3 Análise                                                             | 60 |
| 4.3.2. SEGURANÇA CONTRA RISCOS DE INCÊNDIO                                  | 61 |
| 4.3.2.1. Reacção ao fogo dos materiais de construção                        | 61 |
| 4.3.2.2. Resistência ao fogo de elementos de construção                     | 63 |
| 4.3.2.3 Análise                                                             | 64 |
| 4.3.3. SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO                                              | 66 |
| 4.3.3.1. Análise                                                            | 67 |
| 4.3.4. SEGURANÇA CONTRA INTRUSÃO                                            | 67 |
| 4.3.4.1. Análise                                                            | 67 |
| 4.3.5. ESTANQUIDADE À ÁGUA                                                  | 67 |
| 4.3.5.1. Estanquidade à água das janelas                                    | 67 |
| 4.3.5.2. Estanquidade à água das paredes                                    | 68 |
| 4.3.5.3. Análise                                                            | 70 |
| 4.3.6. ESTANQUIDADE AO AR                                                   | 70 |
| 4.3.6.1 Estanquidade ao ar das janelas                                      | 71 |
| 4.3.6.2 Estanquidade ao ar das paredes                                      | 71 |
| 4.3.6.3. Análise                                                            | 72 |
| 4.3.7. CONFORTO HIGROTÉRMICO E POUPANÇA DE ENERGIA                          | 72 |
| 4.3.7.1. Conforto térmico                                                   | 72 |
| 4.3.7.2. Zonas opacas                                                       | 73 |
| 4.3.7.3. Isolamento térmico                                                 | 73 |
| 4.3.7.4. Pontes térmicas                                                    | 75 |
| 4.3.7.5. Inércia térmica                                                    | 76 |
| 4.3.7.6. Condensações superficiais                                          | 77 |
| 4.3.7.7. Análise                                                            | 78 |

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.8. PUREZA DO AR.....                                               | 81        |
| 4.3.8.1. Análise .....                                                 | 81        |
| 4.3.9 CONFORTO ACÚSTICO .....                                          | 82        |
| 4.3.9.1 Isolamento acústico.....                                       | 82        |
| 4.3.9.2 Condicionamento acústico .....                                 | 84        |
| 4.3.9.4. Análise .....                                                 | 85        |
| 4.3.10. CONFORTO VISUAL.....                                           | 85        |
| 4.3.10.1. Rectidão das arestas e planeza das superfícies.....          | 85        |
| 4.3.10.2. Defeitos das superfícies .....                               | 85        |
| 4.3.10.3. Homogeneidade da sujidade.....                               | 86        |
| 4.3.10.4. Homogeneidade de cor e de brilho .....                       | 86        |
| 4.3.10.5. Iluminação .....                                             | 86        |
| 4.3.10.6. Análise .....                                                | 86        |
| 4.3.11. CONFORTO TÁCTIL .....                                          | 87        |
| 4.3.11.1. Análise .....                                                | 87        |
| 4.3.12. FACILIDADE DE LIMPEZA E MANUTENÇÃO .....                       | 87        |
| 4.3.12.1. Análise .....                                                | 87        |
| 4.3.13. ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO NORMAL.....                             | 88        |
| 4.3.13.1. Resistência a acções de choque e de atrito .....             | 88        |
| 4.3.13.2. Resistência à acção da água .....                            | 88        |
| 4.3.13.3. Aderência ao suporte .....                                   | 88        |
| 4.3.13.4. Resistência à Suspensão de Cargas .....                      | 89        |
| 4.3.13.4. Resistência ao Enodoamento pela Poeira .....                 | 89        |
| 4.3.13.5. Análise .....                                                | 89        |
| 4.3.14. DURABILIDADE.....                                              | 89        |
| 4.3.14.1. Resistência aos agentes climatéricos .....                   | 90        |
| 4.3.14.2. Resistência aos agentes químicos presentes no ar.....        | 90        |
| 4.3.14.3. Resistência à erosão por partículas em suspensão no ar ..... | 90        |
| 4.3.14.4. Resistência a agentes biológicos .....                       | 90        |
| 4.3.14.5. Análise .....                                                | 90        |
| 4.3.15. SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS .....                           | 91        |
| 4.3.15.1. Análise .....                                                | 92        |
| <b>4.4. ANÁLISE ECONÓMICA .....</b>                                    | <b>94</b> |

|                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| 4.4.1. INVESTIMENTO INICIAL .....   | 94             |
| 4.4.1.1. Metodologia .....          | 94             |
| 4.4.1.2. Preços .....               | 95             |
| 4.4.2. DESPESAS DE MANUTENÇÃO ..... | 99             |
| 4.4.3. PRAZO DE CONSTRUÇÃO .....    | 100            |
| 4.4.4. ANÁLISE COMPARATIVA .....    | 100            |
| <b>4.5. ANÁLISE GLOBAL .....</b>    | <b>102</b>     |
| <br><b>5. CONCLUSÃO .....</b>       | <br><b>105</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Fig.2.1 – Habitações subterrâneas ou “Pit houses” .....   | 3  |
| Fig.2.2 – Habitações das ilhas Celebes .....              | 4  |
| Fig.2.3 – Habitações em Batak .....                       | 4  |
| Fig.2.4 – Pagode do Templo Horyuji, no Japão .....        | 4  |
| Fig.2.5 – Sistema construtivo em troncos maciços .....    | 5  |
| Fig.2.6 – Construção em troncos maciços .....             | 5  |
| Fig.2.7 – Esquema de uma estrutura em “gaiola” .....      | 5  |
| Fig.2.8 – Casas em Rouen, França .....                    | 5  |
| Fig.2.9 – Condomínio Wälludden, na Suécia .....           | 6  |
| Fig.2.10 – Esquema estrutural de casas de troncos .....   | 7  |
| Fig.2.11 – Estrutura em “Post&Beam” .....                 | 9  |
| Fig.2.12 – Estrutura em “Timber frame” .....              | 9  |
| Fig.2.13 – Estrutura em “Ballon Frame” .....              | 11 |
| Fig.2.14 – Estrutura em “Platform Frame” .....            | 11 |
| Fig.2.14 – Tronco delineado à medida .....                | 12 |
| Fig.2.15 – Tronco pré-fabricado em serração .....         | 15 |
| Fig.2.16 – Exemplos de troncos com superfície plana ..... | 12 |
| Fig.2.18 – Ligação com duas “Splines” .....               | 13 |
| Fig.2.19 – Ligação com uma “Spline” .....                 | 13 |
| Fig.2.20 – Superfície curva com junta preenchidas .....   | 13 |
| Fig.2.21 – Superfície plana com junta preenchidas .....   | 13 |
| Fig.2.22 – Encaixe com um, dois e três entalhes .....     | 14 |
| Fig.2.23 – Esquema de encaixe em “Swedish Scope” .....    | 14 |
| Fig.2.24 – Exemplo de “Swedish Scope” .....               | 14 |
| Fig.2.25 – Esquema de encaixe com “Chink & Groove” .....  | 14 |
| Fig.2.26 – Exemplo de “Chink & Groove” .....              | 14 |
| Fig.2.27 – Perfil redondo .....                           | 15 |
| Fig.2.28 – Perfil em “Swedish Scope” .....                | 15 |
| Fig.2.29 – Perfil em “D” .....                            | 15 |
| Fig.2.30 – Perfil normal .....                            | 15 |
| Fig.2.31 – Perfil em “Shiplap” .....                      | 15 |

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Fig.2.32 – Perfil normal .....                   | 15 |
| Fig.2.33 – Perfil com aristas arredondadas ..... | 15 |
| Fig.2.34 – União em “Sadle notch” .....          | 16 |
| Fig.2.35 – União em “Sadle notch” .....          | 16 |
| Fig.2.36 – União “Compression-fit” .....         | 17 |
| Fig.2.37 – União “Shrink-Fit” .....              | 17 |
| Fig.2.38 – União “Dovetail” .....                | 17 |
| Fig.2.39 – União “Dovetail” .....                | 17 |
| Fig.2.40 – União “Butt-and-pass” .....           | 18 |
| Fig.2.41 – União “Butt-and-pass” .....           | 18 |
| Fig.2.42 – União em “Corner post” .....          | 18 |
| Fig.2.43 – União em “Corner post” .....          | 18 |
| Fig.2.44 – Logótipo Rusticasa .....              | 19 |
| Fig.2.45 – Logótipo Logdomus .....               | 20 |
| Fig.2.46 – Logótipo Finlusa .....                | 21 |
| Fig.2.47 – Logótipo Fuldex .....                 | 21 |
| Fig.2.48 – Logótipo HonkaLusa .....              | 22 |
| Fig.2.49 – Logótipo Lapanda .....                | 23 |
| Fig.2.50 – Logótipo Empatias .....               | 23 |
| Fig.2.51 – Logótipo Lacecal .....                | 24 |
| Fig.2.51 – Logótipo Casema .....                 | 25 |
| Fig.2.52 – Logótipo Carmel .....                 | 26 |
| Fig.2.53 – Logótipo Monjolo .....                | 27 |
| Fig.2.54 – Logótipo Mesquita Madeiras .....      | 28 |
| Fig.2.55 – Logótipo Camolde Madeiras .....       | 28 |
| Fig.2.56 – Logótipo DaneCasa .....               | 29 |
| Fig.2.57 – Logótipo ConcasMadeira .....          | 30 |
| Fig.2.58 – Logótipo Ecotouch .....               | 30 |
| Fig.3.1 – Rés de chão .....                      | 35 |
| Fig.3.2 – 1ª Andar .....                         | 35 |
| Fig.3.3 – Ensoleiramento geral .....             | 36 |
| Fig.3.4 – Sapata contínua .....                  | 36 |
| Fig.3.5 – Pormenor construtivo da parede .....   | 36 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig.3.6 – Parede de alvenaria .....                                              | 36 |
| Fig.3.7 – Reforço da fundação para instalação de uma lareira .....               | 37 |
| Fig.3.8 – Reforço da fundação para colocação de uma chaminé de tijolos .....     | 37 |
| Fig.3.9 – Sistema de drenagem .....                                              | 37 |
| Fig.3.10 – Colocação prévia das instalações .....                                | 37 |
| Fig.3.11 – Suporte para fixação do parafuso de ancoragem .....                   | 38 |
| Fig.3.12 – Pormenor da fiada de patamar .....                                    | 38 |
| Fig.3.13 – Esquema de colocação de cavilhas (corte-alçado) .....                 | 39 |
| Fig.3.14 – Tirante metálico .....                                                | 39 |
| Fig.3.15 – Perno de ajuste de assentamento do pilar .....                        | 39 |
| Fig.3.16 – Fixação da última fiada .....                                         | 40 |
| Fig.3.17 – Estrutura de suporte do pavimento .....                               | 41 |
| Fig.3.18 – Estrutura de suporte da cobertura .....                               | 41 |
| Fig.3.19 – Pormenor dos caibros na cumeeira .....                                | 42 |
| Fig.3.20 – Fixação dos caibros à fachada exterior .....                          | 42 |
| Fig.3.21 – Suporte do beirado .....                                              | 42 |
| Fig.3.22 – Relação extensão do beirado/altura da fachada .....                   | 42 |
| Fig.3.23 – Pormenor da ventilação da cobertura .....                             | 43 |
| Fig.3.24 – Colocação do isolamento nos toros das paredes de fachada .....        | 43 |
| Fig.3.25 – Pormenor construtivo da cobertura .....                               | 44 |
| Fig.3.26 – Pormenor das janelas secção horizontal .....                          | 45 |
| Fig.3.27 – Pormenor das janelas secção transversal .....                         | 45 |
| Fig.3.28 – Esquemas de fixação da parede interior maciça à parede exterior ..... | 46 |
| Fig.3.29 – pormenor construtivo de uma parede de tabique .....                   | 46 |
| Fig.3.30 – Esquema de fixação da parede de tabique ao tecto .....                | 47 |
| Fig.3.31 – Esquemas de fixação da parede de tabique à parede exterior .....      | 47 |
| Fig.3.32 – Esquemas de fixação da parede de tabique à parede exterior .....      | 47 |
| Fig.3.33 – Pormenor de aplicação de parede de contraplacado pelo interior .....  | 48 |
| Fig.3.34 – Pormenor do pavimento .....                                           | 48 |
| Fig.3.35 – Colocação da instalação eléctrica no rodapé .....                     | 49 |
| Fig.3.36 – Colocação da instalação eléctrica na moldura do tecto .....           | 49 |
| Fig.3.37 – Colocação da instalação no interior da parede exterior .....          | 49 |
| Fig.3.38 – Solução de tubagem central .....                                      | 50 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fig.3.39 – Junta de assentamento com Acessório de compressão/expansão .....                                       | 51  |
| Fig.3.40 – Junta de assentamento cobertura para a ventilação .....                                                | 51  |
| Fig.3.41 – Sistema de assentamento flexível .....                                                                 | 51  |
| Fig.3.42 – Chaminé de alvenaria em tijolo .....                                                                   | 52  |
| Fig.3.43 – Chaminé em conduta metálica .....                                                                      | 52  |
| Fig.3.44 – chaminé em conduta metálica .....                                                                      | 52  |
| Fig.4.1 – Esquema da cobertura .....                                                                              | 56  |
| Fig.4.2 – Esquema das paredes de fachada .....                                                                    | 56  |
| Fig.4.3 – Esquema das paredes interiores .....                                                                    | 57  |
| Fig.4.4 – Avaliar da qualidade de soluções construtivas .....                                                     | 58  |
| Fig.4.5 – Processo de carbonização de uma viga de madeira .....                                                   | 65  |
| Fig.4.6 – Vigas de madeira e aço após um incêndio .....                                                           | 66  |
| Fig.4.7 – Penetração da água em paredes, devido ao fenómeno da gravidade .....                                    | 68  |
| Fig.4.8 - Penetração da água da chuva em paredes devido ao fenómeno da energia cinética .....                     | 69  |
| Fig.4.9 – Porosidade de um material .....                                                                         | 69  |
| Fig.4.10 – Trocas de calor do corpo humano com o ambiente .....                                                   | 73  |
| Fig.4.11 – Exemplos de pontes térmicas .....                                                                      | 75  |
| Fig.4.12 – Amortecimento e desfasamento provocado por uma parede de fachada da onda de temperatura exterior ..... | 77  |
| Fig.4.13 – Diagrama psicométrico .....                                                                            | 78  |
| Fig.4.14 – Pontes térmicas numa parede de madeira maciça .....                                                    | 80  |
| Fig.4.15 – Ponte térmica numa parede de alvenaria .....                                                           | 80  |
| Fig.4.16 – Revestimento com azulejo nos chuveiros .....                                                           | 88  |
| Fig.4.17 – Ciclo da madeira, consumo de madeira implica sustentabilidade dos bosques .....                        | 92  |
| Fig.4.18 – Eficiência energética da madeira .....                                                                 | 93  |
| Fig.4.19 – Relação investimento inicial / Manutenção .....                                                        | 100 |
| Fig.4.20 – Relação da vida útil com a manutenção .....                                                            | 101 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 2.1 – Quadro resumo das empresas de construtoras de casas de troncos .....                                                          | 25  |
| Quadro 3.1 – Decomposição da casa de madeira maciça em subsistemas .....                                                                   | 32  |
| Quadro 4.1 – Listagem das exigências em estudo .....                                                                                       | 59  |
| Quadro 4.2 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de habitação deverão obedecer ..... | 64  |
| Quadro 4.3 – Resistência ao fogo paredes de tijolo .....                                                                                   | 65  |
| Quadro 4.4 – Classificação da estanquidade à água das janelas .....                                                                        | 68  |
| Quadro 4.5 – Classificação da estanquidade ao ar das janelas .....                                                                         | 71  |
| Quadro 4.6 – Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados.....                                                                     | 74  |
| Quadro 4.7 – Resistências térmicas superficiais .....                                                                                      | 74  |
| Quadro 4.8 – Classes de Inércia térmica.....                                                                                               | 76  |
| Quadro 4.9 – Condutibilidades térmicas .....                                                                                               | 79  |
| Quadro 4.10 – Massas volúmicas.....                                                                                                        | 80  |
| Quadro 4.11 – Isolamento acústico de diversos materiais.....                                                                               | 83  |
| Quadro 4.12 – Classificação dos locais para implantação de edifícios, segundo o RGSR.....                                                  | 83  |
| Quadro 4.13 – Características de isolamento sonoro para paredes exteriores de edifícios de habitação R <sub>45</sub> .....                 | 84  |
| Quadro 4.14 – Coeficientes de absorção sonora de alguns materiais.....                                                                     | 84  |
| Quadro 4.15 – Desvios máximos de planeza de superfície admissíveis .....                                                                   | 85  |
| Quadro 4.16 – Descritivo custos finais alvenaria .....                                                                                     | 95  |
| Quadro 4.17 – Custo das opcionais do construtor A.....                                                                                     | 97  |
| Quadro 4.18 – Descritivo custos finais do construtor A .....                                                                               | 97  |
| Quadro 4.19 – Descritivo custos finais do construtor B .....                                                                               | 98  |
| Quadro 4.20 – Descritivo custos finais do construtor C .....                                                                               | 98  |
| Quadro 4.21 – Descritivo custos finais do construtor D .....                                                                               | 99  |
| Quadro 4.22 – Comparação de preços.....                                                                                                    | 101 |
| Quadro 4.23 – Resumo das exigências e comparação com as habitações em alvenaria .....                                                      | 103 |







# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

O tema desta dissertação é “Avaliação técnica económica de casas pré-fabricadas em madeira maciça”.

Desde a existência do Homem que as estruturas e os elementos construtivos de madeira o acompanham. A existência de madeira em abundância na natureza, bem como a sua leveza, a resistência e a facilidade de trabalhar permitiu o seu uso para diversos fins, desde variados utensílios até à construção de habitações.

A utilização da madeira foi evoluindo juntamente com os progressos tecnológicos, sendo até ao início do século XX dos principais materiais de construção, juntamente com a pedra e o tijolo. Porém, o grau de evolução até então atingido pareceu não permitir maiores progressos. Este facto, associado ao aparecimento do betão armado que permitiu simultaneamente acompanhar as exigências do desenvolvimento industrial, conduziu ao aparecimento de novas e mais arrojadas estruturas, apoiadas no constante aperfeiçoamento do cálculo e do conhecimento das propriedades dos materiais, traduzindo-se num crescente declínio da utilização da madeira como material de construção.

Deste modo a construção em madeira, de emprego empírico e tradicional, foi perdendo fulgor, sendo remetida para um papel secundário, na construção de estruturas auxiliares e habitações precárias de uso muito mais limitado. A madeira ganha assim uma reputação de material de qualidade inferior, e de baixa durabilidade quando comparada com o betão armado, gerando um clima de receio e insegurança que conduziu à sua muito baixa utilização em estruturas de edifícios de habitação.

A consciencialização geral da população para as questões do meio ambiente, associado ao aparecimento de novos regulamentos e avanços tecnológicos, permitiram uma melhor compreensão das qualidades da madeira, gerando condições para o aparecimento de novos processos construtivos, bem como de novos materiais industriais à base de madeira – lamelados colados, contraplacados, aglomerados, etc., o que iniciou um processo de inversão da tendência negativa na utilização das casas de madeira, devolvendo-lhe um novo alento.

Em consequência desta nova tendência, têm aparecido no mercado cada vez mais empresas fornecendo casas de madeira, numa resposta directa ao aumento de procura deste tipo de solução.

É neste contexto que se insere o objecto da presente dissertação, ou seja na análise das casas de madeira.

Mais especificamente este trabalho tem como objectivo principal estudar e avaliar as casas de madeira maciça, as correntemente designadas, casas de troncos.

O estudo desenvolvido tem como base uma pesquisa de mercado efectuada sobre as principais empresas construtoras deste tipo de solução em Portugal.

O âmbito do trabalho desenvolvido inclui a comparação de uma solução tipo em madeira maciça e de uma equivalente em betão armado e alvenaria, analisando de forma comparada as características de desempenho de cada uma, ou seja avaliando as exigências de segurança, habitabilidade, durabilidade e economia, com base nas normas e regulamentos disponíveis, nacionais e internacionais.

Este trabalho encontra a sua justificação no facto de existir uma grande falta de informação rigorosa e objectiva acerca deste tipo de solução construtiva. As empresas no mercado nacional não disponibilizam a informação facilmente, tornando o sector pouco transparente. Sendo esta uma solução ainda relativamente pouco utilizada em Portugal, não existem muitos estudos dedicados ao assunto. Esta dissertação pretende sintetizar informação dispersa existente sobre o assunto e sumariamente responder à seguinte questão: vale a pena comprar uma casa de madeira maciça?

## **1.2. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO**

O trabalho de investigação desenvolvido nesta dissertação apoiou-se em outros trabalhos de investigação referentes às diversas áreas abordadas, bem como de uma pesquisa normativa no domínio e de diversas referências bibliográficas de que se destaca o livro editado pelo AITIM espanhol “Casas de madera” [3] e o livro “Complete Guide to Building Log Homes” de Monte Burch [6].

Fundamental para este trabalho foi a pesquisa das diversas soluções construtivas disponíveis no mercado português a que se seguiu de uma análise exclusivamente pessoal do desempenho das soluções.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Os conceitos de carácter mais geral incluem-se nos capítulos 2 e 3. Destinam-se a enquadrar o objecto principal da dissertação, necessários à obtenção do conhecimento de base necessário ao melhor entendimento da problemática tratada. O capítulo 4 inclui a parte mais inovadora do trabalho. Os capítulos 1 e 5 incluem respectivamente a introdução e a conclusão.

Esta dissertação encontra-se então organizada em 5 capítulos:

- No capítulo 1, faz-se uma breve apresentação do trabalho e sintetiza-se o seu conteúdo;
- No capítulo 2, dá-se a conhecer o material de construção base para o presente estudo; o enquadramento histórico e a evolução das casas de madeira, a caracterização dos vários tipos de construção em madeira, com especial ênfase nas casas de troncos e uma análise do mercado nacional do sector e das principais empresas que o constituem;
- No capítulo 3 faz-se a definição de uma casa de madeira maciça padrão através da sua divisão em subsistemas e caracterizam-se os diversos materiais, componentes e sistemas construtivos utilizados numa casa em madeira maciça;
- No capítulo 4, procede-se à sua comparação com um casa equivalente em betão armado e alvenaria;
- No capítulo 5 e último apresenta-se uma breve síntese do trabalho realizado.

## 2

## CASAS DE MADEIRA MACIÇA EM PORTUGAL

### 2.1. EVOLUÇÃO DAS CASAS DE MADEIRA

A madeira é um dos materiais de construção mais antigos, existindo em abundância na natureza, pois desde muito cedo o homem reconheceu as suas qualidades nas mais variadas utilizações. Os egípcios confiavam na madeira para a protecção e conservação das suas sepulturas criando sarcófagos que perduram até aos dias de hoje.

Desde a época neolítica, cerca de 5000 anos a.C., quando o homem se sedentariza, e que tem assim necessidade de construir abrigo, utilizando para tal os materiais e utensílios que tinha à disposição, que começaram a surgir construções de diversos tipos, em geral utilizando madeira. Podemos portanto concluir que, em qualquer região do mundo, sempre que havia fixação do homem e a presença de árvores, algum tipo de estrutura em madeira era inventado.

As primeiras habitações a aparecerem, em oposição às cavernas que existiam naturalmente, foram as chamadas habitações subterrâneas ou “Pit houses”. Estas habitações podiam ser circulares ou quadradas e eram escavadas no chão e construídas com paredes de terra. O telhado era suportado por troncos maciços apoiados entre as paredes de terra e um conjunto de troncos erguidos no centro, de forma a deixar uma abertura que servia de entrada através de uma escada. [4]



Fig.2.1 – Habitações subterrâneas ou “Pit houses” [4]

As casas em madeira tiveram origem em África, espalhando-se para o Este da Europa, China e Japão, Oeste e Norte da Europa e finalmente para a América do Norte, num padrão similar ao padrão de migração das populações.

A maneira como estas estruturas eram construídas e o seu próprio estilo dependia da localização, do clima, do tipo de madeira disponível bem como dos factores políticos e sociais. Os diversos procedimentos com que se realizavam as assamblagens dependiam da qualidade das ferramentas. Em muitas partes do mundo, a união das peças de madeira era realizada com cordas tecidas com fibras de folhas e lianas. Estas uniões eram muito resistentes e graças à sua grande flexibilidade conseguiam resistir a ventos fortes.

No arquipélago indonésio os habitantes das Ilhas Celebes acreditavam que os seus antepassados eram originários da China e Camboja, construindo as suas casas no sentido Norte-sul e em forma de Barco. Utilizavam bambu, troncos e fibras de palmeira. No mesmo arquipélago, na ilha de Batak, as casas eram construídas em forma de barco demonstrando a influência das embarcações na vida destes povos.



Fig.2.2 – Habitações das ilhas Celebes



Fig.2.3 – Habitações em Batak

Algumas regiões do mundo, nomeadamente a Ásia central, atingiram um nível tão grande de desenvolvimento que dificilmente a tecnologia moderna terá algo a acrescentar. Estas construções chegaram até hoje, como testemunho da sua extraordinária tecnologia. Entre eles temos o templo Horyuji, localizado na prefeitura de Nara, no centro do Japão. É um complexo constituído por vários edifícios onde se destaca um Pagode de 5 andares, considerado como o edifício de madeira mais antigo do mundo, totalmente preservado. Este edifício foi completado no ano 607 d.C., tendo mais de 1300 anos e uma altura de 32.45 metros. Conseguiu sobreviver aos variados sismos até aos nossos dias graças às suas excelentes características estruturais. O seu peso próprio não é suportado pelas paredes mas sim por um conjunto de pilares centrais onde toda uma complexa estrutura se apoia, permitindo assim à estrutura ser flexível como uma árvore e absorver qualquer movimento sísmico.

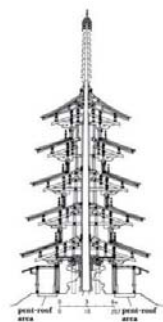


Fig.2.4 – Pagode do Templo Horyuji, no Japão [26]

Na Europa, podemos encontrar inúmeros registos de construções de troncos de árvores. Sabe-se que no ano 700 a.C. em Biscupin, na Polónia existiu uma povoação constituída por casas de troncos. A partir do ano 1000 d.C. era frequente a construção de casas de troncos dispostos horizontalmente ou verticalmente, como por exemplo na Escandinávia. Os troncos horizontais eram unidos entre si nas esquinas, mediante diversos tipos de acoplamento. Esta disposição horizontal dos troncos, teve maior aceitação do que a disposição vertical, devido à maior estabilidade que conferiam à construção.

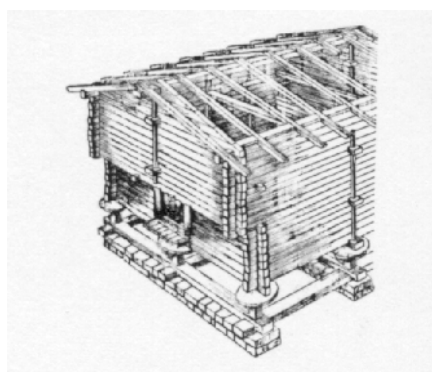


Fig.2.5 – Sistema construtivo em troncos maciços [2]



Fig.2.6 – Construção em troncos maciços

A partir do século XV, com o desenvolvimento das técnicas de serragem, e da necessidade de realizar paredes estruturais com menor consumo de madeira, as casas de troncos foram sendo substituídas por casas de tábuas ou troncos rectangulares. A Arquitectura em madeira, partindo destes princípios, foi evoluindo e passando por uma fase de construção popular, alcançando níveis surpreendentes e de grande realização, à medida que o desenvolvimento tecnológico foi evoluindo.

Nos finais da Idade Média, o desenvolvimento era tal que permitia construir edifícios até 5 e 6 pisos. Deste modo, muitos edifícios da Idade Média construídos em madeira, ainda existem tendo conseguido chegar aos nossos dias. Grande parte do encanto com as estruturas em madeira utilizadas na construção de edifícios consistia nos elementos utilizados para formar paredes. Todas elas eram construídas enchendo simplesmente os espaços existentes entre os elementos em madeira, com areia e argila, que se aplicava sobre um entrelaçado de ripas e tecido firmemente preso à estrutura de madeira, tanto pelo interior como pelo exterior. Geralmente as argamassas das paredes exteriores eram pintadas ou revestidas com outros materiais, permitindo assim obter um aspecto decorativo muito interessante.

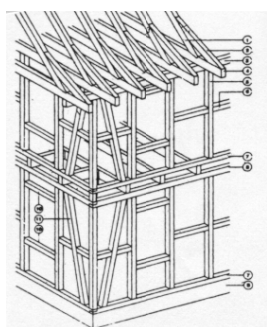


Fig.2.7 – Esquema de uma estrutura em “gaiola”



Fig.2.8 – Casas em Rouen, França

Este tipo de construção é conhecido como “taipas” no Porto e em Lisboa por “gaiolas”, ou em francês “à colomage” temo aspecto exterior representado na fig.2.7. No Porto, o recurso à taipa evolui para uma utilização essencialmente em divisórias interiores enquanto que, nos séculos XVIII e XIX, a grande maioria dos edifícios em Lisboa foram edificados com estruturas em “gaiola”.

Depressa este sistema de enchimento foi substituído pela utilização de alvenaria e tijolos, que permitiam, além do mais, suprimir as telas e os entrelaçados de ripas. Nos finais do séc. XIX dão-se os primeiros passos na utilização do betão armado. O princípio do século XX é caracterizado por um desenvolvimento extraordinário na utilização e compreensão do funcionamento e possibilidades do betão armado.

Assim, na maioria dos países europeus nomeadamente em Portugal, o betão armado torna-se o elemento estrutural utilizado por eleição, remetendo os outros tipos de construção mais tradicionais para segundo plano.

Em Portugal, no início do séc. XX, impulsionado pelo forte desenvolvimento industrial muitas famílias migram para as grandes cidades na esperança de uma vida melhor. Este êxodo massivo origina uma deficiência grave de habitação nessas cidades. A solução encontrada é a criação de habitações sociais através de pré-fabricados em madeira. Os pré-fabricados passam assim a ser a solução para as carências habitacionais, para o desenvolvimento da estrutura educacional com a criação de escolas, para a construção de variadas estruturais secundárias, tais como celeiros, anexos e outros.

As construções em madeira ficam assim associadas a algo de precário, temporário e de baixa qualidade arquitectónica, noções essas que prevalecem, na grande maioria da população, até aos dias de hoje.

Porém, lentamente estes preconceitos vão-se dissipando. A população mais informada e preocupada com o meio ambiente e a sua qualidade de vida, começa a reconhecer as qualidades das casas de madeira.

Em países como os Estados Unidos da América, o Japão e a Finlândia as casas de madeira perfazem cerca de 80% da habitação residencial, o que quererá por porventura indicar que em média, este tipo de construção tem qualidades irrefutáveis, pelo menos ao nível da relação custo/qualidade.



Fig.2.9 – Condomínio Wälludden, na Suécia

A figura 2.8 mostra um exemplo dum edifício multifamiliar de 5 andares construído na Suécia onde este tipo de construções se tem revelado mais barata e mais rápida de construir que edifícios equivalentes em betão ou aço.

## 2.2. TIPOS DE CASA DE MADEIRA

Os principais tipos de casas de madeira considerados são três: as casas de troncos; as casas com estruturas em madeira pesada (Heavy Timber); as casas com estruturas em madeira leve (Light framing). São caracterizados genericamente nos pontos seguintes.

### 2.2.1. CASAS DE TRONCOS - "LOGHOMES"

A edificação à base de toros ou troncos pode-se assimilar à construção em muros de alvenaria visto que estruturalmente funcionam da mesma maneira. O sistema clássico coloca os troncos horizontalmente. A disposição vertical, embora muito menos frequente, também ocorre em algumas situações particulares.

Do ponto de vista formal, e apesar da sua rusticidade, a madeira apresenta-se aqui com toda a sua expressividade, condicionando o aspecto final da casa. Este sistema construtivo diferencia-se por este motivo dos outros onde a madeira aparece revestida por outros materiais.

Do ponto de vista estático, a madeira é aqui utilizada de forma deficiente, visto estar a trabalhar perpendicularmente à direcção das fibras. As propriedades na direcção do fio, devido à constituição anisotrópica da madeira, são entre 20 a 30 vezes menores do que no sentido longitudinal, pois só aproveitam 5% da capacidade resistente celular. [3]

No entanto, as paredes sofrem deslocamentos significativos devido ao efeito da secagem dos troncos, o que pode prejudicar a estabilidade global e localizada, a qual já é dificultada pela difícil interligação entre as peças.

A forma redonda e ligeiramente cónica dos troncos permite uma união completa entre as peças. A estabilidade do conjunto é assegurada pela união das paredes nos cantos e pelo travamento providenciado pela ligação com os muros interiores. Nesses pontos, as cabeças são travadas mediante encaixes especiais. Na sua evolução posterior, o tronco passa a ser manufacturado ganhando formas quadradas que permitem maiores superfícies de apoio melhorando a estabilidade.

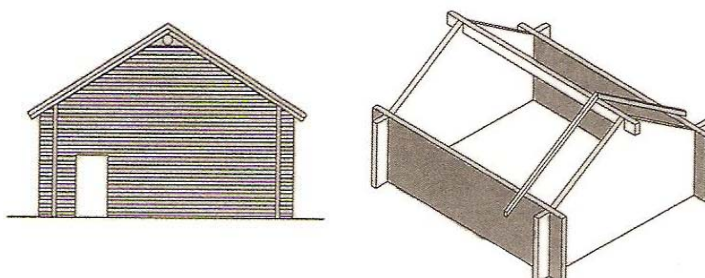


Fig.2.10 – Esquema estrutural de casas de troncos [3]

### 2.2.2. CASAS COM ESTRUTURAS EM MADEIRA PESADA - “HEAVY TIMBER”

Este tipo de edificação supõe um passo em frente em relação ao sistema de troncos, tanto na concepção arquitectónica como na complexidade estrutural.

As estruturas pesadas constituem um sistema praticamente universal e estão presentes ao longo de toda a história da arquitectura num elevado número de países. A corrente ocidental nasce na Europa, sendo exportada para a América do Norte e a corrente oriental nasce na China e expande-se para o Japão e todo o sudoeste asiático. No Ocidente desenvolve-se desde a Idade Média até o século XIX, onde entra em decadência de modo espectacular com a aparição dos novos materiais. No Oriente o seu período de desenvolvimento e declínio é similar ao ocidente.

A madeira é utilizada como elemento estrutural puro. A estrutura é independente do revestimento exterior e os esforços principais, em geral, actuam na direcção paralela às fibras.

Admite aberturas maiores e alturas até seis andares. Neste último caso, necessita da colaboração de outros materiais, formando estruturas mistas com muros de carga. Permite aproveitar os espaços com tectos inclinados e a cobertura permite maiores espaços entre vãos.

Na sua origem era um sistema muito artesanal e complexo. As peças eram cortadas e montadas “in situ”. Actualmente é muito mais competitivo e simples devido a vários níveis de industrialização e prefabricação

Todas as peças são desmontáveis e transportáveis, podendo ser montadas noutro local graças à numeração. De facto, na Idade Média e no Renascimento uma casa era considerada um bem móvel e como tal, transportável.

Podem-se considerar dois tipos diferentes de estruturas “Heavytimber”, o sistema porticado, “Post&Beam” e o sistema de entramado, “Timber frame”. Todos têm em comum a utilização em estruturas de grandes elementos de madeira com elevado peso próprio.

#### 2.2.2.1. Sistema porticado - “Post&Beam”

Este sistema, como mostra a figura 2.11, é constituído por um conjunto de pórticos que formam um conjunto rígido autoportante e independente dos revestimentos.

As vigas e os pilares têm secções de grande dimensão que permitem a execução de vãos superiores e têm muitas vezes expressão arquitectónica suficiente para ficarem aparentes. As placagens, à excepção dos pavimentos, funcionam como elementos decorativos e de definição dos espaços.

A rigidez do pórtico consegue-se através de elementos diagonais e elementos transversais ou estribos. Uma série de cavilhas e cunhas contribuem para dar rigidez adequada ao conjunto.

O aparecimento de novos materiais, como os lamelados colados favoreceu também o seu desenvolvimento, bem como o desenho assistido por computador (CAD) e as máquinas para trabalhar madeira do tipo CAD-CAM.

Em diversos países da Europa, muitas estruturas modernas em madeira utilizam este tipo de solução.

#### 2.2.2.2. Sistema de entramado - “Timber frame”

Neste sistema, como ilustrado na figura 2.12, os entramados são formados por elementos portantes verticais, horizontais e diagonais, criando uma estrutura estável no próprio plano. As diferenças

principais entre o sistema entramado e o sistema porticado, relacionam-se com os pés direitos que são mais reduzidos no entramado e os elementos diagonais de travamento que cobrem planos completos funcionando como muros ao invés do sistema porticado.

Os muros são formados a partir de elementos de grande largura. Estruturalmente, cada parede funciona como um muro resistente, onde a madeira trabalha na direcção das fibras.

As ligações realizam-se mediante ligações do tipo macho-fêmea, sendo geralmente de menor complexidade que no sistema porticado.

O revestimento realiza-se tapando os espaços vazios com peças de madeira, materiais cerâmicos ou outros materiais adequados.



Fig.2.11 – Estrutura em “Post&Beam” [3]

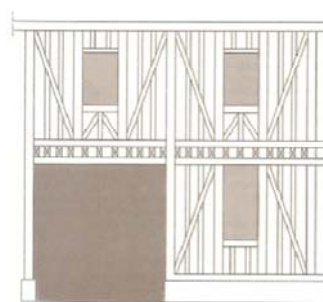


Fig.2.12 – Estrutura em “Timber frame” [3]

### 2.2.3. CASAS COM ESTRUTURA EM MADEIRA LEVE - “LIGHT FRAMING”

Este sistema representa a evolução mais recente da madeira como material estrutural de construção.

As estruturas leves têm a sua origem na América do Norte. Surgem no século XIX como consequência de dois factores: a disponibilidade de produtos industriais normalizados, madeira serrada e pregos, e a necessidade de dispor de um sistema rápido de construção devido à colonização do Oeste dos Estados Unidos.

Apesar de poderem ser definidas como uma evolução das estruturas em “Heavy Timber”, representam um novo conceito estrutural. Criam-se estruturas superficiais em muros, lajes e coberturas que ao unirem-se formam uma estrutura espacial.

Utiliza-se um grande número de elementos de largura reduzida, pois a carga é distribuída e conduzida através de muitos elementos.

As peças são usualmente normalizadas e certificadas o que permite o intercâmbio, a modulação e a prefabricação. Para além disso, também têm uma geometria simples, o que permite obter uma construção mais económica.

As uniões são simples, sem juntas nem encaixes especiais, bastando o uso de pregos e cavilhas. Por outro lado perde-se bastante a “arte” da carpintaria, pois requer pessoal pouco especializado o que, no entanto permite ganhos importantes em produtividade.

É mais fácil isolar e impermeabilizar do que uma vivenda tradicional. As cavidades entre os elementos estruturais permitem a passagem das instalações e o preenchimento com isolante.

A nível do projecto, é possível uma grande flexibilidade tanto no desenho inicial, como em modificações posteriores, se necessárias. Exige uma grande quantidade de detalhes construtivos

especiais, devido ao elevado número de peças que se empregam e também um maior controlo na recepção dos materiais, e respectivas protecção e armazenagem.

Do ponto de vista estético as estruturas leves exigem ser “escondidas”. Uma estrutura leve não revestida é uma solução esteticamente inaceitável.

A sua durabilidade não tem razão de ser menor que a construção tradicional, desde que tenha uma projecto e uma manutenção adequadas. Nos Estados Unidos, Rússia e Escandinávia existem vivendas deste tipo com mais de 150 anos de vida.

Existem duas classes fundamentais, o tipo “Ballon Frame” (estrutura em balão) e do tipo “Platform Frame” (estrutura em plataforma).

#### 2.2.3.1. Estrutura em balão - “Ballon frame”

É o sistema original que dá origem às estruturas leves. No sistema em balão, as fachadas são executadas com montantes contínuos em toda a sua altura, normalmente de dois pisos. A montagem do edifício é bastante complexa, devido à altura dos montantes, à dificuldade de obter peças de madeira suficientemente estáveis e geometricamente perfeitas e ao facto de todos os elementos deverem ser colocados de forma simultânea.

As paredes, pavimentos e coberturas, são constituídas por vigas e os montantes de madeira de pequenas secções, espaçados entre si cerca de 60 cm e fixados exclusivamente com o recurso a pregos. As vigas das lajes ligam-se directamente aos montantes, as quais são travadas por tábuas transversais, formando o piso. [3]

A concepção, neste tipo de sistema, apresenta algumas deficiências em relação à resistência ao fogo dado que não existe um corte físico em definido entre os dois pisos a construção o que leva a que, em caso de fogo num dos dois pisos, ele rapidamente se propague para o outro piso.

A leveza dos elementos reduziu consideravelmente os custos com a mão-de-obra de fabrico e montagem.

#### 2.2.3.2. Estrutura em plataforma - “Platform Frame”

É um sistema derivado das estruturas em balão.

O componente essencial das estruturas em plataforma é o revestimento das estruturas com placas de madeira, originalmente de madeira maciça, e na actualidade de derivados de madeira. O revestimento garante o funcionamento conjunto da estrutura como um corpo único desde a fundação até à cobertura. As plataformas, ao nível de cada piso, apoiam-se nos muros de revestimento que lhes servem de estrutura de suporte. A altura dos montantes coincide com a altura dos pisos.

O sistema presta-se melhor à pré-fabricação, por facilitar a construção de elementos intermédios. A montagem é muito simples. Vão-se elevando consecutivamente plataformas lajes, apoiadas em conjuntos de paredes verticais contínuas que se vão progressivamente travando até à cobertura (fig. 2.14).

Apresentam um melhor comportamento ao fogo, pois consegue, uma maior estanquidade entre pisos.

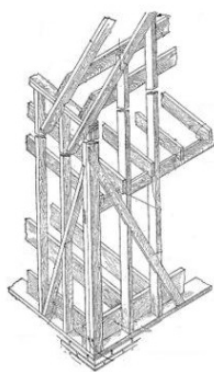


Fig.2.13 – Estrutura em “Ballon Frame”

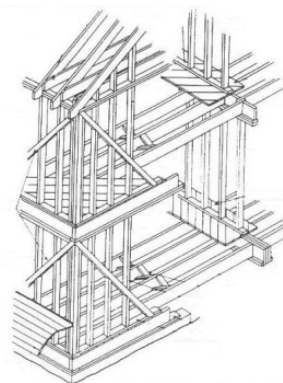


Fig.2.14 – Estrutura em “Platform Frame”

### 2.3. TIPOS DE CASAS DE TRONCOS

Visto que o estudo se refere especificamente a casas maciças em troncos, procede-se em seguida à caracterização mais detalhada deste sistema.

As casas de madeira maciça podem-se dividir caracterizar em dois tipos: as casas em que os troncos são trabalhados manualmente e as casas executadas a partir de materiais trabalhados em serrações de modo industrial, e que são designadas, na língua inglesa, “Handcrafted” e “Milled” na língua inglesa, respectivamente.

As casas também se podem classificar segundo as características do sistema construtivo, os tipos de ligação horizontal entre os troncos, o perfil dos troncos e o tipo de sistema usado nos cantos para união das paredes. As diferentes combinações possíveis entre estes elementos caracterizam uma casa de madeira maciça em troncos.

#### 2.3.1. TRONCOS TRABALHADOS À MEDIDA - “HANDCRAFTED”

Considera-se que uma casa é do tipo “Handcrafted” quando os troncos de madeira são trabalhados manualmente por um artesão. Os troncos são apenas descascados de modo a preservarem as suas características naturais e assim demonstrarem a sua individualidade. As ligações dos cantos são medidas, cortadas e marcadas individualmente.

O custo deste tipo de construção pode ser de moderado a substancialmente mais caro quando comparado com casas de troncos manufacturados, pois requer muita mais mão-de-obra, tempo e o recurso a profissionais especializados. Uma casa de madeira maciça em troncos trabalhada à mão é a construção em madeira com características mais específicas.

#### 2.3.2. TRONCOS MANUFACTURADOS - “MILLED”

Por seu lado, diz-se que uma casa de madeira maciça é de troncos manufacturados ou “Milled” quando os troncos são trabalhados em serrações de forma a adquirirem uma forma com dimensões uniformes. O processo de produção vai desde a simples remoção da casca até a serragem dos troncos numa grande variedade de formatos e inclui, em geral, os sistemas de encaixe para a ligação vertical das peças e os sistemas de interligação nos cantos. [27]

Os fabricantes de casas de madeira maciça em troncos manufacturados, vendem o conjunto sob a forma de “kits”. Basicamente, um kit consiste num conjunto de troncos com forma uniforme, com sistemas de encaixe e isolamento, que se montam em obra para formar as paredes da casa. Muitos kits também incluem componentes como as janelas, portas, escadas, pavimentos, e outros.

Os fabricantes podem-se distinguir por oferecerem peças pré-cortadas ou de tamanho variável. As peças pré-cortadas são troncos cortados à medida e numerados de acordo com um projecto, enquanto as peças de tamanho variável são vendidas em conjuntos de troncos sem comprimento específico, sendo que a medição e corte das peças deve ser efectuada pelo artesão, na obra.



Fig.2.14 – Tronco delineado à medida [27]



Fig.2.15 – Tronco pré-fabricado em serração

### 2.3.3. TIPOS DE LIGAÇÃO HORIZONTAL

O tipo de ligação horizontal utilizado entre os elementos que formam as paredes exteriores tem uma grande influência no comportamento de uma edificação, tanto a nível da resistência estrutural, como ao nível do desempenho sobretudo de isolamento térmico e acústico.

#### 2.3.3.1. Ligação com superfícies planas - “Flat-on-flat”

Os troncos são achatados na parte superior e inferior para serem sobrepostos uns nos outros. Os cortes podem ser efectuados à mão com uma serra eléctrica ou numa serração. Os troncos também podem ser achatados em três superfícies, caso típico dos kits. Permite um interior com superfícies lisas deixando a parte natural para o exterior para manter o aspecto rústico.

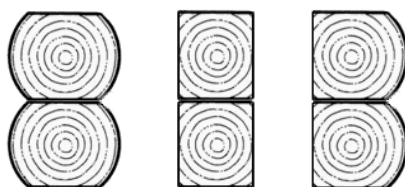


Fig.2.16 – Exemplos de troncos com superfície plana

#### 2.3.3.2. Ligação com “Splines”

As “Splines” são pequenos cortes de tábuas de madeira com isolante de fibra de vidro à volta, que são inseridos em ranhuras entre os toros de madeira. As “Splines” servem para reforçar a ligação entre os

toros, permitem um melhor alinhamento ao longo de todo o comprimento dos toros e melhoram o comportamento em relação aos agentes físicos.

As “Splines” podem ser aplicadas em troncos redondos ou em superfícies planas, sendo que as superfícies planas são as mais adequadas. Para uma ligação ainda mais resistente, se a superfície tiver largura suficiente, pode-se aplicar duas “Splines” e uma camada de isolamento entre elas.



Fig.2.18 – Ligação com duas “Splines”

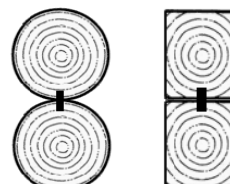


Fig.2.19 – Ligação com uma “Spline”

#### 2.3.3.3. Ligação com juntas preenchidas - “Chinked”

Este sistema é mais habitualmente utilizado com troncos com geometria natural. Os troncos são deixados totalmente redondos, sendo apenas retirada a casca. O sistema pode também ser aplicado utilizando troncos com perfis delineados à mão ou manufacturados. Em ambos os casos, as juntas são preenchidas com borrachas pelo interior e recobertas por uma argamassa pelos lados exteriores.

O seu estilo é caracterizado por ter riscas horizontais brancas ou de outras cores entre os troncos de madeira. Este processo é bastante versátil e permite uma redução de tempo na fase de construção pois não é necessário um ajuste correcto das juntas que serão preenchidas posteriormente. É necessária mão-de-obra especializada para a sua aplicação.



Fig.2.20 – Superfície curva com junta preenchidas

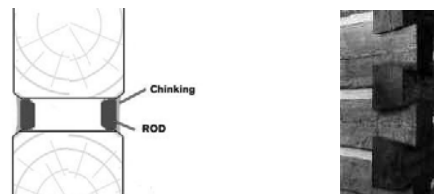


Fig.2.21 – Superfície plana com junta preenchidas

#### 2.3.3.4. Ligação com sistema de encaixe - “Tongue & groove”

Este tipo de ligação é típico dos sistemas manufacturados ou kits, apesar de nos casos mais simples também poder ser efectuado à mão. O sistema mais comum consiste em ligações do tipo macho-fêmea com saliências em forma de “dente”, podendo variar desde um até três “dentes” (ver figuras 2.21 e 2.22).

A vantagem deste sistema é que permite a sua montagem e desmontagem, permitindo a pré-montagem das paredes exteriores da casa em fábrica, a sua desmontagem para transporte e a montagem final em obra.

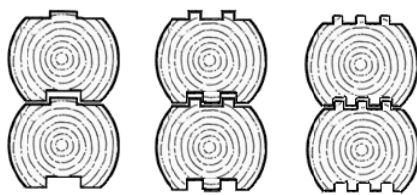


Fig.2.22 – Encaixe com um, dois e três entalhes

Existe também o sistema tradicional Escandinavo ou “Swedish Scope”. Este sistema é caracterizado por criar uma reentrância em forma de arco ao longo de todo o comprimento dos troncos, de modo a encaixarem perfeitamente na superfície em arco dos troncos por baixo deles. Isto permite uma transmissão do peso distribuída por todo o tronco de forma uniforme e não só nas extremidades, o que significa uma maior resistência e estabilidade do conjunto. Este método é tradicionalmente realizado nos sistema de manufatura em que cada tronco é realizado à medida de forma encaixar perfeitamente, porém hoje em dia também existem soluções pré fabricadas.

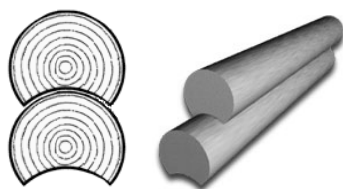


Fig.2.23 – Esquema de encaixe em “Swedish Scope”



Fig.2.24 – Exemplo de “Swedish Scope”

#### 2.3.3.5. Ligação com sistema de encaixe e juntas preenchidas - “Chink & Groove”

Este sistema incorpora a tecnologia de encaixe macho-fêmea com o preenchimento de juntas, obtendo assim um duplo isolamento. Este sistema é unicamente disponível em peças pré fabricadas.

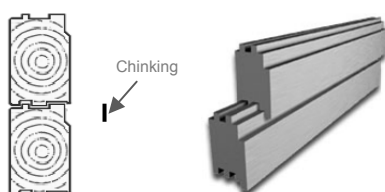


Fig.2.25 – Esquema de encaixe com “Chink & Groove”



Fig.2.26 – Exemplo de “Chink & Groove”

#### 2.3.4. TIPOS DE PERFIL DOS TRONCOS [28]

Existe no mercado uma grande variedade de perfis disponíveis com os quais é possível criar diferentes estilos, desde os mais rústicos aos mais modernos. Certos tipos associam-se directamente com um tipo de encaixe ou uma união de canto específica.

#### 2.3.4.1. Troncos com perfil redondo



Fig.2.27 – Perfil redondo



Fig.2.28 – Perfil em “Swedish Scope”

#### 2.3.4.2. Troncos com perfil em “D”



Fig.2.29 – Perfil em “D”

#### 2.3.4.3. Troncos com perfil quadrado



Fig.2.30 – Perfil normal



Fig.2.31 – Perfil em “Shiplap”

#### 2.3.4.3. Troncos com perfil rectangular



Fig.2.32 – Perfil normal



Fig.2.33 – Perfil com aristas arredondadas

#### 2.3.5. TIPOS DE UNIÃO NOS CANTOS

A resistência de uma casa em madeira maciça de troncos vem em grande parte dos cantos, onde as paredes se intersectam. O tipo de cantos a usar numa casa não segue nenhuma regra específica, é sim parte integral do design da casa definindo a sua aparência. Apesar de certas soluções serem mais adequadas a determinadas situações, existe uma grande flexibilidade quanto à escolha das mesmas.

Existe uma variadíssima quantidade de sistemas de união para os cantos, podendo estes ser talhados à mão ou realizados em serrações. Actualmente o mercado disponibiliza principalmente cinco tipos diferentes de sistemas, os quais são detalhados a seguir.

#### 2.3.5.1. União com encaixe em forma de sela - “Sadle notch”

O encaixe em forma de sela é provavelmente o mais antigo sistema de união. Este método é usado caracteristicamente em troncos redondos, com geometria natural.

O encaixe em forma de sela pode ser subdividido em dois subtipos, o simples e o duplo. O duplo encaixe em forma de sela, (Double Sadle Notch), é formado fazendo entalhes em forma de sela na parte inferior e superior dos troncos, encaixando depressão com depressão. No encaixe simples, (Sadle Notch), os entalhes são feitos em forma de sela de maneira que as superfícies redondas dos troncos adjacentes se sobreponham e encaixem perfeitamente na depressão.

O sistema simples, com um só encaixe na parte inferior do tronco drena melhor a água que o sistema duplo, visto não ter uma depressão na parte superior onde se poderia acumular humidade e por consequência degradar-se a madeira.



Fig.2.34 – União em “Sadle notch”



Fig.2.35 – União em “Sadle notch”

#### 2.3.5.2. União do tipo “Unscribe sadle”

A união do tipo “Unscribe sadle” também designada por “Scandinavian over-scribe” por alguns profissionais, é a união de canto mais popular em casas de troncos.

Esta técnica foi elaborada por Del Radomske, um construtor e professor de construções em troncos. Ele apercebeu-se que os troncos encaixavam na perfeição quando eram verdes, mas que não encaixavam tão bem quando os troncos secavam completamente. É neste contexto que nasce a união do tipo “Unscribe sadle”.

Esta técnica ajuda a resolver o problema de secagem posterior, já que os cortes longitudinais ao longo dos troncos e os cortes de encaixe nas extremidades têm características diferentes. O resultado é um encaixe cada vez mais firme ao longo do tempo.

Ao princípio, numa união do tipo “Unscribe sadle” todo o peso da estrutura está concentrado nos nós e pouco ao longo dos troncos. Enquanto os troncos secam, o peso vai sendo gradualmente transferido dos nós ao longo do comprimento dos troncos. Isto requer que o tronco deslize no encaixe para outra posição, que seja do mesmo tamanho da posição original antes de secar. De modo a poder efectuar este deslize para outra posição é necessário deixar um espaço livre no topo do encaixe ou deixar uma abertura mais estreita.

O sistema requer que seja desenhado e construído com ângulos precisos de modo a atingir uma excelente longevidade e um isolamento excelente à água e ao ar.

A união em “Unscribe sadle” pode ser de dois tipos: o tipo em “Compression-fit sadle notch” e o tipo em “Shrink-fit sadle notch” [16]. A diferença principal entre eles é que, enquanto o “Compression-fit” demora dias ou semanas para a compressão diminuir os espaçamentos, o método “Shrink-Fit” usa o

assentamento por secagem que pode demorar anos. A diferença entre os dois sistemas é muito pequena, depende de uma ligeira alteração no tamanho do corte, sendo com tal, dificilmente distinguível (ver figuras 2.36, 2.37).

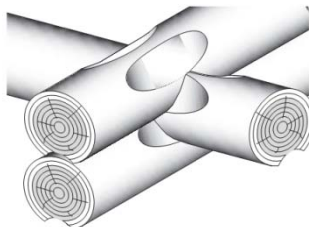


Fig.2.36 – União “Compression-fit”



Fig.2.37 – União “Shrink-Fit”

#### 2.3.5.3. União sem cantos prolongados - “Dovetail”

O sistema “Dovetail”, que em português significa “cauda de andorinha”, é um sistema de união sem extremidades prolongadas. Este sistema é um dos mais complicados de efectuar correctamente sendo também um dos mais resistentes. É normalmente usado com troncos de perfil rectangular ou quadrado.

O encaixe tem um corte descendente na face superior que varia entre os 30 e os 45 graus e um corte ascendente na face inferior que varia entre os 30 e os 45 graus. Quando se procede à montagem das paredes, ambas as faces do corte devem encaixar correctamente nos cortes respectivamente por cima e por baixo. Isto pode tornar-se numa situação complicada, se os cortes não forem executados com precisão e exactidão. Devido à dificuldade de realização deste tipo de união é muito rara a execução de troncos delineados à mão com união em “Dovetail”, sem juntas preenchidas. A realização deste sistema sem utilização de juntas preenchidas é usual em troncos pré fabricados, provenientes de kits.



Fig.2.38 – União “Dovetail”



Fig.2.39 – União “Dovetail”

#### 2.3.5.4. União “Butt-and-pass”

A união em “Butt-and-Pass” é um dos mais comuns e antigos sistemas de sempre, tendo sido utilizado durante séculos. Neste estilo de união, os troncos das paredes adjacentes encontram-se ao mesmo nível e um dos troncos encosta no tronco perpendicular que sobressai. No nível seguinte, a ordem inverte-se sendo que aquele que encostou passa a sobressair e o outro encosta nele.

O espaço entre os troncos é preenchido com isolamento e uma argamassa de impermeabilização. Os troncos do mesmo nível são ligados entre eles por meio de peças metálicas, parafusos, barras, ligando-se também aos níveis inferiores de forma a produzir um sistema unificado. Para além de cortar as peças com o comprimento certo existe pouco mais trabalho a executar em cada peça.

O facto de, em toda a estrutura, os troncos estarem ao mesmo nível produz um estilo proporcional tanto no exterior como no interior, o que é bastante agradável a nível estético. Uma clara vantagem do sistema é a facilidade de construção e a inexistência de cavidades onde se possa acumular humidade. Por outro lado, o sistema peca por ser um dos menos estáveis mecanicamente.

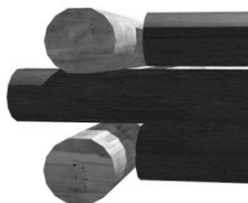


Fig.2.40 – União “Butt-and-pass”



Fig.2.41 – União “Butt-and-pass”

#### 2.3.5.5. União com pilar de canto - “Corner post”

Este é outro sistema para além do “Dovetail” em que os cantos não têm extremidades prolongadas. A união em pilar de canto (Corner post) também pode ser referida como sistema peça a peça. Este estilo é relativamente fácil de concretizar, e baseia-se na utilização de um pilar no canto, com entalhes dos dois lados onde se irão encaixar os troncos. O pilar deve ser o mais resistente possível e com tratamento de impermeabilização. A união com pilar de canto tem um estilo mais formal que os métodos de união tradicional, porém este estilo pode ser adaptado a qualquer tipo sistema.



Fig.2.42 – União em “Corner post”



Fig.2.43 – União em “Corner post”

## 2.4. MERCADO EM PORTUGAL

O mercado português das casas de madeira representa actualmente uma percentagem muito pequena do mercado habitacional português, cerca de 5% do sector segundo a revista Construção Magazine, [29] que se traduz numa percentagem muito inferiores aos valores de países com maior tradição de edifícios em madeira, como, por exemplo, no Norte da Europa.

Porém, nos últimos anos tem-se assistido a um claro aumento de vendas no sector, impulsionado pelas novas tendências de pensamento ecológico em combinação com outros factores.

A quantidade de empresas a aventurar-se neste sector também tem vindo a aumentar, actualmente contando um total de aproximadamente cerca de meia centena de empresas neste sector. Na sua maioria são representantes de empresas finlandesas e brasileiras, com excepções de empresas com fabrico nacional como a Rusticasa, por exemplo.

“Sobre a evolução em Portugal, a Monjolo considera que o sector da construção tem crescido exponencialmente, ano após ano, embora o grande salto ainda não tenha sido dado. Por este motivo muitas empresas amadoras têm tentado agarrar uma fatia deste mercado, frequentemente com maus resultados devido à inexperiência e à falta de responsabilidade social e ambiental. Fonte da empresa admite que actualmente existem empresas no sector a trabalhar muito bem, mas também há outras, quase todas com menos de cinco anos, que não têm capacidade técnica para construir em madeira e têm criado algumas dificuldades no mercado” [8].

Apesar deste crescimento no sector, a pesquisa de mercado realizada permitiu perceber que não existe grande concorrência no segmento das casas de madeira maciça em troncos, apenas cerca de uma dezena de empresas comercializa este tipo de construção.

As restantes empresas utilizam sistemas construtivos, tais como, paredes duplas de lamelados, painéis inteiros totalmente fabricados e outros sistemas de carácter mais pré-fabricado.

#### 2.4.1. EMPRESAS CONSTRUTORAS DE CASAS DE MADEIRA MACIÇA EM TRONCOS

A informação apresentada nas secções seguintes é de responsabilidade das empresas, tendo sido genericamente recolhido a partir dos respectivos sítios Web.

##### 2.4.1.1. Rusticasa

A Rusticasa é uma empresa portuguesa de construção de casas de madeira maciça e está sediada em Vila Nova de Cerveira, perto da fronteira com a Galiza. A empresa existe desde Março de 1978, tendo sido das primeiras a dedicar-se a este sector em Portugal, sendo ainda hoje, a única empresa fabricante dos seus próprios kits em Portugal.



Fig.2.44 – Logótipo Rusticasa

O sistema construtivo Rusticasa apresenta um baixo índice de pré-fabricação, sendo o único componente produzido em série pela fábrica da empresa o toro, que é pré-cortado e numerado, sendo posteriormente as casas montadas em obra. As casas podem ser fabricadas com troncos de madeira maciça de pinho nórdico (*Pinus sylvestris*), Abeto nórdico (*Picea abies*) ou Cedro do Japão (*Cryptomeria japonica*), com espessuras de parede maciça compreendidas entre os 80mm e os 160mm.

A Rusticasa é pioneira no sistema construtivo utilizado, tendo todas as construções uma estrutura anti-sísmica por natureza. Todas as peças encaixam umas nas outras, não sendo possível uma parede rachar. Toda a estrutura forma um bloco sólido. As paredes interiores são montadas em simultâneo com as exteriores, tornando a construção sólida face a abalos sísmicos e ventos fortes.

A empresa oferece uma vasta gama de modelos padrão. No entanto, existe flexibilidade para produzir casas de acordo com as exigências específicas de cada cliente, tornando as construções personalizadas. A Rusticasa oferece uma garantia de 10 anos sobre as suas construções.

A empresa tem uma facturação que fica compreendida entre os 2,5 e os 5 milhões de euros. No ano 2000 a facturação rondou os 3,5 milhões de euros. As suas exportações representam parte significativa da facturação global, e metade da produção vai para o Alto Minho e Galiza sendo o resto exportado para Lisboa, a zona centro-sul de Espanha e outras regiões com menor expressão. Recentemente, a Rusticasa entrou no mercado francês, tendo para isso criado a Rusticasa Sarl.

#### 2.4.1.2. LogDomus

A LogDomus representa um sistema de construção escandinavo, em kits importados. A empresa também é especializada na utilização de pedra natural quer seja na construção em alvenarias tradicionais ou na aplicação em pavimentos ou revestimentos. Estas duas especialidades combinam-se na realização das construções.



Fig.2.45 – Logótipo Logdomus

O sistema construtivo utiliza madeira de pinho nórdico ou de abeto. O kit de madeira proporciona elevada rapidez de construção. O tempo de construção necessário é de aproximadamente 45 dias/100m<sup>2</sup>.

As peças pré-fabricadas encaixam através dum sistema de entalhes de canto do tipo sela, que permite não ter cantos prolongados. A fixação mecânica é feita através de parafusos, pregos em madeira e variadas placas de união. A empresa disponibiliza dez medidas diferentes de toros, quatro em toros redondos e seis em toros lamelados direitos. Todos os materiais utilizados são homologados.

A LogDomus também é especializada na requalificação e reconstrução de casas antigas em pedra, transformando-as em habitações de carácter rústico, mas com um toque moderno e prático, nomeadamente em alpendres de madeira, pérgolas e “decks”.

#### 2.4.1.3. Finlusa

A Finlusa constrói casas em madeira maciça em todo o território nacional, há treze anos. A empresa sediada em Alverca utiliza kits de madeira maciça importados da Finlândia.



Fig.2.46 – Logótipo Finlusa

As construções recorrem exclusivamente à madeira de pinho nórdico, a qual já vem tratada da Finlândia, de aparência estética idêntica à do pinho nacional. Esta madeira possui uma grande densidade de anéis e um baixo teor de resina o que lhe confere elevada resistência ao fogo.

O sistema construtivo da Finlusa é considerado de excelente qualidade e grande versatilidade pelo espírito criativo dos seus técnicos, permitindo obter casas com variados sentidos estéticos, desde os estilos mais contemporâneos aos mais tradicionais.

O sistema construtivo de elevada robustez não necessita de ser aparafusado às fundações. É um sistema de alta resistência sísmica, em que as paredes exteriores têm a mesma espessura das paredes interiores. Para além disso, todas as peças metálicas incorporadas nos “kits” são electrozincadas.

A Finlusa responsabiliza-se, de acordo com o preconizado na lei, pela garantia das suas construções por um período de 5 anos. Também garante assistência técnica gratuita na afinação das suas construções e componentes por um período de 2 anos, através de visitas periódicas de 3 em 3 meses, ou por expressa solicitação dos clientes.

#### 2.4.1.4. Fuldex

A Fuldex é uma empresa com sede em Lisboa, que se dedica à construção de cabanas e casas em pinho nórdico, estando há 11 anos em Portugal.



Fig.2.47 – Logótipo Fuldex

As construções Fuldex utilizam pinho nórdico maciço de 65 mm e 90 mm ou com paredes duplas exteriores de 135 mm de espessura. O pavimento das habitações é formado por um lintel com cerca de 200 mm de altura em todo o perímetro da casa, revestido a mosaico cerâmico. O telhado é forrado na parte interior com forro de madeira pregado sobre as vigas e sobre estas é colocado o isolamento térmico seguido de duplo ripado, sobre o qual assentam as telhas Lusa ou Marselha. As portadas das janelas são em madeira.

O tratamento e acabamento das madeiras são feitos com velaturas à base de resina.

A instalação eléctrica e as redes de saneamento e de abastecimento de água são preparadas para a ligação à rede exterior.

A Fuldex dispõe de uma variada gama de modelos de casas em madeira, com diferentes tipologias. Também desenvolvem projectos especiais à medida dos clientes, nomeadamente para cabanas, esplanadas e hotéis em madeira.

#### 2.4.1.5. HonkaLusa

O Grupo Honka é o primeiro fabricante mundial de casas em madeira maciça, com 49 anos de experiência Profissional. O grupo finlandês tem vários modelos standard admitindo todo o tipo de modificações desde que o cliente especifique a sua vivenda bem como a respectiva arquitectura. Os projectos são elaborados de modo a serem totalmente integrados no local respeitando o meio ambiente do lugar escolhido.



Fig.2.48 – Logótipo HonkaLusa

A Honka utiliza madeira devidamente preparada, proveniente de troncos seleccionados de pinho nórdico. As condições extremas do clima da Finlândia, originam um crescimento lento, fazendo com que o pinho adquira dimensão, estabilidade e resistência. O recorte côncavo na extremidade inferior do tronco, do tipo “Swedish Scope”, garante o perfeito encaixe, para uma estrutura forte, resistente e com boas condições de isolamento.

A Honka foi o primeiro fabricante de casas em madeira a nível mundial a poder utilizar a marca “CE”. Esta marca garante ao cliente que o produto está em conformidade com as especificações da directiva dos produtos de construção.

Em 2005 o volume de vendas da Honka foi de 78,2 milhões de euros, cobrindo 35% do total de exportações da indústria finlandesa. Emprega em média 430 empregados efectivos. A partir das fábricas na Finlândia: Karstula, Alajarvi, Paltamo e Ikaalinen, o grupo Honka exporta 60% da sua produção para as diversas filiais espalhadas pelo mundo em mais de 25 países incluindo a Alemanha, Japão, França e Estados Unidos da América.

#### 2.4.1.6. Lapanda

A Lapanda, Lda é uma empresa promotora de projectos com cariz ecológico que se baseiem na sustentabilidade da natureza, pelo que se decidiu dedicar-se à construção de casas em madeira maciça.

A Lapanda encontra-se neste momento na região de Tomar, junto à Albufeira do Castelo do Bode, uma zona que ainda mantém características naturais originais, tanto ecológicas como sociais e onde estão a ser desenvolvidos três projectos de moradias em madeira maciça junto às povoações de Levegada e Vila Nova, ambas da freguesia da Serra.



Fig.2.49 – Logótipo Lapanda

As moradias são totalmente construídas em madeira maciça de origem nórdica, o Pinho Nórdico, uma madeira habituada ao teor de humidade existente no ar em Portugal e de elevada resistência ao fogo.

O sistema construtivo baseia-se em paredes maciças com 135 mm de espessura, que são constituídas por troncos de encaixe macho-fêmea fazendo com que fiquem com um excelente desempenho térmico e acústico. As moradias são constituídas por elementos cujo perfil é efectuado em fábrica. Os vários elementos constituintes são todos montados na obra, fazendo com que este tipo de construção seja muito sólida e rápida.

A estrutura do telhado é edificada de modo a que seja uma estrutura isostática, resistente e duradoura. A cobertura é de telha cerâmica tradicional. As moradias são equipadas com caixilharia vedante de vidro duplo, o que confere ao conjunto da construção níveis adequados de isolamento acústico e térmico.

#### 2.4.1.7. Empatias

A Empatias é uma empresa com sede em Corroios, fundada por António Carlos M. Abrantes e constrói casas em madeira maciça no território nacional. A empresa é representante da marca Hirsiset, uma empresa Finlandesa que produz casas de madeira há mais de 30 anos, tendo como tal vários modelos standard disponíveis. O cliente tem a possibilidade de efectuar alterações aos projectos standard, bem como pode criar o seu próprio projecto com recurso ao seu próprio arquitecto ou através do gabinete da empresa.



Fig.2.50 – Logótipo Empatias

As construções da marca Hirsiset utilizam exclusivamente o Pinho Polar do Ártico produzido nas florestas da Lapónia finlandesa. As paredes exteriores podem ser em troncos maciços redondos, semi redondos, rectangulares ou lamelados e ainda de pinho envelhecido com uma espessura que é variável entre os 70 mm e os 280 mm, de acordo com opção do comprador. O sistema construtivo utiliza dois tipos de ângulos: um ângulo tradicional em cruzeta com rebordo e um ângulo em cauda de andorinha, sem extremidades, que é o mais utilizado.

A Empatias é a única empresa do sector em Portugal a dar uma garantia de 100 anos por cada casa construída.

#### 2.4.1.8. Lacecal

A Lacecal tem sede em Cascais desde 1988 dedica-se à comercialização de construções em madeira. São representantes de três empresas Canadianas com mais de 150 anos de experiência e dezenas de milhares de casas construídas por todo o mundo, com predominância na União Europeia e Japão.



Fig.2.51 – Logótipo Lacecal

A Lacecal constrói as habitações com madeira de Cedro Vermelho do oeste canadiano, recomendada para exteriores pela sua resistência à erosão e ao sol. O cedro vermelho distingue-se também pela sua beleza natural, o seu agradável aroma e por ter uma boa durabilidade natural aos insectos. Utilizam também pinhos de crescimento lento como o Pinho do Orégão, o Douglas Fir, o Lodgepole e ainda o Spruce.

O sistema construtivo utilizado é variável conforme o cliente. As paredes exteriores e interiores podem ser em toros maciços, em painéis duplos. O sistema acata diversos tipos de revestimentos e acabamentos.

A Lacecal tem inúmeras tipologias e modelos standards, reproduz também qualquer planta que os clientes desejem sem acréscimo de custos. Constrói em qualquer ponto do país integrando no orçamento uma estimativa das despesas com as deslocações e estadia de uma equipa mínima de três trabalhadores especializados e que procedem à montagem das casas. Oferece 10 anos de garantia para a estrutura e 5 anos para portas e janelas.

#### 2.4.1.9. Comparação das empresas

Apresenta-se neste ponto um quadro comparativo das principais características das soluções construtivas e serviços disponibilizados pelas empresas escolhidas e que se consideram as mais representativas do mercado (Quadro 2.1).

Conforme se salienta no final do quadro existem empresas que especificam de forma deficientes os materiais utilizados a nível do tipo de material, dimensões ou outras importantes para sustentar a decisão por parte dos compradores (Finlusa e Lapanda).

Existe uma empresa que indica o valor absurdo de 100 anos de garantia o que pode ser usado como exemplo de algum desordenamento e pouco rigor na abordagem comercial de algumas empresas, sustentado no elevado desconhecimento dos potenciais clientes em relação aos aspectos fundamentais deste tipo de construções.

Quadro 2.1 – Quadro resumo das empresas de construtoras de casas de troncos

| Empresa   | Madeira                                                          | Espessuras                                                                                                                   | Modelos                              | Garantia                                         |
|-----------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| RUSTICASA | Pinho nórdico, Abeto nórdico e Cedro do Japão                    | Paredes exteriores: 120 e 160mm, Paredes interiores: 80 e 120mm                                                              | 13 modelos standard e desenho livres | 10 anos                                          |
| LOGDOMUS  | Pinho nórdico e Abeto nórdico                                    | Tronco redondo: 144mm Tronco rectangular: 88, 112, 134mm                                                                     | 32 modelos standard e livres         | 5 anos regulamentares                            |
| FINLUSA   | Pinho nórdico                                                    | <u>Não especificado*</u>                                                                                                     | Desenho livres                       | 5 anos regulamentares                            |
| FULDEX    | Pinho nórdico                                                    | Parede exterior: 65 e 90mm                                                                                                   | 12 modelos standard e livres         | 5 anos regulamentares                            |
| HONKA     | Pinho nórdico                                                    | Troncos redondos: 150, 170, 190, 210, 230mm<br>Toro rectangular: 117mm<br>Toros rectangulares laminados: 88, 112, 134, 164mm | Modelos standard e desenho livres    | 15 anos                                          |
| LAPANDA   | Pinho nórdico                                                    | <u>Não especificado*</u>                                                                                                     | Desenho livres                       | 5 anos regulamentares                            |
| EMPATIAS  | Pinho nórdico                                                    | entre 70 e 280mm                                                                                                             | Modelos standard e desenho livres    | <u>100 anos*</u>                                 |
| LACECAL   | Cedro Vermelho, Pinho do Orégão, Douglas Fir, Lodgepole e Spruce | -                                                                                                                            | Modelos standard e desenho livres    | 10 anos estrutura e 5 anos para portas e janelas |

\*. Aspectos mais significativos a merecer destaque

## 2.4.2. EMPRESAS COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS ALTERNATIVOS

### 2.4.2.1. Casema

A Casema - Casas Especiais de Madeira, importação - exportação, Lda., com sede em Porto de Mós, Leiria, é uma empresa com mais de 15 anos de experiência no sector. Foi constituída oficialmente em 23/10/1992, tendo sido projectada e desenvolvida durante esse ano, começando apenas a actividade comercial efectiva, em Janeiro de 1993.



Fig.2.51 – Logótipo Casema

A Casema dedica-se exclusivamente à construção de habitações de madeira exótica. A espécie normalmente utilizada para produção das pranchas de parede é a tatajuba (*bagassa guianensis*), embora, sob consulta, possam ser programadas outras essências, tais como: grápia, jatobá, cumaru ou Maçaranduba. Os comprimentos variam conforme o projecto, obedecendo a modulações pré-determinadas, geralmente compondo paredes de 1,00 a 4,00 metros de comprimento.

O sistema de encaixes, sem utilização de grampos ou pregos, garante a vedação total, além da segurança e robustez estruturais, também garantidas pela espessura das pranchas de madeira maciça com que a empresa compõe as paredes com espessura de 4,5 cm, ou então a utilização de Parede Dupla, que foi desenvolvida essencialmente para os Países do Norte da Europa, num total de 11,5 cm.

Neste momento encontra-se finalizado um empreendimento em Areias de Mira, um condomínio fechado constituído por 12 moradias individuais de luxo inseridas em amplos lotes com áreas a partir dos 1200m<sup>2</sup> (Sete vivendas com cerca de 300m<sup>2</sup> e cinco com cerca de 220 m<sup>2</sup>).

Desde o início da sua actividade a Casema construiu mais de 50.000 m<sup>2</sup> de vivendas em Portugal e já comercializou construções também em vários Países Europeus e do Continente Africano. A empresa cobre comercialmente todo o território português através de outras empresas pertencentes ao grupo Casema. A Casema é uma empresa com um capital social de aproximadamente 25 000 euros, com um volume de negócios numa categoria entre os 500 000 e os 1 250 000 euros.

#### 2.4.2.2. Carmel

A Carmel é uma empresa portuguesa com sede em Ovar e foi constituída há mais de 40 anos. Teve a sua génese numa pequena oficina de carpintaria que produzia caixilharias, aventurando-se depois no sector dos pré-fabricados em madeira, tendo desenvolvido nos últimos 35 anos o sistema construtivo usado actualmente.



Fig.2.52 – Logótipo Carmel

O sistema construtivo da Carmel utiliza três tipos de madeira diferentes. Na estrutura das construções é utilizado o pinho marítimo (*Pinus Pinaster*), o Pinho Nórdico (*Pinus Silvestris*) é utilizado nos vigamentos longos e na caixilharia e por último, o Abeto nórdico (*Picea Abies*) é utilizado nos revestimentos interiores. As paredes exteriores podem ser em parede dupla de 12 cm compostas em modo sandwich ou parede tripla nos modelos topo de gama com um painel exterior em meios troncos e outro interior em sandwich, com caixa de ar ventilada entre os dois, perfazendo um total de 16 cm de

espessura. As paredes interiores são em sandwich com uma estrutura em pinho tratado de 100 mm de espessura.

A sua técnica construtiva que consiste na ligação solidária de painéis com elementos longos e a sua montagem específica que recorre a amarrações e contraventamentos eficazes, permite ao sistema ter boas características anti-sísmicas.

Esta empresa disponibiliza vários modelos diferentes de habitação, dedicando-se também a comercialização de outras diversas construções desde bungalows, a bares de praia e restaurantes.

A Carmel disponibiliza um serviço após venda para as eventuais pequenas anomalias, bem como uma manutenção ao produto ao longo do tempo introduzindo na construção alterações que são fruto da pesquisa permanentemente efectuada em novas tecnologias e novos materiais.

A empresa tem um volume de negócios entre os 1.250.000 e os 2.500.000 euros.

#### 2.4.2.3. Monjolo

A Monjolo - Casas de Madeira tem sede em Porto de Mós, Leiria. A empresa começou a sua actividade com a importação de mobiliário rústico do Brasil, em madeira exótica maciça lançando-se depois no sector das casas pré-fabricadas em madeira exótica maciça.



Fig.2.53 – Logótipo Monjolo

O sistema construtivo da Monjolo é constituído por peças em madeira maciça, que utilizam a técnica do auto-encaixe. As pranchas de parede são pré-cortadas e seguem o sistema de encaixe tipo macho-fêmea, eliminando a necessidade de pregos, parafusos ou grampos. As casas, dependendo dos modelos, podem ser construídas em paredes simples, com 7 cm nas exteriores e 4,5 cm nas interiores, ou com parede dupla integral, tendo as paredes exteriores dois painéis de 4,5 cm com isolamento e caixa de ar e as paredes interiores o mesmo esquema com painéis de 3,5 cm de espessura.

A Monjolo tem feito contínuos esforços no desenvolvimento e inovação do processo construtivo do sistema, de modo a melhorar a qualidade das suas habitações. O seu sistema construtivo utiliza madeira de produção própria, a quantia de exploração florestal situada no Pará, Brasil.

A Monjolo é uma empresa com forte tendência de expansão no mercado tanto nacional como estrangeiro, tendo atingido um aumento médio superior a 25% nos últimos anos. A empresa tem representantes no mercado Nacional, em Espanha e Angola. A empresa tem conseguido uma situação de destaque através da participação em vários empreendimentos, tendo já construído várias dezenas de casa para altos funcionários angolanos, alguns condomínios fechados e foi escolhida pelo organismo de protecção e estudo ambiental sediado nas ilhas desertas, na Madeira, para a construção de uma habitação ecológica de baixo impacto ambiental.

A Monjolo oferece uma garantia de 5 anos para os elementos construtivos menores (portas, janelas, etc.). Contudo, para os elementos principais da casa, como a estrutura das paredes, aros e estrutura do telhado a garantia é de 30 anos.

#### 2.4.2.4. Mesquita Madeiras

Mesquita Madeiras, SA é uma empresa do Grupo Alberto Martins de Mesquita & Filhos, SA constituída em 1995. O grupo é constituído por três empresas, Mesquita Construções, uma empresa de Construção Civil e Obras Públicas sediada na zona do Grande Porto, Maia, há 50 anos no mercado, Mesquita Ambiente, uma empresa dedicada ao sector do ambiente, gestão de resíduos, gestão de águas e energias renováveis, e a empresa Mesquita Madeiras.



Fig.2.54 – Logótipo Mesquita Madeiras

A Mesquita é a única empresa portuguesa que possui um sistema de construção industrializada homologado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC, na área do Núcleo de Comportamento das Construções desde 1982. O Sistema homologado de construção industrializada leve Mesquita destina-se à realização de edifícios de madeira de um piso, cuja base de planificação e construção assenta num módulo de 1,25 m de largura.

A partir do módulo base de 1,25 m, a empresa tem diversas casas tipo de comercializa, havendo também a possibilidade do cliente construir a sua própria casa com base no módulo base, respeitando a filosofia global do sistema.

O Grupo Alberto Martins de Mesquita & Filhos, SA tem um volume de negócios que ronda os 100 milhões de euros/ano.

#### 2.4.2.5. Camolde

A Camolde-Madeiras, SA, tem a sua actividade direccionada para as construções pré-fabricadas em madeira de pinho tratado, e metálicas. A empresa, com sede na Maia, é uma sociedade anónima com o capital social de 100.000,00 euro.



Fig.2.55 – Logótipo Camolde Madeiras

A Camolde iniciou a sua actividade na linha de construção de pré-fabricados em madeira tratada e trabalhos gerais de carpintaria em 1985, tendo actualmente uma gama diversificada de construções pré-fabricadas em madeira, que vai desde habitações, a salas de aulas, escritórios, armazéns, construções ultra-ligeiras e pavilhões.

O sistema construtivo baseia-se em painéis modelados tipo (2.60 ou 3.00 x 1.25 ou 1.50) sendo a sua estrutura devidamente calculada e concebida para o efeito, revestida por ambas as faces com tábuas de forro macheado de pinho tratado ou placas de Contraplacado Marítimo pelo exterior e tábuas de forro macheado ou placas de aglomerado de madeira pelo interior.

A produção da Camolde dirige-se essencialmente ao mercado nacional, representando o mercado externo cerca de 1,8%. O mercado externo está concentrado em Espanha o que é justificado pela proximidade deste e pela característica dos produtos oferecidos, e em alguns países de expressão portuguesa como, Cabo Verde, S. Tomé e Príncipe.

A empresa tem conseguido responder eficientemente aos desafios do mercado, através do investimento nos factores dinâmicos de competitividade e qualidade, com um quadro técnico jovem, de elevada qualificação profissional e um programa de formação, conseguindo em 2001 ser reconhecida como empresa certificada de acordo com a Norma NP EN ISO 9002.

A Camolde apresenta um volume de negócios estável que ronda os 5.000.000 euros por ano.

#### 2.4.2.6. DaneCasa

A DaneCasa é uma empresa portuguesa, com sede em Albufeira, criada em 2006 por empresários dinamarqueses com experiência na indústria da habitação e imobiliária. A empresa dedica-se à construção de casas usando tecnologias de construção em madeira e aço.



Fig.2.56 – Logótipo DaneCasa

A DaneCasa disponibiliza casa com estrutura em aço, casas em madeira maciça e casas em painéis pré-fabricados chamadas “Hof House”. No segmento das casas de madeira maciça, a DaneCasa oferece uma grande variedade de designs podendo também adaptar-se às especificações dos clientes.

A empresa é representante da Scanwo, um dos principais fabricantes de habitações, na Dinamarca. Edifícios completos são entregues prontos a montar, com todos os elementos previamente cortados e moldados de acordo com o design pretendido. A construção fica concluída em apenas algumas semanas.

A Danecasa tem um volume de negócios entre os 500.000 e os 1.250.000 euros.

#### 2.4.2.7. ConcasMadeira

A ConcasMadeira, é uma empresa sediada na Póvoa de Varzim e dedica-se à construção de casas de madeira. A sua criação resultou da necessidade de diversificação da empresa Imprópria, compra e venda de imóveis, Lda.



Fig.2.57 – Logótipo ConcasMadeira

O Sistema Construtivo ConcasMadeira utiliza madeiras exóticas maciças, provenientes do Brasil, com um elevado grau de dureza, proporcionando uma montagem, com inovadoras técnicas de construção, dispensando o uso de pregos, parafusos e outros acessórios similares. As paredes exteriores são formadas por pranchas de 7cm de espessura, enquanto que as paredes interiores são constituídas por pranchas de 4,5cm. O sistema de encaixe macho/fêmea no sentido horizontal é complementado pelos montantes verticais de 15x15cm, com um pé direito que pode variar entre 2,10m e 2,70m.

A ConcasMadeira oferece vários projectos tipo de casas pré-fabricadas em madeira ou constrói casas com projecto feito à medida do cliente.

As construções ConcasMadeira têm a garantia legal em vigor em Portugal (5 anos). A ConcasMadeira efectua, também, serviços de carpintaria de apoio à construção civil e reparação/adaptação de casas em madeira já existentes.

#### 2.4.2.8. Ecotouch

A Ecotouch, é uma empresa portuguesa com sede em Lisboa vocacionada para a venda de produtos e serviços relacionados com a área da ecologia. A empresa comercializa casas em madeira maciça, casas pré-fabricadas de custo reduzido, sistemas de energias renováveis térmicos, fotovoltaicos, eólicos, e de biomassa, serviços de consultoria e projectos e vendas de materiais de construção.



Fig.2.58 – Logótipo Ecotouch

A Ecotouch constrói casas em madeira maciça exóticas da marca Made in Brasil, madeira proveniente unicamente da reflorestação. O tipo de madeira utilizado pode variar entre Maçaranduba, Angelim Pedra, Ipê, Jatobá conforme a escolha do cliente.

A Ecotouch não possui um catálogo com modelos standard, nem comercializa kits, tendo apenas um modelo tipo. A empresa está vocacionada para a construção personalizada de cada casa, possui profissionais especializados para ajudar o cliente a criar o seu próprio projecto. A empresa está presente com estruturas próprias em Portugal, Brasil e Angola e possui parceiros em Espanha e outros países europeus.



# 3

## CASAS DE MADEIRA TIPO – DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

### 3.1. OBJECTO

Com este capítulo pretende-se caracterizar uma casa de madeira maciça padrão com intuito de nos capítulos seguintes poder comparar com uma casa em alvenaria tradicional, segundo aspectos económicos, tecnológicos e a nível de exigências funcionais.

Porém antes de poder analisar convenientemente as características duma estrutura, seja ela qual for, é preciso primeiro compreender e analisar os diferentes componentes que a constituem. Como tal o ponto 3.2 pretende dividir este tipo de construção em componentes comuns a qualquer casa de madeira maciça. Uma vez definidos categorizados os diferentes componentes, apresenta-se no ponto 3.3 uma casa de madeira maciça padrão, descrevendo cada um dos componentes que a constitui.

### 3.2. DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

A designação de sistema utiliza-se quando pelo menos dois elementos são usados numa combinação particular [1].

Sendo assim um edifício também pode ser encarado como um sistema. Um edifício pode ser dividido em elementos mais simples sob duas perspectivas diferentes.

Quando pensamos no edifício como um conjunto de células individuais não sobrepostas e complementares entre si e que no seu todo definem o edifício, falamos duma abordagem celular do edifício e dizemos que os elementos mais simples em que o edifício está dividido são os seus subsistemas de construção [1].

Quando, por outro lado, encaramos o edifício do ponto vista funcional, falamos de órgãos do edifício e não de subsistemas. Um órgão de um edifício é então uma subdivisão funcional que assegura uma ou mais das suas funções com características semelhantes e necessárias à satisfação das necessidades do utente. As necessidades do utente são normalmente designadas por exigências funcionais do utente.

A decomposição em órgãos inclui normalmente os seguintes órgãos principais:

- Estrutura;
- Envolvente exterior;
- Compartimentação exterior a envolvente;
- Compartimentação interior à envolvente;
- Instalações e equipamentos diversos;

A abordagem celular é a mais recomendada para a caracterização económica e tecnológica, enquanto a divisão em órgãos funcionais é mais adequada à análise das exigências funcionais do edifício. Visto que a análise pretendida engloba todos os aspectos referidos o modelo organizativo escolhido é uma versão mista das duas perspectivas e que se entendem melhor se adapta ao tipo de construção em estudo.

Quadro 3.1 – Decomposição da casa de madeira maciça em subsistemas

| Subsistemas                                  |                                  | Elementos de construção                                               |
|----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| A. Estrutura                                 | A.1. Fundações                   | Fundações propriamente ditas<br>Paredes alvenaria                     |
|                                              | A.2. Superestrutura              | Paredes estruturais<br>Pavimento<br>Estrutura de suporte da cobertura |
|                                              |                                  |                                                                       |
| B. Envolvente exterior                       | B.1. Paredes exteriores          | Revestimentos                                                         |
|                                              | B.2. Cobertura                   | Revestimentos e outros elementos                                      |
|                                              | B.3. Aberturas                   | Portas<br>Janelas                                                     |
| C. Compartimentação interior e revestimentos | C.1. Paredes Interiores          |                                                                       |
|                                              | C.2. Paredes Exteriores          |                                                                       |
|                                              | C.3. Pavimento                   |                                                                       |
|                                              | C.4. Aberturas                   | Portas                                                                |
|                                              | C.5. Escadas                     |                                                                       |
| D. Instalações e equipamentos                | D.1. Águas e saneamento          | Distribuição de água<br>Águas pluviais<br>Saneamento                  |
|                                              | D.2. Aquecimento                 | Aquecimento central<br>Lareira                                        |
|                                              | D.3. Electricidade               |                                                                       |
|                                              | D.4. Rede de distribuição de gás |                                                                       |
|                                              | D.5. Ventilação                  |                                                                       |

### 3.2.1. ESTRUTURA

#### 3.2.1.1. Fundações

##### - Fundações propriamente ditas

A fundação é a parte da construção que suporta o peso e mantém fixo e nivelado o prédio no terreno. Chama-se fundação à parte de uma estrutura que transmite ao terreno subjacente a carga da obra.

As construções em madeira usualmente utilizam fundações do tipo sapata contínua. Essa escolha depende fundamentalmente do tipo de solo e do tipo de construção.

Nos casos em que uma fundação em sapata contínua não é o mais adequado, pode recorrer-se a outras soluções, tais como o ensoleiramento geral ou fundações através de estacas.

##### - Parede de alvenaria

A parede de alvenaria é uma construção que utiliza unidades unidas entre si por argamasa. O termo alvenaria vem de alvenel ou alvanel - pedreiro de alvenaria. Existem vários tipos de alvenaria, insossa, gorda e magra, conforme a alvenaria não tenha argamassa, tenha argamassa rica em cal ou argamassa pobre em cal ou em cimento. A última solução é actualmente a mais usada.

Neste tipo de construções as paredes de alvenaria são usadas para afastar os primeiros troncos do contacto directo com o solo.

#### 3.2.1.2. Superestrutura

##### - Paredes estruturais

Como já foi referido no capítulo, anterior a edificação à base de toros ou troncos pode-se assimilar à construção em muros de alvenaria resistente visto que estruturalmente funcionam da mesma maneira. São muros de carga que transmitem as forças em toda a sua extensão até às fundações.

##### - Pavimento

O pavimento do latim “pavimentu”, designa em arquitectura a base horizontal de uma determinada construção. É constituído à base de vigas, vigotas e tábuas de madeira. As tábuas de madeira que formam o soalho constituem o primeiro nível de contacto com as cargas, principalmente mobiliário e equipamentos. As cargas são de seguida transmitidas às vigotas, as quais se apoiam nas paredes exteriores e em vigas dependendo do comprimento dos vãos.

##### - Estrutura de suporte da cobertura

A estrutura é baseada no mesmo princípio estrutural que o pavimento. Porém, ao invés de uma superfície plana são duas superfícies inclinadas que constituem uma cobertura simples de duas águas.

As vigas principais ligam-se às paredes exteriores ou a pilares intermédios. Os caibros fixam-se transversalmente às vigas, unindo as extremidades superiores de cada água entre elas e fixando as extremidades inferiores na parede exterior.

Este sistema permite aproveitar o espaço de desvão abaixo das águas da cobertura, que normalmente não é aproveitado ou utilizado como arrumos.

### **3.2.2. ENVOLVENTE EXTERIOR**

#### **3.2.2.1. Paredes exteriores**

Neste tipo de construção, os toros de madeira têm uma função estrutural mas também de acabamento exterior, pois a madeira não aparece revestida por outros materiais. Apresenta-se com toda a sua expressividade, condicionando o aspecto final da casa.

#### **3.2.2.2. Revestimentos e outros elementos singulares da cobertura**

Neste tipo de construção, o tipo de cobertura mais habitual é o telhado, em geral caracterizado por possuir um ou mais planos inclinados em relação à linha horizontal, diferente, por exemplo, das lajes planas ou das cúpulas. A cada um destes planos inclinados, dá-se o nome de água.

A função principal do telhado é a mesma que a de qualquer outra cobertura: proteger o espaço interno do edifício das intempéries do ambiente exterior, como a neve, a chuva, o vento, entre outros, também concedendo aos usuários aí localizados privacidade e conforto, através de protecção acústica, térmica, etc. Além disso, o telhado também promove a captação e distribuição das águas pluviais. É constituído geralmente por telhas, varas e ripas de madeira. Os elementos singulares, incluem as chaminés, os rufos, as platibandas, os beirados e todos os pormenores deste tipo.

#### **3.2.2.3. Aberturas**

As aberturas consideram-se todas as ligações entre dois espaços distintos, no caso da envolvente exterior será entre espaço interior e exterior, tal como portas, janelas, clarabóias, etc.

### **3.2.3. COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS**

#### **3.2.3.1. Paredes Interiores**

As paredes interiores dividem o espaço interior da habitação. Podem ser feitas de paredes maciças como as paredes exteriores ou de paredes leves também designadas de tabique.

#### **3.2.4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS**

As instalações incluem o ao conjunto das redes de distribuição de água, de saneamento bem como todas as instalações eléctricas, os sistemas de aquecimento e ventilação e todos os restantes equipamentos auxiliares.

## **3.3. DEFINIÇÃO DA CASA DE MADEIRA MACIÇA TIPO**

No ponto anterior apresenta-se a decomposição da construção em vigas e troncos de madeira maciça em vários subsistemas. Neste ponto pretende-se elaborar e caracterizar uma casa de madeira tipo que sirva de base de estudo para futuras avaliações e comparações.

A casa tipo foi escolhida tendo em conta as soluções mais características que o mercado tem para oferecer, considerando-se apenas soluções standard em kit, ou seja, soluções padrões industrializadas prontas a montar no terreno.

### 3.3.1. TIPOLOGIA

A casa de madeira padrão definida é uma habitação unifamiliar com uma área bruta de aproximadamente 180 metros quadrados.

A habitação é constituída por dois andares, piso térreo e um andar elevado. O piso térreo é formado pela cozinha, salas de jantar, sala de estar, uma casa de banho e outros espaços comuns. O volume do primeiro piso tem origem no aproveitamento do espaço das águas furtadas e possui os quartos e as casas de banho privativas.

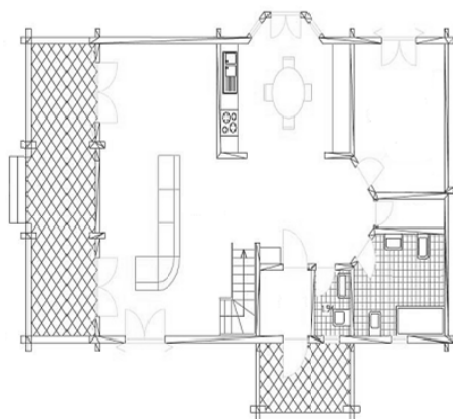


Fig.3.1 – Rés de chão



Fig.3.2 – 1ª Andar

### 3.3.2. FUNDAÇÕES

A construção de uma casa passa por uma série de etapas, e as fundações são a primeira etapa deste processo. A fundação tem um papel importante na estabilidade do edifício, pois suporta o peso das paredes e mantém fixo e nivelado a estrutura no solo. A construção inadequada de uma fundação pode criar no futuro graves problemas e de difícil resolução no edifício.

A fundação padrão é uma combinação de duas partes, uma sapata contínua em betão armado e uma parede de alvenaria directamente apoiada sobre a sapata e com relativamente pequena altura.

Os materiais utilizados incluem:

- Betão;
- Armadura;
- Cofragem;
- Pedra;
- Argamassa;
- Parafusos de ancoragem;

#### 3.3.2.2. Sapata contínua

Considerando que o terreno onde irá ser construída a casa tipo é suficientemente resistente, a sapata contínua é suficiente como fundação. A sapata contínua acompanha as paredes da casa, e é indicada para construções com paredes resistentes, que dispensam pilares e vigas. A carga é assim distribuída uniformemente ao longo das paredes.

Se o solo for suficientemente estável, o betão pode ser directamente vertido na vala. Se isso não se verificar, será necessária usar cofragens para a sua realização.

Visto que uma estrutura de madeira tem peso muito inferior ao que é habitual numa construção em alvenaria tradicional, as dimensões das sapatas são em geral mais reduzidas que as equivalentes em casas com estrutura de betão armado.

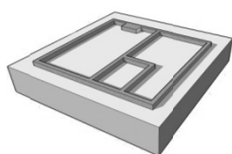


Fig.3.3 – Ensoleiramento Geral

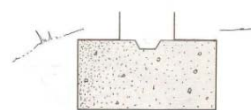


Fig.3.4 – Sapata contínua [6]

### 3.3.2.3. Parede de alvenaria

As paredes de alvenaria poderão ser construídas assim que passe o tempo necessário para a cura do betão da sapata. O tipo de alvenaria usado não é muito importante, contudo será provavelmente uma alvenaria com dosagem baixa em cimento, pois são em geral suficiente.

As paredes de alvenaria permitem elevar as primeiras fiadas de toros de alguns centímetros proporcionando assim uma melhor protecção contra os agentes atmosféricos, principalmente contra a chuva. Deste modo cria-se uma melhor ventilação e impede-se a acumulação de humidade nos toros inferiores. Outra vantagem é o facto de deixar uma caixa-de-ar por baixo da construção que evita as condensações e a acumulação de humidade.

A câmara-de-ar deverá ter uma altura mínima de 30 cm (ver figura 3.5). As aberturas de ventilação devem ser protegidas com rede que deve ser montada a uma altura tal que impeça a entrada de água. A secção mínima de entradas e saídas deve ser de 15 cm<sup>2</sup> por metro linear [3].



Fig.3.5 – Pormenor construtivo da parede [3]

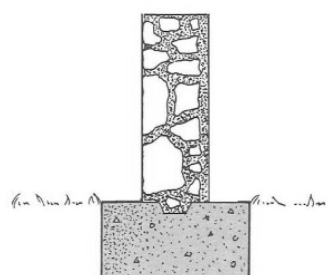


Fig.3.6 – Parede de alvenaria [6]

A existência de uma lareira neste tipo de habitação requer medidas adicionais na construção das fundações. A habitação pode ter uma lareira no rés-do-chão ou no 1º andar mas, para esse efeito, a

fundação deve ser suficientemente resistente para suportar uma chaminé em tijolos ao longo de dois pisos com lareira em ambos os andares.

Uma fundação deficiente de uma chaminé poderá levar a graves problemas. A fundação deverá ter um ensoleiramento geral com reforço através de malha de aço na base da lareira, tanto por razões de resistência estrutural como para permitir um melhor isolamento do resto da estrutura de madeira.

Na casa padrão a caixa-de-ar providenciada pelo muro de alvenaria permite a criação de um sistema de ventilação exclusivo da lareira (figuras 3.7 e 3.8).

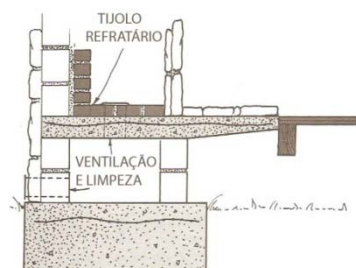


Fig.3.7 – Reforço da fundação para instalação de uma lareira[6]

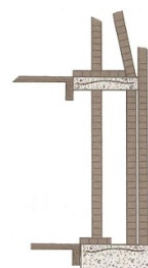


Fig.3.8 – Reforço da fundação para colocação de uma chaminé de tijolos [6]

Devem ser postos drenos a toda a volta da fundação para ajudar a extrair o excesso de água que se acumula na base da fundação. Para tal deve-se colocar uma camada de gravilha na parte externa da base da fundação, montando posteriormente sob essa gravilha um tubo de extracção perfurado recoberto com geodreno, sendo por fim tudo envolvido em mais uma camada de gravilha (figura 3.9).

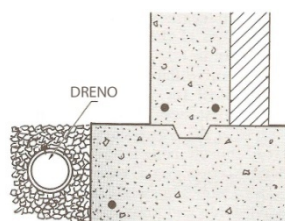


Fig.3.9 – Sistema de drenagem [6]

Antes de se proceder à betonagem da fundação é necessário fazer a instalação prévia de todas as ligações, tal como os tubos de saneamento e de distribuição de água, gás e linhas eléctricas. Todas estas ligações devem ser tapadas com papel ou outro tipo de isolante de modo a não ficarem obstruídas ao longo do processo construtivo.

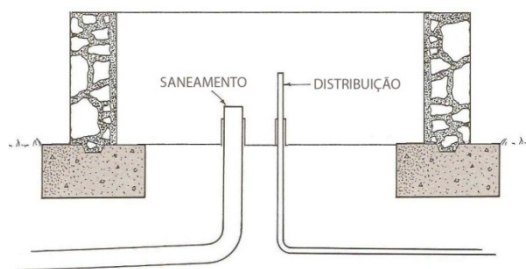


Fig.3.10 – Colocação prévia das instalações [6]

Para além da instalação das ligações aos serviços de água e gás, é imprescindível a colocação prévia de parafusos de ancoragem para a fixação da primeira fiada de toros (os chamados toros de patamar) bem como para possíveis pilares internos. A área em volta dos parafusos deve ser lisa sem quaisquer irregularidades para que ocorra uma ligação perfeita entre as duas superfícies. Caso a sapata não tenha armadura que permita a fixação dos parafusos de ancoragem nos locais desejados pode-se recorrer à utilização de fixadores de madeira como ilustrado nas figuras 3.11 e 3.12. Outro pormenor importante é a colocação de uma camada isolante entre a parede de alvenaria e a primeira fiada de toros. Esta camada, que poderá ser betuminosa ou de outro tipo análogo, impede a subida de água por capilaridade para os toros.

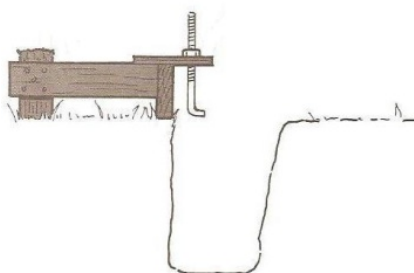


Fig.3.11 – Suporte para fixação do parafuso de ancoragem [6]

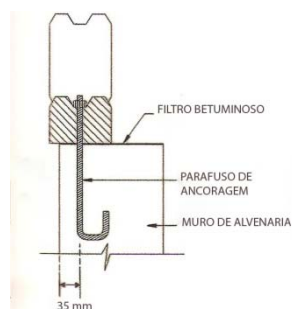


Fig.3.12 – Pormenor da fiada de patamar [6]

### 3.2.1.2. Paredes estruturais

Os principais materiais utilizados incluem os toros, os pernos e tirantes metálicos e as cavilhas e são descritos em seguida.

#### - Toros

Tendo em conta que se trata de uma solução em kit, as paredes estruturais são constituídas por toros de madeira, homogéneos e regularizados. Os toros são cortados com o perfil padrão, os encaixes delineados, numerados e enviados para a obra. O comprimento das peças é variável e vai desde elementos com 120 cm até peças inteiras de 3 a 15 m.

A dimensão dos toros varia segundo os fabricantes. Neste caso, os perfis têm 150 mm de largura com secção rectangular. A madeira utilizada nos toros é de abeto nórdico (*Picea abies*), conhecido em Portugal como “casquinha branca ou pinho da flandres”.

### - Cavilhas

As cavilhas são espécies de madeiras duras com diâmetros da ordem dos 30 mm e comprimento de 250 mm. Estas cavilhas encastram-se em orifícios previamente furados na peça. Utilizam-se para travar transversalmente todos os troncos de dois em dois, dispondo-se de forma alternada. [3]

### - Tirantes metálicos

Os tirantes metálicos, empregam-se para manter agrupado o muro verticalmente, acelerando o processo de retracção devido à secagem ou simplesmente controlando-o. A fixação nas extremidades dos pernos metálicos faz-se através de porcas e anilhas ou em alguns casos através de placas soldadas, cravadas no muro. Por seu lado, os tirantes metálicos colocam-se ao longo do muro com intervalos regulares, bem como nos pórticos das portas e janelas.

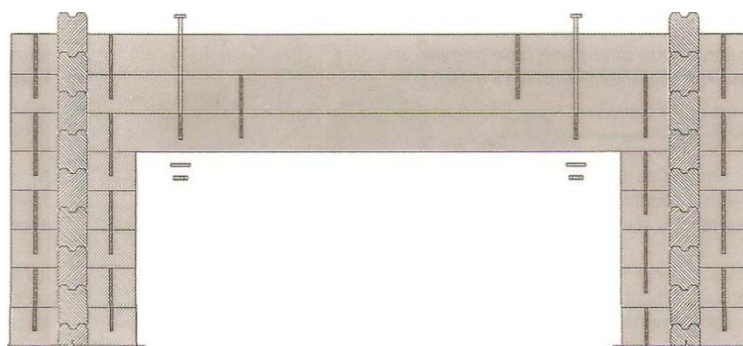


Fig.3.13 – Esquema de colocação de cavilhas (corte-alçado) [3]

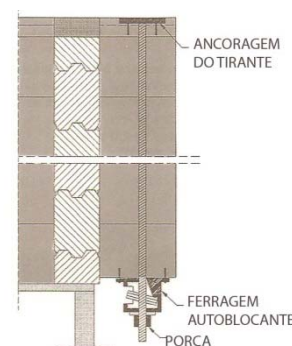


Fig.3.14 – Tirante metálico [3]

### - Escoras

As escoras utilizam-se para permitir construir vãos de portas e janelas de grandes dimensões. As suas dimensões deverão ser definidas anteriormente em função dos vãos abertos, tendo em conta essencialmente critérios de instabilidade elástica. A pormenorização construtiva de ligação é, neste caso muito importante.

Para absorver o assentamento dos muros deve colocar-se uma base metálica com rosca que penetra na parte inferior do pilar. A cavidade na base do pilar deve ter uma profundidade superior à da rosca metálica para permitir futuros ajustes.

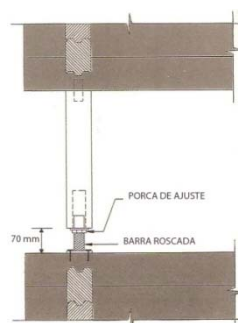


Fig.3.15 – Perno de ajuste de assentamento do pilar [3]

#### - Montagem dos muros

Coloca-se a tira isolante dentro da cavidade do encaixe e pressionam-se as peças até que se fixem na posição final. O processo é repetido nas fiadas seguintes, acoplando novos toros dando pancadas recorrendo a ajuda de um martelo de madeira.

Para não danificar a superfície, deve-se utilizar uma peça intermédia de madeira ou plástico, cujo perfil coincida com o do toro superior. As primeiras pancadas devem ser suaves até que encaixem as peças e as seguintes fortes para que assentem completamente. Depois de colocada a terceira fiada deve-se verificar o nivelamento entre elas. Se as peças tiverem uniões em cada extremo, deve-se actuar primeiro numa e depois na outra e repetir até que o encaixe seja hermético. Se os toros apresentarem três ou mais intersecções deve-se actuar primeiro nos nós intermédios. Os toros devem assentar hermeticamente de modo a que não haja folga entre eles. Como tal é conveniente limpar muito bem os encaixes antes de montar os toros.

Ao começar a terceira fiada, devem-se colocar as cavilhas nos locais correspondentes marcados no projecto. As cavilhas atravessam a peça e chegam a pelo menos metade da altura da peça inferior.

A última fiada pode ser uma peça inteira ou só meia secção. Em qualquer dos casos, é unida ao resto com pernos metálicos.

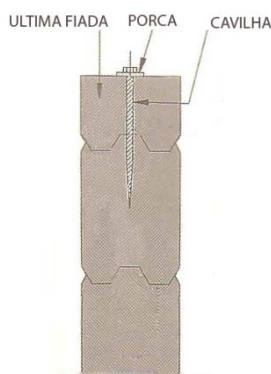


Fig.3.16 – Fixação da última fiada [3]

É o momento adequado para verificar o nivelamento, que não se deve desviar mais do que 20 mm/m. Para fazer os ajustes adequados pode-se recorrer ao aperto dos pernos metálicos.

Na base da parede, ajustam-se os pernos com o aperto das porcas. Os tirantes metálicos vão-se apertando até que as fiadas fiquem sem folga nenhuma. Devido à retracção das peças com a secagem é necessário rever o aperto todas as semanas. O processo de secagem termina em mais ou menos um ano.

#### 3.2.1.3. Pavimento

Os pavimentos apoiam sobre muros ou vigas. Os pavimentos são constituídos por elementos normais convencionais: vigas, caibros e tábuas de madeira ou derivados. A união dos caibros ao muro faz-se através de perfis metálicos, os quais devem ser primeiro fixados ao muro e só depois aos caibros. Se

for necessário efectuar uma abertura no pavimento, para escadas ou chaminés, cortam-se os caibros que se apoiam em caibros transversais, devendo verificar-se cuidadosamente o dimensionamento das peças nestes locais.

Visto tratar-se de muros de carga as suas alturas não são elevadas, entre 3 a 6 metros, a separação entre os caibros varia entre 300 e 600 mm. [3]

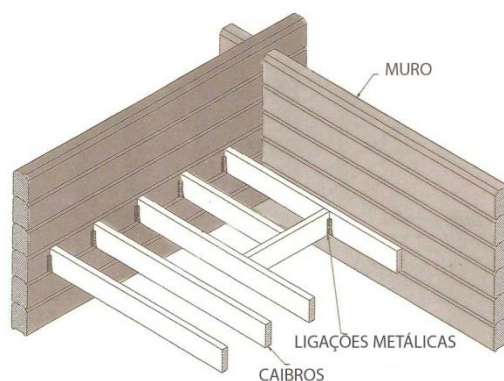


Fig.3.17 – Estrutura de suporte do pavimento [3]

#### 3.2.1.4.Estrutura de suporte da cobertura

Visto se ter predefinido que a casa padrão iria aproveitar o espaço da cobertura para o 1º andar, é necessário adoptar uma estrutura de suporte que permita aproveitar o espaço livre entre as águas do telhado. A solução mais adequada para satisfazer essas características é à base de estruturas triangulares de suporte.

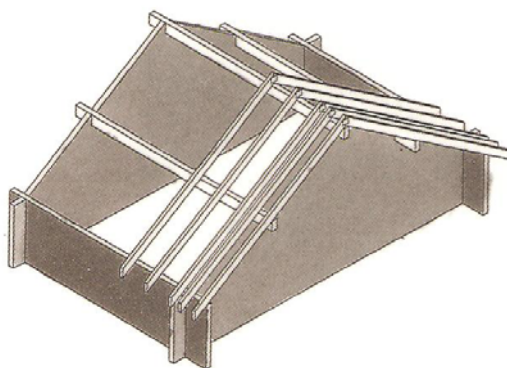


Fig.3.18 – Estrutura de suporte da cobertura [3]

Antes de se iniciar a construção deve verificar-se o nivelamento e esquadria das paredes. Se houver diferenças superiores a 20 mm, deverá proceder-se aos acertos geométricos necessários, ajustar-se recorrendo aos tensores metálicos. Se os caibros estão apoiados em mais que dois pontos, deve verificar-se também que o alinhamento não tenha diferenças superiores a 10 mm. As diferenças podem eliminar-se rebaixando os muros, mas nunca nos pares de vigas.

Os caibros são instalados em intervalos previstos por cálculo, normalmente entre 400 e 600 mm e com declive fixado em projecto. A fixação de cada caibro efectua-se na cumeeira (parte superior), através

de placas metálicas angulares em ambas as faces, e nos muros (parte inferior), mediante outros suportes metálicos (figuras 3.19 e 3.20). Este suportes deslizantes têm como objectivo permitir as deformações originadas pelos movimentos dos muros de origem termo-higrométrica sem que se produzam esforços não desejados.

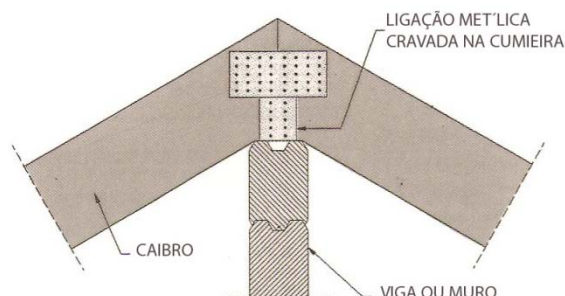


Fig.3.19 – Pormenor dos caibros na cumeeira [3]

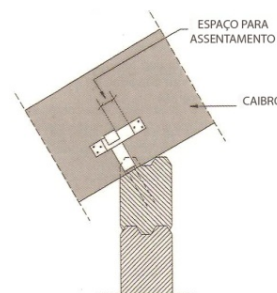


Fig.3.20 – Fixação dos caibros à fachada exterior [3]

Quando a face dos caibros estiver próxima de um muro, convém colocar uma tira de isolamento entre ambos os elementos. No caso de os caibros coincidirem com o muro, deverão colocar-se caibros em ambos os lados do muro como mostra a figura 3.21.

Na mesma figura é possível observar o pormenor da extensão dos toros para lá dos muros de empena, onde apoiam os caibros para a construção de beirado. Estes têm uma função importante de protecção dos elementos estruturais. O valor adequado da extensão dos beirados é normalmente estabelecido por uma relação mínima de 8:1 entre a altura da parede e a largura do beiral.

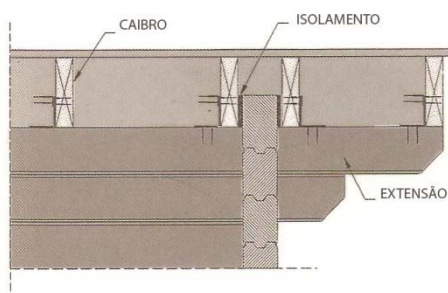


Fig.3.21 – Suporte do beirado [3]

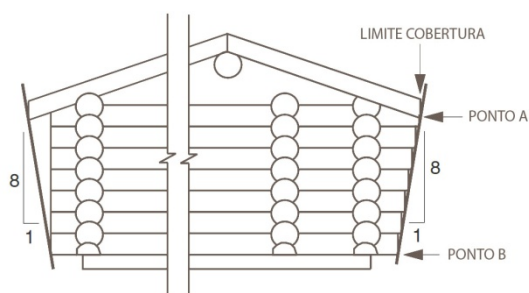


Fig.3.22 – Relação extensão do beirado/altura da fachada [21]

Sempre que sejam necessárias aberturas para clarabóias ou chaminés, os caibros deverão ser cortados suportando-se através de caibros transversais unidos entre si por peças metálicas. Se a abertura se destinar a uma chaminé, o espaço entre a chaminé e os caibros deve ser de pelo menos 100 mm para cumprir as normas de protecção contra o fogo. [3]

Antes de se colocar o revestimento final da cobertura, deve-se cobrir o espaço livre frontal entre os caibros, ao nível das fachadas, mediante tábuas de madeira que serão cravadas em cada face dos caibros. Deverá contudo deixar-se um espaço livre para ventilação, materializado por uma ranhura de pelo menos 20 mm protegida com rede mosquiteira.



Fig.3.23 – Pormenor da ventilação da cobertura [3]

### 3.2.2. ENVOLVENTE EXTERIOR

#### 3.2.2.1. Paredes exteriores

Como já foi referido a madeira realiza num muro as diversas funcionalidades. No contexto da envolvente exterior, para além da funcionalidade de qualquer envolvente de proteger o espaço interno dos agentes exteriores, a parede realiza também as funções de revestimento e de isolamento.

A função do isolamento é assegurar a estanquidade ao ar e garantir assim uma melhor eficácia da acção de isolamento térmico assegurada pelo muro exterior. No caso de toros regulares e calibrados, característicos dos sistemas em kit, o isolamento é colocado no encaixe. Coloca-se a tira isolante dentro da cavidade do encaixe e pressionam-se as peças até que se fixem na posição final. Sempre que a madeira esteja seca deve-se usar um adesivo para manter fixa a tira isolante pois, caso a madeira esteja húmida, a adesão não é possível. O isolamento deve ser interrompido nas furações dos pernos e cavilhas. Nas uniões de canto coloca-se entre as fiadas um isolante especial de tecido mineral.

Os troncos podem desejar-se em bruto com simples limpeza sob pressão ou serem lixados ligeiramente para perder um pouco da sua aparência rústica. No caso dos kits são toros homogéneos e de superfícies lisas e regulares, sendo no fim da obra aplicados os revestimentos necessários, vernizes e velaturas, dependendo das recomendações do fabricante.

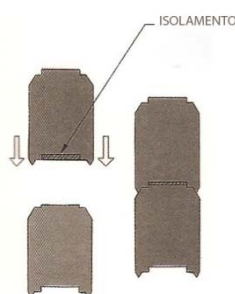


Fig.3.24 – Colocação do isolamento nos toros das paredes de fachada [3]

#### 3.2.1.2. Cobertura

Os revestimentos de telhados mais tradicionais neste sistema são os de tipo rústico como a palha, ou placas de madeira. Porém a solução escolhida neste caso é mais comercial à base de telha cerâmica.

Para além do normal revestimento impermeável, a cobertura tem de ser dotada duma série de elementos adicionais, para permitir melhores condições térmicas e prevenir habituais problemas de humidade e condensações.

Apresenta-se na figura 3.25 um exemplo do pormenor construtivo de todos os elementos necessários ao acabamento da cobertura.

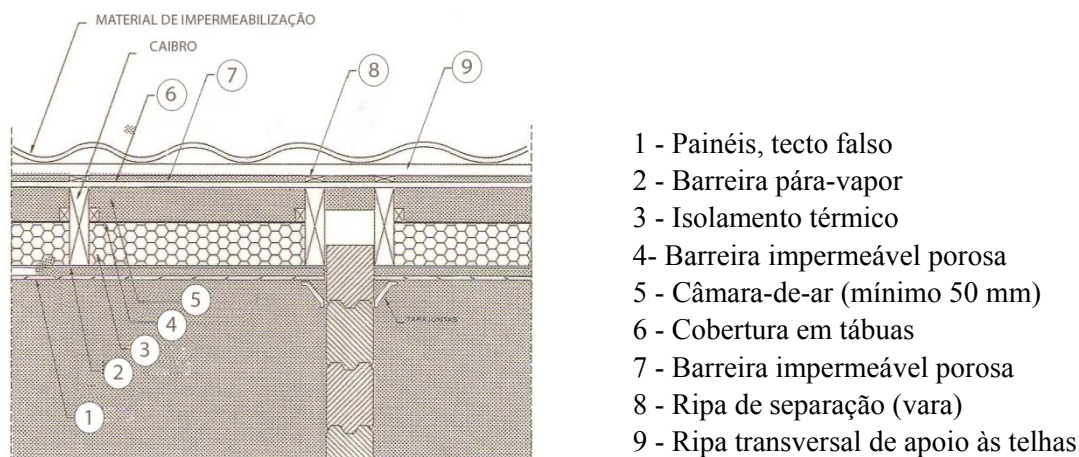


Fig.3.25 – Pormenor construtivo da cobertura [3]

### 3.2.1.3. Aberturas

Consideram-se como aberturas da envolvente exterior, todas as comunicações directas do interior da habitação para o exterior, tal como janelas e portas. A construção destes elementos requer um grande detalhe de execução.

As aberturas deverão ser cortadas nos muros cerca de 40 mm mais largas e cerca de 60 mm mais altas que o tamanho das portas ou janelas que aí se irão colocar. Uma vez feitas as aberturas instalam-se os aros sendo apenas posteriormente montados os caixilhos, fixos ou móveis. [3]

#### - Janelas

Em primeiro lugar deve-se instalar o aro no muro e só de seguida a janela. A moldura da janela deve ficar alinhada com a face exterior da parede. Se necessário, pode-se recorrer a cunhas para definir o prumo perfeito da janela. A moldura da janela fixa-se ao aro com parafusos e nunca ao muro, de modo a este poder assentar livremente. A largura restante é preenchida com material isolante como, por exemplo, a lã de rocha. Por fim o espaço livre de assentamento em volta do aro é recoberto por uma moldura exterior de remate, a qual é fixada ao aro e não ao muro, como mostra a figura 3.27.

Na secção vertical, a tolerância para o assentamento deve de cerca de 20 mm por metro linear de altura em perfis rectangulares e de 30 mm por metro linear em perfis redondos. [3]

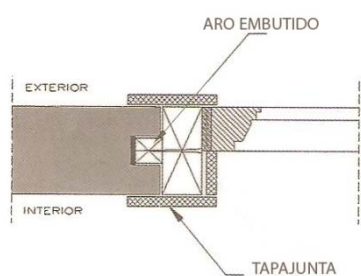


Fig.3.26 – Pormenor das janelas secção horizontal [3]

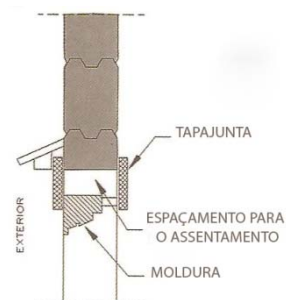


Fig.3.27 – Pormenor das janelas secção transversal [3]

#### - Portas

O método construtivo para as portas é em tudo semelhante ao das janelas. Primeiro fixa-se o aro no muro, e de seguida fixa-se a porta ao aro, permitindo assim assentamentos livres.

Na secção vertical das portas, a tolerância para o assentamento deve ser uns 40 mm por metro linear de altura em perfis rectangulares e 60 mm por metro linear em perfis redondos. [3]

### 3.2.3. COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS

#### 3.2.3.1. Paredes interiores

A compartimentação interior pode ser realizada de duas maneiras. Podem-se utilizar toros de madeira maciça, que terão no entanto de ser instalados ao mesmo tempo que as paredes exteriores. Para compartimentações construídas depois da envolvente exterior estar acabada é mais fácil utilizar paredes de tabique. No caso em estudo, considera-se que se poderão utilizar os dois tipos de solução dependendo da situação concreta de cada investimento concreto.

#### - Paredes de toros maciços

As paredes maciças têm um aspecto mais natural neste tipo de construção e adicionam rigidez à estrutura. De facto paredes compridas necessitam do travamento providenciado pelas paredes transversais. Por esta razão, estruturas com formato em “L”, tem uma rigidez muito maior que formatos rectangulares.

O maior problema com as paredes maciças associa-se ao tempo necessário à sua construção. A massividade das paredes torna o ambiente mais escuro e fechado. Também é possível instalar paredes de compartimentação maciças em separado das paredes exteriores, através de encaixes, cortando uma ranhura na parede exterior para embutir os toros da parede interior ou fixando os toros com parafusos pelo lado da parede exterior. Esta segunda opção é mais adequada quando os toros têm dimensões diferentes das paredes exteriores.

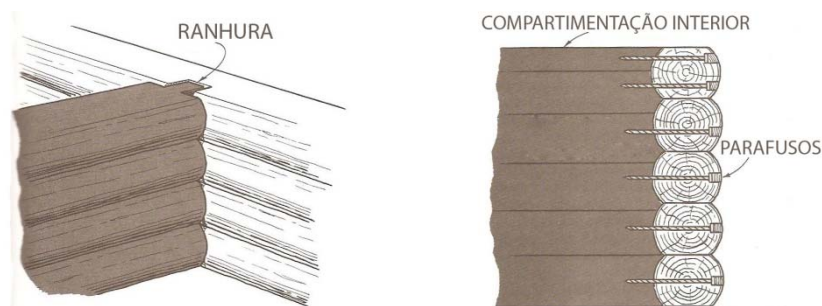


Fig.3.28 – Esquemas de fixação da parede interior maciça à parede exterior [6]

#### - Paredes de tabique

As paredes de compartimentação interior (tabique) são formadas por montantes e travessos. Os montantes verticais fixam-se nos travessos superiores e inferiores. O espaçamento habitual entre montantes é de 600 mm. A parede leva então um revestimento em ambas as faces e o interior é preenchido com material isolante.

As paredes de tabique podem ser revestidas com tinta, papel de parede ou outros revestimentos, sendo o mais usual tábuas de madeira. Usado em combinação com as paredes exteriores providenciam passagem para as diversas instalações a montar na habitação (figura 3.29).

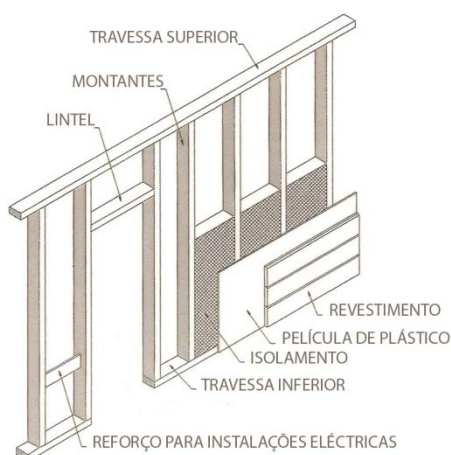


Fig.3.29 – pormenor construtivo de uma parede de tabique [3]

A união da parede ao tecto deve ser feita de forma a permitir o assentamento do pavimento. Visto que este se encontra unido à estrutura de troncos, move-se em uníssono com ela. Excepto nos casos em que a altura dos tabiques seja menor que 2 m, deverá colocar-se um mecanismo que permita alguns pequenos movimentos da parede. O mecanismo consiste em pernos metálicos separados de 100 cm, soldados na sua extremidade superior, os quais encaixam em orifícios previamente feitos no pavimento. Entre o travesso superior e o tecto deixar-se-á um espaçamento de pelo menos 50 mm, que será preenchido com material isolante e que ficará oculto através das molduras das esquinas.

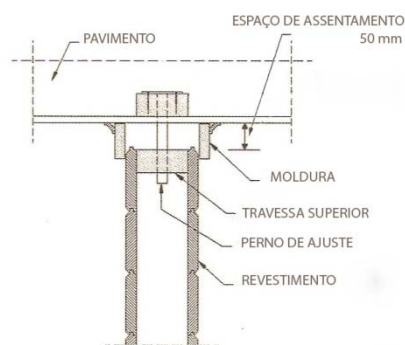


Fig.3.30 – Esquema de fixação da parede de tabique ao tecto [3]

A união entre a parede interior e o muro exterior deve fazer-se sempre de modo a permitir o assentamento do muro. Como tal a melhor forma de união, consiste numa ranhura na parede exterior com largura suficiente para a parede e o revestimento das duas faces e posteriormente encaixar a parede na ranhura. A ranhura deve deixar intacto pelo menos 55% da espessura dos toros que compõem a parede maciça.



Fig.3.31 – Esquemas de fixação da parede de tabique à parede exterior [6]

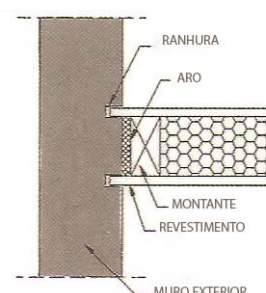


Fig.3.32 – Esquemas de fixação da parede de tabique à parede exterior [3]

### 3.2.3.2. Paredes exteriores

Normalmente, para larguras de toros inferiores a 110 mm, recorrem-se a sistemas mistos, que requerem o reforço da função estrutural e térmica do muro. Na solução actual, os toros são de 150 mm de largura não sendo necessário qualquer tipo de reforço estrutural. Contudo, considera-se necessário aplicar um reforço térmico para assegurar exigências de conforto ideais. Este reforço materializa-se por uma camada isolante, fixada pelo lado interior da parede envolvente.

Esta camada isolante tem uma constituição similar às paredes de tabique, sendo constituída por montantes espaçados entre 400 e 600 mm. Os montantes apoiam-se no pavimento através de travessos e no muro de toros através de angulares metálicas deslizantes que asseguram um assentamento independente do muro exterior. Os espaços entre montantes são preenchidos com material isolante e recobertos com uma barreira pára-vapor. O espaço entre os montantes e o tecto também é preenchido com isolante flexível, como a lã de vidro, para absorver os assentamentos do muro.

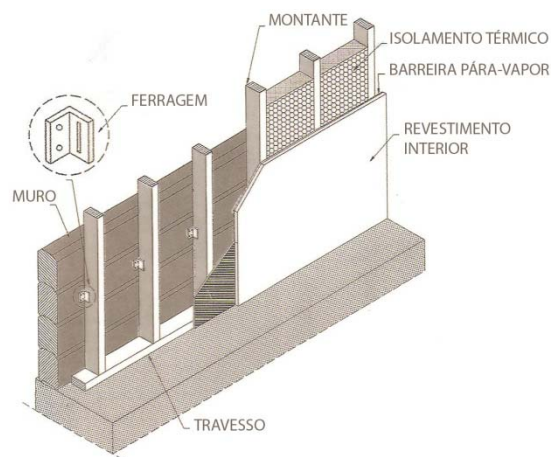


Fig.3.33 – Pormenor de aplicação de parede de contraplacado pelo interior [3]

### 3.2.3.1. Pavimento

Devem isolar-se todos os pavimentos que estejam colocados sobre uma câmara-de-ar, e contactam directamente com locais frios ou garagens. Se não existir tecto falso na face inferior, deve-se colocar uma estrutura para suportar o isolamento. O suporte deve ser rígido para evitar a perda de massa, também devendo, no entanto, ser permeável para deixar escapar o vapor de água do interior. Para tal um revestimento em tábuas de 10 mm é suficiente. A barreira pára-vapor deve ser instalada sempre na parte superior e o isolamento é colocado entre os caibros, sempre ligeiramente comprimido.

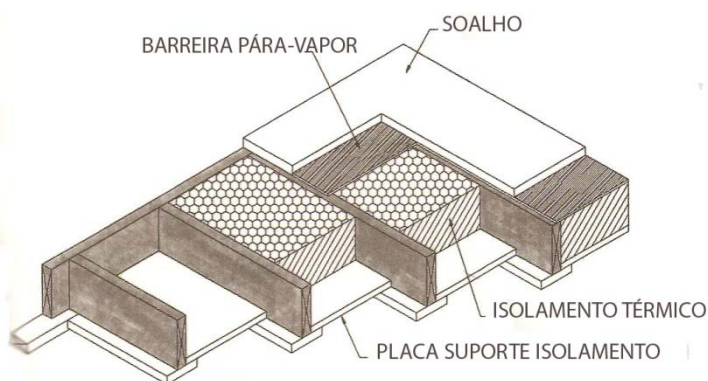


Fig.3.34 – Pormenor do pavimento [3]

### 3.2.4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Uma casa de madeira requer o mesmo tipo de instalações e equipamentos que qualquer outra habitação moderna, porém requerendo mais cuidado devido à dificuldade de colocação bem como a restrições devido ao assentamento da estrutura ao longo do tempo. Por outro lado, visto que em grande parte dos casos em Portugal este tipo de habitação é secundária e instalada em terrenos rurais, certos equipamentos ou instalações poderão ter soluções alternativas mais adaptadas às diversas situações.

A maioria das empresas funciona com sistema chave-na-mão e como tal tratam de tudo desde o licenciamento ao fornecimento e montagem de todas as instalações e mesmo de afins equipamentos. Apresentam-se de seguida pormenores construtivos e algumas recomendações.

### 3.2.4.1. Electricidade

A nível da instalação eléctrica, as principais considerações a ter em conta relacionam-se com a colocação dos fios. Deve-se evitar sempre que possível a instalação da rede eléctrica nas paredes maciças. Para tal existem várias soluções que, em geral, se referem à sua instalação em estruturas constituídas por elementos leves e à base de materiais como painéis de madeira ou gesso cartonado, tal como as paredes divisórias de tabique, os tectos e o pavimento. Outra solução é optar pela passagem das ligações através de rodapés, de molduras no tecto ou pelo espaço livre nos aros das portas, como mostram as figuras 3.35 e 3.36.

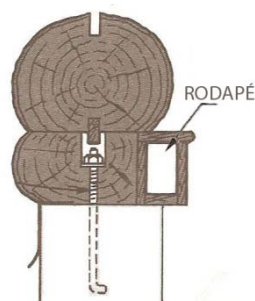


Fig.3.35 – Colocação da instalação eléctrica no rodapé [6]

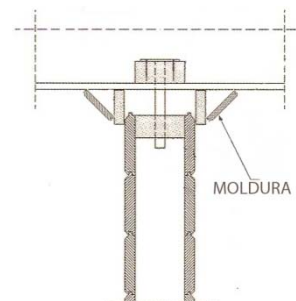


Fig.3.36 – Colocação da instalação eléctrica na moldura do tecto [3]

Quando for imprescindível a passagem da rede eléctricas por paredes maciças, esta deverá ser planeada com antecedência pois deve-se efectuar a furação tronco a tronco a quando da sua colocação. Esta solução não é muito aconselhada pois implica a abertura de rasgos nas paredes maciças o que pode enfraquecer as propriedades do muro dessa zona, nomeadamente as relacionadas com a resistência mecânica e o isolamento térmico e acústico (ver Figura 3.37- evitar esta situação).

A solução ideal para instalar tomadas e interruptores consiste na definição de rodapés, sancas e apainelados onde esses equipamentos sejam integrados ou simplesmente colocá-los à vista, garantindo que os fios ficam disfarçados na construção o melhor possível.

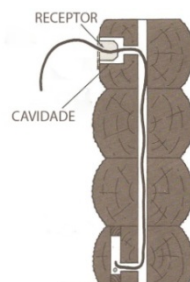


Fig.3.37 – Colocação da instalação eléctrica no interior da parede exterior [6]

Nos vários casos será conveniente seguir certos cuidados. Toda a rede eléctrica deve estar protegida das acções de assentamento e contracção das paredes devido à secagem dos toros. Uma medida é dar uma folga suficiente aos fios ao longo do seu traçado que permita acompanhar os movimentos de assentamento. Ao ligar os fios aos respectivos receptores deve-se deixar um comprimento extra de fio, cerca de 20 cm, bem como dobra-lo para que não possa ser puxado para fora. Os fios podem ser instalados ao longo dos elementos através de furações ou ancorados através de peças metálicas. Contudo, deve realizar-se o trabalho com cuidado para não fragilizar nenhum elemento estrutural. Os cabos devem ser fixos com intervalos regulares para não ficarem demasiado soltos [6].

Ao nível das instalações eléctricas, é fundamental a intervenção de coordenação do arquitecto de modo a que as redes possam ficar bem integradas e o mais possível mimetizadas na construção, de modo a não comprometer a qualidade estética global do espaço acabado. Neste domínio, assume particular relevância a questão da iluminação dos espaços.

#### 3.2.4.2. Águas e saneamento

O sistema de canalização para este tipo de habitação não é muito diferente duma habitação tradicional em alvenaria. Porém, existem duas diferenças importantes. A primeira tem a ver com a dificuldade de passar tubos através de paredes de madeira maciça, pelo que deve ser providenciada outra via de passagem, tal como o pavimento, tecto e nas paredes divisórias. Uma solução é possivelmente juntar o máximo possível de tubagem numa zona central, o que se pode traduzir em localizar a cozinha e a casa de banho lado a lado com uma conduta central de separação. Outra alternativa possível consiste em instalar a canalização de modo a que o assentamento e a retracção dos toros não causem danos à tubagem. Numa habitação de 2 andares as condutas terão em geral continuidade para o piso superior.

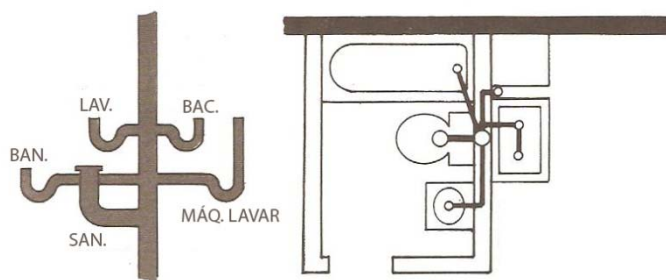


Fig.3.38 – Solução de tubagem central [6]

##### - Saneamento

Visto que o sistema de saneamento é de certo modo mais complicado e menos adaptável do que o de distribuição, será normalmente instalado em primeiro lugar.

O sistema deve descarregar as águas residuais adequadamente para prevenir que gases nocivos e perigosos se possam instalar na casa. O sistema consiste numa conduta central onde vários ramos afluem (figura 3.38). Visto que o sistema funciona por gravidade, todas as tubagens devem ser o mais verticais possível, ou com inclinação adequada, sempre muito reduzida.

Nas canalizações de saneamento as tubagens usadas são rígidas, sendo o material mais empregue o PVC. Visto que este material é rígido não consegue acompanhar os movimentos das paredes. Assim será de prever juntas de assentamento ao longo da canalização ou nas suas extremidades. Este cuidado deverá ser ainda maior no caso da tubagem ter de atravessar um pavimento para instalações num primeiro piso (fig. 3.39) ou uma cobertura, no caso da ventilação dos gases residuais (fig. 3.40).

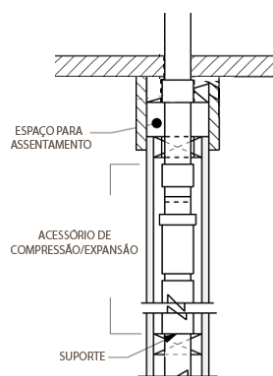


Fig.3.39 – Junta de assentamento com Acessório de compressão/expansão [21]

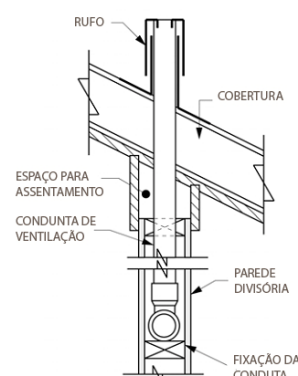


Fig.3.40 – Junta de assentamento cobertura para a ventilação [21]

#### - Distribuição de água

Depois de instalado o sistema de saneamento é bastante fácil criar o traçado do sistema de distribuição de água acompanhando o traçado do saneamento.

Actualmente, a maioria das canalizações de distribuição de água são construídas com material rígido como, o PVC, o cobre ou o aço inoxidável. Em todas as situações deve considerar-se o problema do assentamento. Nada impede a utilização de outros materiais, rígidos ou flexíveis como por exemplo o PEX. O estudo cuidadoso dos traçados das tubagens que minimize os impactos nos elementos estruturais em madeira maciça é um questão fundamental.

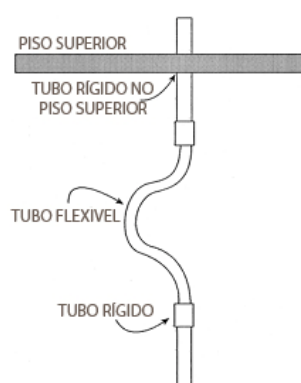


Fig.3.41 – Sistema de assentamento flexível [21]

### 3.2.4.3. Aquecimento

Hoje em dia existem diversos sistemas de aquecimento disponíveis, mas não há nenhum que se associe melhor do que o calor da madeira a arder para aquecer uma casa de madeira. Se por um lado é o que melhor se adapta, por outro também é aquele que mais problemas pode trazer. Pois quer seja uma lareira, um fogão a lenha ou uma caldeira, qualquer um deles, se mal instalado ou utilizado, pode aumentar muito os riscos de incêndio. Para diminuir o risco de incêndio certas regras devem ser cumpridas.

Num sistema de aquecimento a primeira tarefa a executar diz respeito à instalação da conduta de exaustão de fumos. Esta pode ser de dois tipos, uma chaminé de alvenaria em tijolos ou uma conduta metálica de aço inoxidável com dupla camada e isolamento. Uma chaminé em alvenaria leva mais tempo a instalar é mais difícil de manter limpa, sendo no entanto uma solução relativamente económica.

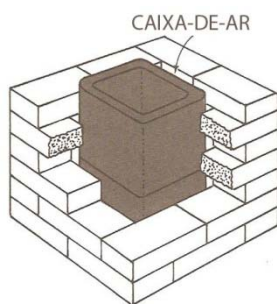


Fig.3.42 – Chaminé de alvenaria em tijolo [6]



Fig.3.43 – Chaminé em conduta metálica [6]

Uma conduta metálica, por outro lado é um sistema mais seguro porque é menos sujeito a deterioração. As condutas de parede dupla, têm uma conduta interna e uma externa de recobrimento em aço inoxidável de alta qualidade, espaçados com isolamento de fibra mineral. Outra vantagem deste sistema reside no facto de ser dotado de extremidades flexíveis que permitem movimentos de assentamento, criando uma coluna de protecção contínua e prevenindo criação de pontos quentes ou fugas, uma das maiores causas de incêndios. Também é aconselhável enclausurar toda a conduta de cima a baixo, de modo a protege-la de impactos associados a vandalismo ou ao uso corrente.

Outra preocupação a ter em conta, associa-se à necessidade de respeitar as normas relativamente à altura da conduta metálica ou chaminé, em relação ao telhado. Segundo o RGEU [10] as condutas de fumo elevar-se-ão, em regra, pelos menos, 0,50 m acima da parte mais elevada das coberturas do prédio e as bocas não deverão distar menos de 1,50 m de quaisquer vãos de compartimentos de habitação.

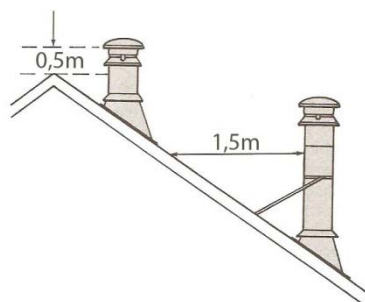


Fig.3.44 – Chaminé em conduta metálica [6]

#### 3.2.4.4. Rede de distribuição de gás

Os problemas existentes com a instalação da rede de gás, são os mesmo que já foram referidos nas instalações de distribuição de água e de saneamento, bem como as suas soluções. Contudo no caso específico da rede de gás, as consequências de uma instalação inadequada são muito graves, estando relacionados com a segurança das próprias pessoas. Por outro lado, a instalação de gás não tem que percorrer toda a casa, tem apenas que se ligar ao fogão e, se for esse o caso, ao esquentador, diminuindo assim bastante o risco de problemas na instalação.

#### 3.2.4.5. Ventilação

Uma adequada ventilação é um aspecto fundamental nas casas de madeira. A ventilação divide-se em dois tipos principais, a ventilação da envolvente exterior e a ventilação dos espaços interiores.

A ventilação da envolvente exterior relaciona-se principalmente com a necessidade de secagem rápida dos toros e outros elementos de madeira, de modo a impedir a fixação muito prolongada de humidade nos mesmos. Para tal uma boa concepção arquitectónica é essencial. Deve incluir pormenores construtivos tais como, a elevação da primeira fiada de toros, a existência de aberturas que permita a circulação de ar, na zona inferior ao rés-do-chão e na cobertura, entre outros (ver figura 3.23, 3.7 e 3.5)

A ventilação do espaço interior relaciona-se, por seu lado, mais com a qualidade do ar, ou seja, a diminuição do teor de humidade dentro da habitação e consequente diminuição das condensações, e a eliminação e/ou regularização de todas os constituintes prejudiciais no ar, como o dióxido de carbono, poeiras, etc. Para tal, temos meios de ventilação passiva através de uma correcta organização do espaço, das entradas e saídas de ar. E meios de ventilação activa, como os sistemas de ar condicionado e de exaustão.



# 4

## AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÓMICA – COMPARAÇÃO COM CASAS EM ALVENARIA

### 4.1. OBJECTO

Destina-se este capítulo a avaliar as características técnicas da solução em madeira maciça detalhada no capítulo anterior, com uma solução em alvenaria equivalente.

Com esse objectivo, no ponto 4.2 do presente capítulo apresenta-se uma breve caracterização do sistema construtivo em alvenaria, referindo-se sucintamente as principais diferenças e semelhanças com a solução em análise.

No ponto 4.3, faz-se a análise das diversas características que permitem avaliar a “performance” das soluções. Estas características dividem-se em três exigências principais: exigência de estabilidade; exigência de habitabilidade; exigência de durabilidade. Cada sub-exigência é apresentada e é feita a sua respectiva análise através de comparação das duas soluções ao nível de vantagens, desvantagens e recomendações.

As exigências consideradas e as regras que permitem avalia-las provêm de regulamentações e normas nacionais e europeias, entre as quais as normas ISO 6240, a legislação nacional [9], [10], [11], [12], e algumas especificações do LNEC.

De seguida no ponto 4.4 procede-se à análise económica, através de uma análise dos preços de casas de madeira maciça praticados no mercado e a sua comparação com a sua equivalente em alvenaria, bem como custos de manutenção ao longo da vida útil da habitação.

Por fim no ponto 4.5 faz-se uma análise global final dos elementos estudados e tiram-se conclusões.

### 4.2. CASA PADRÃO EM ALVENARIA DE COMPARAÇÃO

A casa em alvenaria que serviu de base de comparação tem uma tipologia equivalente à solução em estudo. Como tal, trata-se de uma habitação unifamiliar com uma área bruta de aproximadamente 180 metros quadrados repartidos em dois pisos. O piso térreo é constituído pela cozinha, salas de jantar, sala de estar, uma casa de banho e outros espaços comuns. O primeiro piso é formado por três quartos, duas casas de banho, sendo uma privativa e outra de uso comum a dois quartos.

Convirá desde já esclarecer que esta casa padrão não é uma casa em alvenaria resistente mas sim uma casa com uma estrutura de betão armado e alvenarias cerâmicas de preenchimento. Optou-se por designar esta casa por “Casa em alvenaria” por questões de simplificação de linguagem. A casa escolhida pretende ilustrar o tipo de sistema construtivo correntemente seguido na construção de

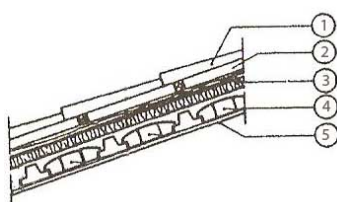
moradias isoladas de qualidade média ou superior para que a comparação efectuada com as casas de madeira possa ter assim uma maior representatividade.

#### a) Fundações e estrutura

As fundações são constituídas por sapatas isoladas e lintéis de fundação e a superestrutura por uma estrutura reticulada de betão armado e lajes aligeiradas.

#### b) Cobertura

A cobertura é formada por quatro águas as quais são constituídas por lajes aligeiradas inclinadas, com isolamento térmico em poliestireno, o ripado aplicado por cima onde se apoiam as telhas cerâmicas

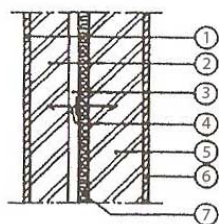


- 1 – Revestimento descontinuo (telha cerâmica) e estrutura de suporte;
- 2 – Espaço de ar fortemente ventilado;
- 3 – Isolante térmico;
- 4 – Estrutura contínua (laje aligeirada);
- 5 – Revestimento interior (estruque projectado);

Fig.4.1 – Esquema da cobertura

#### c) Envolvente exterior

Parede dupla de alvenaria de tijolo furado ,pano interior de 15 cm e exterior de 11 cm, e caixa de ar de 5cm parcialmente preenchida com isolamento térmico em poliestireno com 2 cm de espessura, fixado ao pano interior. É revestida exteriormente por reboco e interiormente por estuque projectado.



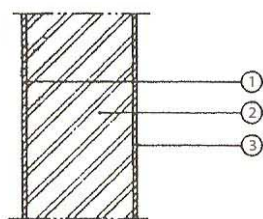
- 1 – Revestimento exterior (reboco);
- 2 – Pano exterior de alvenaria (tijolo furado 11cm);
- 3 – Caixa-de-ar;
- 4 – Estribo de ligação dos dois panos;
- 5 – Pano interior de alvenaria (tijolo furado 15cm);
- 6 – Revestimento interior (estuque projectado);
- 7 – Isolante térmico.

Fig.4.2 – Esquema das paredes de fachada

#### d) Compartimentação interior e revestimentos

As paredes interiores são constituídas por panos simples de alvenaria de tijolo furado de 11cm, com revestimento em estuque projectado dos dois lados.

O revestimento dos pavimentos será em soalho, com excepção da cozinha e das casas de banho. As paredes são revestidas a estuque projectado no interior e mosaicos na casa de banho e na cozinha. Os tectos podem ser em gesso projectado ou tectos falsos em gesso cartonado pintado.



- 1 – Revestimento exterior (reboco);
- 2 – Pano interior de alvenaria (tijolo furado 11cm);
- 3 – Revestimento interior (estruque projectado);

Fig.4.3 – Esquema das paredes interiores

### 4.3. ANÁLISE TÉCNICA

As exigências funcionais reportam-se ao adequado desempenho das actividades inerentes ao acto de habitar. O acto de habitar pode ser entendido como o resultado da apropriação quotidiana do espaço pelos seus ocupantes. O modo de ordenação dos espaços deve permitir o exercício diário das actividades domésticas desenvolvidas isoladamente ou em grupo restrito, de modo a responder adequadamente às exigências humanas em adequadas condições de conforto.

Assegurar a segurança e saúde dos cidadãos foi a principal razão para os países criarem normas técnicas e regulamentos para a habitação. Com o decorrer do tempo outras preocupações, como a economia de energia e a sustentabilidade começaram a ganhar relevo e a fazer parte das exigências a cumprir.

A avaliação da aptidão ao uso de uma habitação assenta na realização de ensaios, cálculos ou julgamentos de perito que permitam avaliar o nível de desempenho dos vários componentes que constituem a solução construtiva em estudo.

A solução deve ser sujeita a um conjunto de acções desse tipo e devem usar-se níveis de qualidade de referência definidos a partir de Regulamentos e normas que permitam servir de base de comparação a aplicar na avaliação do nível de desempenho da solução.

Para as exigências mais importantes e que se relacionam com a segurança, tais como as exigências estruturais, de segurança contra incêndio, higiene, saúde, ambiente e segurança na utilização existem normalmente regulamentos. Quanto aos restantes critérios de avaliação de desempenho a informação necessária deverá ser recolhida a partir de normas, especificações ou outros documentos de carácter pré-normativo.

Nos casos em que não existam estes documentos restará apenas a alternativa de recorrer a documentos de homologação, aprovações técnicas, relatórios ou pareceres sobre soluções concretas existentes no mercado, e a utilizar produtos certificados em que seja obrigatória a marcação CE dos materiais, componentes ou sistemas aplicados.

Quando se pretende comprovar a conformidade de um produto de construção com um determinado conjunto de normas ou especificações técnicas aplicáveis está-se perante um processo de certificação do produto. A certificação do produto deverá ser efectuada por um organismo independente acreditado para o efeito ou então pela própria empresa quando a auto-certificação é permitida.

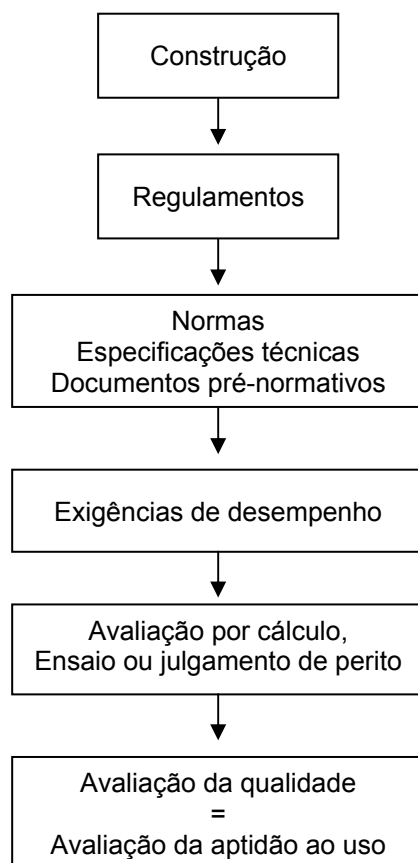


Fig.4.4 – Avaliação da qualidade de soluções construtivas [1]

A União Europeia tem feito um grande esforço de harmonização técnica com vista a permitir a livre circulação de produtos no seu território.

A Directiva dos Produtos de Construção (DPC) é o texto que regulamenta para aquela área a colocação nos produtos ou componentes de construção a citada marcação CE.

A declaração de conformidade CE e a certificação de conformidade CE distinguem-se da seguinte forma [1]:

- No caso da declaração de conformidade CE, no primeiro nível só intervém o fabricante, no segundo nível intervém o fabricante e um laboratório exterior aprovado e no terceiro nível o fabricante, um laboratório aprovado e um organismo exterior de inspecção.
- A certificação de conformidade CE é atribuída por um organismo especialmente acreditado para esse efeito que é incumbido de atestar a conformidade do produto certificado com as especificações técnicas aplicáveis. Os diplomas legais, associados à Directiva dos Produtos de Construção, especificam os procedimentos a seguir pelo fabricante e pelo organismo de certificação com vista à atribuição da certificação.

A declaração de conformidade CE ou a certificação de conformidade CE dão ao produto o direito de ser marcado com a marcação CE.

No presente estudo, a avaliação do desempenho diz respeito à comparação, em geral qualitativa, entre a solução em madeira maciça e a solução em alvenaria mais do que a comparação com níveis de referência dos regulamentos e normas aplicáveis.

Actualmente não existem regulamentos e normas específicas para as habitações em madeira maciça. Em Portugal, utilizam-se regulamentos mais abrangentes da habitação como o RGEU [10].

Existem actualmente alguns casos particulares de sistemas construtivos homologados, como a HONKA que possui a marcação CE e a Rusticasa que requereu a homologação ao LNEC.

Procede-se em segunda à análise e comparação das exigências apresentadas no Quadro 4.1, para as duas soluções alternativas atrás definidas.

Quadro 4.1 – Listagem das exigências em estudo

| <b>Tipos</b>                 | <b>Código</b> | <b>Exigência de desempenho</b>              |
|------------------------------|---------------|---------------------------------------------|
| Exigências de segurança      | 1             | Segurança estrutural                        |
|                              | 2             | Segurança contra riscos de incêndio         |
|                              | 3             | Segurança na utilização                     |
|                              | 4             | Segurança contra intrusão                   |
| Exigências de habitabilidade | 5             | Estanquidade à água                         |
|                              | 6             | Estanquidade ao ar                          |
|                              | 7             | Conforto Higrotérmico e poupança de energia |
|                              | 8             | Pureza do ar                                |
|                              | 9             | Conforto acústico                           |
|                              | 10            | Conforto visual                             |
|                              | 11            | Conforto táctil                             |
| Exigências de durabilidade   | 12            | Facilidade de limpeza e manutenção          |
|                              | 13            | Adaptação à utilização normal               |
|                              | 14            | Durabilidade                                |
|                              | 15            | Sustentabilidade dos edifícios              |

#### 4.3.1. SEGURANÇA ESTRUTURAL

As exigências de segurança estrutural estão relacionadas directamente com os elementos de construção primários. O edifício deverá ser concebido de modo a que possa garantir os estados limites últimos e os estados limites de utilização, isto é, condições correntes de serviço e as solicitações de ocorrência excepcional e de ocorrência accidental.

O edifício deve ser concebido de forma a resistir às solicitações de pesos próprios da construção, às sobrecargas de utilização e às solicitações climáticas correntes, típicas da região e local da construção. A acção do vento sobre as fachadas de um edifício pode, em determinadas situações de exposição e de altura, representar uma acção bastante gravosa, sobretudo sobre os panos de preenchimento.

#### 4.3.1.1. Segurança perante solicitações de ocorrência excepcional

Perante este tipo de solicitações, nomeadamente a ocorrência de sismos e de outras catástrofes naturais, o edifício deverá ser dimensionado de forma a que, mesmo na eminência de ruína, com a sua consequente inutilização, permita que os seus utentes possam ser evacuados sem correrem risco de vida.

Para que uma construção possua um bom comportamento quando sujeita à acção de um sismo, deverá ter ou muito elevada resistência mecânica, ou a capacidade de se deformar de forma controlada sem perder a sua integridade global ou local.

#### 4.3.1.2. Segurança perante solicitações de ocorrência accidental

Os elementos de construção das habitações deverão ser seleccionados e dimensionados de forma a resistirem a eventuais solicitações previsíveis, face a acidentes, como quedas de pessoas e objectos no uso corrente do espaço habitado, ou das operações de manutenção dos locais, implicando a deslocação de móveis e equipamentos, sem que provoquem danos que comprometam o aspecto visual e funcional dos elementos construtivos. A segurança dos habitantes não deverá ser afectada no caso de ocorrerem deformações excessivas ou colapso nos elementos de construção sujeitos a tais solicitações. Esta exigência aplica-se, essencialmente a pavimentos, escadas, coberturas e paredes internas e externas.

O RGEU [10] no seu art.º 128, menciona que as edificações deverão assegurar a sua solidez e não podem constituir perigo quer para a segurança pública quer para os seus ocupantes.

Para além das acções que podem ocorrer devido ao tipo de ocupação do edifício, devem também ser consideradas todas as acções que podem ocorrer por efeito de uso indevido ou fortuito (explosões, choques de viaturas, etc.). As paredes exteriores não podem, por questões de ordem económica, ser dimensionadas para resistir incólumes a estas acções. Contudo, os estragos não podem ser demasiado graves relativamente à causa que os provoca e à respectiva probabilidade de ocorrência. [14]

Não se deve porém esperar que a estrutura se mantenha resistente sob o efeito de acções extremamente violentas cujas probabilidades de ocorrência sejam extremamente baixas.

#### 4.3.1.3 Análise

As duas soluções em consideração têm sistemas estruturais completamente diferentes, como já foi referido em capítulos anteriores. A construção em madeira, à base de toros, assemelha-se à alvenaria resistente pois as paredes por si só são capazes de resistir às acções horizontais e verticais e transmitir as forças ao longo dos elementos até às fundações. Por seu lado a construção tradicional em alvenaria, é constituída por uma estrutura reticulada de betão armado que suporta todas as acções sendo as paredes materializadas com alvenaria que, teoricamente não realiza qualquer função estrutural.

A nível da estabilidade, considera-se que qualquer uma das soluções cumprirá os requisitos aplicáveis, pois são dimensionadas e projectadas de modo a cumprir as respectivas normas e regulamentos.

A segurança perante solicitações de ocorrência excepcional também é garantida nas duas situações. Porém, no caso específico dos sismos existem algumas considerações a ter em conta. Primeiro, quanto maior o peso próprio da estrutura maiores serão as solicitações gravíticas e sísmicas a qual estarão sujeitas as construções. Uma estrutura deverá ter sempre uma elevada resistência mecânica ou capacidade de se deformar sem perder a sua integridade.

Devido às propriedades mecânicas da madeira e à técnica de montagem, os troncos de madeira entrelaçados entre si funcionam como uma estrutura solidária robusta e consistente. As paredes interiores são montadas em simultâneo com as paredes exteriores, tornando a construção extremamente sólida e resistente aos abalos sísmicos. Assim uma casa de madeira pode resistir a sismos com intensidade de 8 na escala de Richter, sendo por isso considerada como uma construção anti-sísmica. Este comportamento resulta da sua elevada ductilidade e deformabilidade que aliás é um pressuposto inerente às suas próprias características devido aos permanentes movimentos de origem termo-higrométrica.

Uma casa de alvenaria também pode suportar esse nível de solicitação se for construída com os sistemas construtivos mais modernos, mas irá sofrer danos muito maiores, tanto ao nível da estrutura de betão como sobretudo ao nível das alvenarias de preenchimento. Por outro lado, em caso de desmoronamento são maiores os riscos de morte ou ferimentos graves numa casa em alvenaria por serem materiais muito mais pesados.

#### 4.3.2. SEGURANÇA CONTRA RISCOS DE INCÊNDIO

O edifício deve ser projectado de forma a facilitar a evacuação dos utentes num tempo aceitável, de modo a favorecer a intervenção dos bombeiros no seu combate, e ainda, limitar o risco de deflagração e propagação do incêndio, através de meios de combate ao fogo.

Assim, os elementos construtivos devem ser concebidos de forma a impedir a propagação do incêndio durante o maior período de tempo possível, que não poderá ser inferior aos limites fixados pela legislação.

O RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas) de 1951, foi o primeiro regulamento a trazer indicações sobre a segurança contra incêndios. Contudo, esta informação era genérica, não caracterizando de uma forma precisa as qualidades e resistências mínimas dos materiais ao fogo e apresentava lacunas num conjunto elevado de edifícios por não possuir regulamento específico para cada um.

No contexto de um movimento reformador, nasce o novo diploma que se traduz no Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndio. A regulamentação de segurança contra incêndios foi recentemente actualizada, tendo o diploma sido aprovado na generalidade em Reunião de Conselho de Ministros de 25 de Janeiro de 2007, adoptando o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e 2000/376/CE e 2003/629/CE, respeitantes ao sistema de classificação da resistência ao fogo [16]. O novo Regulamento Geral de SCIE será divulgado futuramente.

Este novo regulamento tem os seguintes objectivos:

- Assegurar a estabilidade dos edifícios por período de tempo determinado;
- Dificultar a propagação do fogo e do fumo no interior dos edifícios;
- Limitar a transmissão do fogo para os vizinhos;
- Possibilitar a evacuação dos edifícios em condições de segurança;
- Facilitar a intervenção dos serviços de socorro;

##### 4.3.2.1. Reacção ao fogo dos materiais de construção

Os materiais a serem sujeitos a ensaios para determinação a sua reacção ao fogo, dividem-se em quatro grupos [15]:

- Grupo A – materiais flexíveis de espessura não superior a 5 mm aplicados sem ligação superficial directa sobre um elemento de suporte (Ex: cortinados, reposteiros, cobertura de lona, etc.)
- Grupo B – materiais flexíveis de espessura superior a 5 mm ou materiais rígidos aplicados sem ligação superficial directa sobre um elemento de suporte (Ex: forros de tecto, tectos falsos, apainelados confinando espaços de ar, etc.);
- Grupo C – pinturas e revestimentos de paredes ou de tectos assentes em toda a sua extensão sobre o elemento de suporte;
- Grupo D – revestimentos de piso assentes, em toda a sua extensão, sobre o elemento de suporte;

Consoante os grupos a que os materiais pertençam, serão sujeitos a determinados tipos de ensaios, a executar de acordo com especificações do LNEC aplicáveis. Esses ensaios e a forma de os realizar, são iguais aos previstos pelas normas francesas.

Mediante o comportamento dos materiais durante esses ensaios, serão classificados da seguinte forma [9]:

- M0 – Materiais não combustíveis;
- M1 – Materiais não inflamáveis;
- M2 – Materiais dificilmente inflamáveis;
- M3 – Materiais moderadamente inflamáveis;
- M4 – Materiais facilmente inflamáveis.

Para além da reacção ao fogo dos materiais, existem também outros parâmetros muito importantes que permitiram determinar até que ponto, em caso de incêndio um material se vai comportar de uma forma mais ou menos inócua. Esses parâmetros são a produção de fumo e de gases que se analisam de seguida de forma mais desenvolvida.

#### - Produção de fumo

O incêndio provoca o desenvolvimento de fumo que contribui para parte da sinistralidade entre os residentes de um edifício. O fumo, ao provocar a desorientação das pessoas, pode em situações extremas, impossibilitar a fuga para o exterior.

Existem vários indicadores que, para determinado material e determinado local, traduzem o seu potencial desenvolvimento de fumo, tais como:

- obscurecimento da luz;
- densidade óptica do fumo;
- densidade unitária de fumo;
- visibilidade;
- potencial de fumo.

#### - Produção de gases

Os incêndios possuem como característica principal, o grande desenvolvimento de produtos gasosos tóxicos ou asfixiantes provenientes da combustão dos materiais utilizados no ambiente em que ocorre o fogo, causando a maioria das eventuais vítimas fatais do sinistro. É então importante que existam indicadores que quantifiquem a perigosidade de um material em caso de incêndio, tais como:

- Toxicidade de um ambiente;
- Índice de toxicidade de um material.

Estes parâmetros que são tão importantes em caso de incêndio (o fumo e os gases tóxicos são responsáveis por 80% das mortes), ainda não se encontram devidamente regulamentados e quantificados na generalidade dos actuais regulamentos nacionais contra incêndios.

#### 4.3.2.2. Resistência ao fogo de elementos de construção

A especificação do LNEC E364 [15], fixa os métodos de ensaio que permitem determinar a resistência ao fogo dos elementos de construção, e define os correspondentes critérios de classificação.

A resistência ao fogo dos elementos de construção, é enquadrada numa classificação que compreende três classes associadas à atribuição de resistência e dentro de cada classe, dez escalões de tempo. As classes de resistência ao fogo, são [15]:

- Classe EF (estável ao fogo) – aplicável a elementos a que se exigem somente funções de suporte (inclui também a exigência de estabilidade ao fogo). Considera-se que se dá o esgotamento da capacidade resistente de um elemento construtivo, quando as flechas ou extensões de encurtamento desse elemento, sujeito a determinadas temperaturas, excedem valores limite descritos na especificação do LNEC;
- Classe PC (pára-chamas) – aplicável a elementos a que se exigem funções de compartimentação no que respeita apenas à estanquidade às chamas. Considera-se a perda de estanquidade dos elementos pára-chamas, quando a perda de estanquidade ao fogo, à emissão de gases quentes e de gases combustíveis se verificam de acordo com os procedimentos da especificação do LNEC;
- Classe CF (corta-fogo) – aplicável a elementos a que se exigem funções de compartimentação no que respeita tanto à estanquidade às chamas como ao isolamento térmico (inclui também a exigência de estabilidade ao fogo). A perda de isolamento térmico dá-se quando a temperatura do elemento na face oposta ao fogo, excede os valores descritos na especificação acima mencionada.

Os escalões de tempo associados a cada classe de resistência ao fogo, são [15]:

|                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 0 (inferior a 15 min) | 90 (90 a 119 min)                 |
| 15 (15 a 29 min)      | 120 (120 a 179 min)               |
| 30 (30 a 44 min)      | 180 (180 a 239 min)               |
| 45 (45 a 59 min)      | 240 (240 a 359 min)               |
| 60 (60 a 89 min)      | 360 (igual ou superior a 360 min) |

Os escalões são definidos pelos limites inferiores dos intervalos acima indicados.

Elementos construtivos que abranjam mais do que uma classe de resistência ao fogo com vários escalões de tempo para cada classe, são classificados pela sua classe mais abrangente e pelo menor escalão de tempo [15].

Por exemplo, um pavimento de resistência ao fogo igual a 65 min por perda de estanquidade, igual a 100 min por perda de isolamento térmico e igual a 132 min por esgotamento da capacidade resistente, é da classe CF 60.

Da consulta da legislação de segurança contra incêndio nomeadamente do Regulamento de Segurança Contra Incêndio [9], sintetizam-se no Quadro 4.2 as exigências mínimas a que as paredes exteriores dos edifícios deverão obedecer.

Quadro 4.2 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de habitação deverão obedecer [9]

| EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO |               |                 |                   |              |
|------------------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------|
|                        | Unifamiliares | Multifamiliares |                   |              |
|                        |               | Altura ≤ 9m     | 9m ≤ Altura ≤ 28m | Altura > 28m |
| Função de suporte (1)  | EF 30         | EF 30           | EF 60             | EF 90        |
| Revestimento exterior  | M3            | M3              | M2                | M1           |
| Caixilharias e estores | M3            | M3              | M3                | M2           |
| Empenas                | CF 60         | CF 60           | CF 60             | CF 90        |

(1) - Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente

Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.

#### 4.3.2.3 Análise

A segurança contra riscos de incêndio é certamente aquela exigência que traz as maiores preocupações no caso das casas de madeira. Isto traduz de certo modo o medo assumido pelas pessoas em relação à utilização da madeira como material de construção ao contrário da sensação de segurança total ao fogo transmitida pelo uso do betão e do tijolo na construção. Esta ideia vem em grande parte, de um total desconhecimento dos processos de produção da madeira empregue na construção, assim como da imagem das casas em madeira como se tratassem de construções de carácter temporário tais como estaleiros ou armazéns, onde as questões relacionadas com a segurança e conforto desvalorizadas e muitas vezes negligenciadas.

Segundo a classificação dos materiais em relação à reacção ao fogo, a madeira apresenta categorias mais desfavoráveis quando comparada com materiais mais tradicionais, como indicado a seguir [13]:

- Betão, fibrocimento e argila expandida – M0
- Madeiras e derivados de madeira (não tratada) – M3-M4
- Metais e ligas metálicas – M0
- Produtos cerâmicos – M0

Todavia não se pode ter em consideração apenas este factor. Segundo a APA (American Plywood Association, 1983), “O primeiro passo para se projectar ou se construir uma habitação protegida de incêndios é reconhecer simplesmente que não existe nenhum prédio à prova de fogo. Todos os objectos internos do edifício queimam e os fumos e o calor gerados podem causar danos à edificação e perda de vidas, independentemente do material ou dos revestimentos e acabamentos utilizados”.

Estatisticamente, a probabilidade de uma casa de madeira se incendiar é a mesma de uma casa em alvenaria. Na verdade, os principais alimentadores das chamas em caso de incêndios em residências não são as paredes, mas sim as peças de mobiliário e decoração, normalmente compostas por materiais pouco densos e de fácil combustão (madeiras "macias", tecidos, espumas etc.). Tal como uma casa de alvenaria uma casa de madeira jamais pegará fogo sem que algo, em geral pertencente ao recheio da casa ou à suas instalações, desencadeie um processo importante de combustão.

Em caso de incêndio, a madeira apresenta um bom desempenho quando comparada com outros materiais estruturais. A combustão ocorre à volta dos 280°C. Porém mesmo que a temperatura atinja os 1000°C, as peças de madeira não sofrem uma rotura súbita sob acção das chamas pois formam uma camada de carvão isolante que impede a saída de gases inflamáveis e a propagação de calor para o seu

interior, associada à velocidade de carbonização média que é muito lenta, (cerca de 0,63 mm/min), o que justifica a sua capacidade em manter a sustentação estrutural mesmo após terem sido expostas a altas temperaturas, permitindo assim a evacuação em segurança das pessoas ou até mesmo retirada de bens móveis.

Se o incêndio for travado a tempo e os elementos estruturais tiverem capacidade resistente suficiente, a madeira que queimou por fora pode ser recuperada por um simples processo de decapagem e nova aplicação de verniz. Uma casa nestas condições poderá estar pronta a habitar poucos dias, sem necessidade de ser reconstruída. Convém alertar para o facto de esta questão ser difícil pois implica a produção elevada de resíduos muito finos no ar.

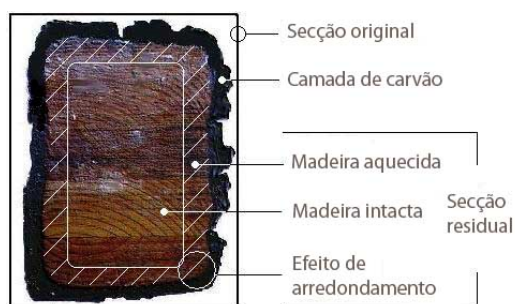


Fig.4.5 – Processo de carbonização de uma viga de madeira [14]

Pelo contrário num incêndio onde as temperaturas atinjam os 1000°C, o que se verifica nas peças metálicas é que vêm a sua resistência diminuída em 50%, em torno de temperaturas da ordem de 500° a 700°C. Também o betão a 540°C perde 90% da sua resistência à compressão e o alumínio perde totalmente a sua resistência aos 200°C, fundindo aos 600°C. [14]

Segundo o Quadro 4.2 as paredes de fachada de uma habitação unifamiliar devem ter uma classificação de resistência ao fogo CF 60. Na solução em alvenaria, o pano exterior de 11cm cumpre exactamente essa classificação como se pode ver pelo Quadro 4.3. Por outro lado, testes efectuados pelo Instituto Governamental de Pesquisa na Finlândia, segundo as normas ISO 834, em paredes de toros maciços manufacturados pela Honka, mostram que toros rectangulares com 140mm de espessura mantiveram os requisitos de segurança durante 90 minutos.

Quadro 4.3 – Resistência ao fogo paredes de tijolo [13]

| Resistência ao fogo | Tijolos furados |    | Tijolos maciços ou perfurados |    |
|---------------------|-----------------|----|-------------------------------|----|
| CF 30               | 7               | -  | -                             | -  |
| CF 60               | 11              | 7  | 7                             | -  |
| CF 90               | 15              | 11 | -                             | 7  |
| CF 120              | -               | 15 | 11                            | -  |
| CF 180              | 22              | -  | -                             | 11 |
| CF 240              | -               | 22 | 22                            | 22 |

Nota: Espessura das paredes sem revestimentos;

Dada a forma como as casas em alvenaria são construídas actualmente, recorrendo à utilização de estruturas metálicas ou aço em betão armado, em geral, mal protegidos, sucede que, devido às elevadas temperaturas, o ferro dilata e provoca rachaduras e fissuras nas paredes, acabando as mesmas por colapsar, provocando danos elevados e irreversíveis. A figura 3.2 representa uma estrutura em aço que se deformou completamente e colapsou, enquanto que a viga de madeira ainda sustenta cargas mesmo após o contacto com o fogo em altas temperaturas.



Fig.4.6 – Vigas de madeira e aço após um incêndio [14]

Segundo várias estatísticas tem-se demonstrado que os fumos produzidos pelos fogos são responsáveis por mais de 80% das mortes em incêndios. Os seus efeitos podem levar a sérias lesões no sistema respiratório e olhos. Além disso, os efeitos da fumaça estão associados ao pânico e à apreensão, à redução da capacidade de raciocínio e a uma muito maior vulnerabilidade a fatalidades.

Se a combustão da madeira for completa, os únicos produtos libertados, além de calor e luz, serão dióxido de carbono e água. Os resíduos da combustão incompleta dos materiais são os responsáveis pela libertação de gases tóxicos como o monóxido de carbono, metano, ácido fórmico e hidrocarbonetos. [14]

Contudo a percentagem destes gases libertados pela madeira é bastante menor do que no caso de um incêndio numa casa de alvenaria, o que permite dar às casas de madeira uma boa nota na classe de resistência ao fogo. Convém, no entanto, referir que um incêndio numa casa de troncos de madeira, embora geralmente não implique perdas de vida, conduz à destruição total da casa.

Para melhorar o comportamento da madeira aos incêndios, o uso de retardadores é recomendado.

#### 4.3.3. SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO

O contacto entre os utentes de um edifício e as superfícies das paredes não deve originar ferimentos naqueles. Desta forma, a existência de arestas cortantes, de rebarbas e de saliências perigosas, deve ser banida. A rugosidade das superfícies não pode provocar lesões por atrito.

Deve assegurar-se a segurança dos utentes ao nível da circulação na habitação e nos respectivos acessos, evitando superfícies escorregadias, ressaltos no pavimento e a existência de elementos da

própria construção ou das instalações especiais, que sobressaíam dos tectos ou paredes a uma altura inferior à altura normal dos utilizadores.

Deve ainda prevenir-se a queda em altura a partir de andares elevados, instalando protecções ao nível da fachada, peitoris de janelas e guardas das varandas.

#### 4.3.3.1. Análise

Relativamente à segurança na utilização, considera-se que ambas respeitam as regras de segurança, não sendo uma exigência que depende do tipo de construção mas sim do seu projecto e da qualidade geral das construções. Contudo, uma casa de madeira deverá ter acabamentos mais cuidados para que todos os elementos sejam correctamente polidos e que não haja a criação de rebarbas que possam causar lesões nos utentes.

#### 4.3.4. SEGURANÇA CONTRA INTRUSÃO

A exigência de segurança contra intrusão diz respeito à dificuldade com que pessoas, animais e insectos conseguem introduzir-se no interior da habitação. No caso da intrusão de pessoas esta questão prende-se mais com os vãos, nomeadamente portas, janelas e outros acessos. Também se deve ter em conta a dificuldade de corte ou de arrombamento das paredes.

##### 4.3.4.1. Análise

As casas de madeira têm muitas vezes associado um receio de segurança contra a intrusão, mais especificamente de invasões de pessoas alheias, devido à ideia pré-concebida de fragilidade deste tipo de construção e sobretudo porque a grande maioria destas casas são apenas utilizadas para fins-de-semana ou férias, encontrando-se vazias durante grande parte do ano. Na realidade é tão fácil ou tão difícil penetrar através de uma parede de madeira como uma equivalente realizada com argamassa e tijolos. A segurança reside nas portas, janelas e outros acessos e as regras são válidas para qualquer tipo de construção. Aliás uma parede de toros de madeira apresenta uma maior resistência ao choque do que uma alvenaria tradicional de preenchimento em tijolos de barro vermelho furados. Além disso, a intrusão por corte é ainda mais complicada em toros de madeira.

Para além da intrusão de pessoas, a intrusão de animais e insectos é assegurada e semelhante nas duas soluções, as casas de madeira poderão ter mais aberturas devido a questões de ventilação, mas estas estarão normalmente convenientemente protegidas com grelhas, telas mosquiteiras ou outro tipo de protecções adequadas.

#### 4.3.5. ESTANQUIDADE À ÁGUA

##### 4.3.5.1. Estanquidade à água das janelas

A estanquidade à água deve ser verificada tanto nas janelas como nas paredes. Nas janelas considera-se que devem permanecer estanques à água, quando sujeitas à acção simultânea do vento e da chuva em condições correntes. Em condições meteorológicas de excepção, definidas por exemplo em directivas UEAtc, é possível admitir a infiltração de água, mas sempre com um caudal reduzido.

Dependendo das características de estanquidade à água, as janelas, podem ser classificadas em quatro categorias, E1, E2, E3 e E4, por ordem crescente de estanquidade. As classes de estanquidade à água têm os seguintes limites de gradiente de pressão de ensaio (em Pa) [17]:

Quadro 4.4 – Classificação da estanquidade à água das janelas [17]

| Limites pressão (Pa)                              |                                                   | Classificação |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|
| $Q_{\max}=33 \text{ (m}^3\text{/(h.m}^2\text{))}$ | $Q_{\max}=10 \text{ (m}^3\text{/(h.m}^2\text{))}$ |               |
| $P_{0,33} \leq 50$                                | $P_{0,10} \leq 150$                               | E1            |
| $50 \leq P_{0,33} \leq 150$                       | $150 \leq P_{0,10} \leq 300$                      | E2            |
| $150 \leq P_{0,33} \leq 300$                      | $300 \leq P_{0,10} \leq 500$                      | E3            |
| $300 \leq P_{0,33} \leq 500$                      |                                                   | E4            |

#### 4.3.5.2 Estanquidade à água das paredes

A estanquidade das fachadas depende dos mecanismos de penetração de água líquida nos materiais de construção. Existem quatro fenómenos físicos que agindo isolada ou simultaneamente, permitem que a água penetre e se difunda nos materiais usados na construção:

##### - Gravidade

Define-se como a força que a gravidade exerce sobre as gotas de água dispostas nas superfícies dos elementos construtivos. Essa força fará com que haja penetração de água nos elementos construtivos com fissuras superiores a 0,5 mm. Para larguras inferiores, a tensão superficial das gotas não permite a penetração [19].



##### - Energia cinética das gotas da chuva

Transportadas pelo vento, as gotas da chuva podem no seu trajecto armazenar energia suficiente para penetrarem no interior das paredes sobre as quais são projectadas.

##### - Pressão do vento

Assim que a chuva atinge com abundância uma parede constituída por um material pouco permeável acaba por rolar sobre a superfície dessa parede. Na ausência de vento, o filme de água desliza sobre as pequenas fissuras sem penetrar a parede.

Logo que esse filme seja sujeito à acção do vento, a água penetrará na parede mesmo que as fissuras à superfície sejam extremamente finas. Este fenómeno acontece para fissuras de largura superior a 0,1 mm. Se a chuva, animada pelo vento, não encontra fissuras de largura suficiente, rola ao longo do paramento sobre o qual é projectada.

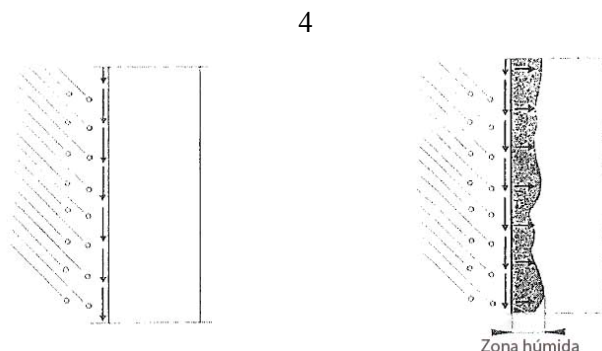


Fig.4.8 - Penetração da água da chuva em paredes devido ao fenómeno da energia cinética [19]

#### - Capilaridade

Os materiais de construção comportam quase todos na sua massa vazios sob a forma de pequenos canais ou de poros fechados.

A movimentação da água no interior dos materiais é fortemente condicionada por três parâmetros que caracterizam a sua estrutura. A porosidade, a porometria e a capilaridade.

A porosidade que se exprime pela percentagem do volume de vazios de material em relação ao seu volume aparente, varia consoante os materiais. A porometria de um material traduz a repartição dos poros abertos em função das suas dimensões. Um material com porosidade superior a um outro pode, no entanto, apresentar um tempo inferior para a penetração de água. A capilaridade consiste assim na faculdade que os materiais possuem de, sob efeito de pressões capilares, absorverem, transportarem e reterem líquidos nos seus vazios.



Fig.4.9 – Porosidade de um material [19]

#### - Efeitos do clima na humificação e secagem das paredes

A acção da chuva sobre fachadas faz-se sentir essencialmente quando acompanhada de vento. Quanto maior for a intensidade do vento, maior será a componente horizontal da chuva, aumentando a acção

de molhagem e o risco de humedecimento dos paramentos interiores. Outra consequência da humedificação das fachadas consiste na diminuição da resistência térmica das mesmas, contribuindo para o agravamento dos fenómenos de condensações.

A humidade resultante da acção da chuva, verificada nos paramentos interiores, traduz-se no aparecimento de manchas na altura das chuvas desaparecendo normalmente nos períodos secos. Estas manchas são habitualmente acompanhadas pela formação de bolores, eflorescências e criptoflorescências.

#### 4.3.5.3. Análise

A penetração de água para o interior da habitação pode realizar-se tanto através da envolvente estrutural, fachadas e cobertura, como pelas aberturas existentes, janelas e portas. No entanto, as características das janelas e das portas são independentes da habitação e dependem apenas da qualidade dos elementos instalados, nomeadamente das caixilharias. Por norma, as janelas e portas são projectadas e executadas de modo a assegurar a estanquidade e a impedir o empoçamento da água. O bom desempenho é conseguido através dos batentes, dos vidros e de juntas à prova de vazamento.

Relativamente à infiltração de água pela envolvente estrutural, fachadas e cobertura, considera-se que a probabilidade de ocorrência numa casa de madeira é a mesma que numa casa em alvenaria, ou seja, não depende do material de construção utilizado mas sim da correcta execução dos detalhes construtivos. Na cobertura, depende do uso de telhas de boa qualidade, da boa aplicação de calhas e rufos nos locais indicados, da colocação de camada impermeabilizante entre outras. Nas fachadas, devem existir protecções, tais como beirados, soleiras, ressaltos e outros detalhes construtivos que evitem os excessos de água de chuva que se formam na superfície das fachadas e que, na medida do possível expulsem a água rapidamente para o exterior das habitações, afastando-as rapidamente da envolvente mesmo ao nível do solo envolvente.

A madeira, na presença da humidade, perde a consistência e aumenta de volume podendo rachar, soltar-se ou apodrecer. Como tal devem ser tomadas precauções extras, tal como o tratamento da madeira com acabamentos repelentes à água para promover a protecção antes e após a colocação na obra, larguras de beirados superiores para protecção contra chuva incidente e a acção directa do sol, manta impermeável entre os toros e a fundação para impedir a subida de água por capilaridade e todo um conjunto de medidas descritas genericamente no capítulo 3.

As fachadas modernas em alvenaria também são susceptíveis à penetração da água da chuva. As paredes são sensíveis às vibrações dos equipamentos internos podendo provocar a fissuração das juntas. Comparando as paredes de madeira com as de alvenaria verifica-se que as paredes de madeira têm uma menor capacidade de “respirar” e consequentemente uma menor liberdade de perda por evaporação das quantidades de água absorvidas durante as tempestades.

#### 4.3.6. ESTANQUIDADE AO AR

A estanquidade ao ar é um dos parâmetros de elevada importância para o conforto interior do edifício. Este parâmetro deverá ser controlado de forma a:

- a) Reduzir as perdas de calor, minimizando a potência da instalação de aquecimento e o consumo de energia associado;
- b) Evitar as correntes de ar frio.

#### 4.3.6.1 Estanquidade ao ar das janelas

Por convenção, parte-se do princípio que a permeabilidade ao ar da janela deve ser limitada de forma a não permitir uma a duas renovações naturais do ar, por hora. O valor de uma renovação de ar por hora corresponde aos seguintes caudais por unidade de área móvel da janela (supondo que esta não é superior a 15 % da área do compartimento onde está instalada e que o pé-direito não é inferior a 2,70 m):

- 20 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) para a velocidade do vento excedida apenas 2% do tempo (e que é superior, portanto, à velocidade do vento observada durante os restantes 98% do tempo);
- 10 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) para a velocidade do vento excedida apenas 10% do tempo;

Estes dois limites, de acordo com alguns autores, devem ser respeitados simultaneamente. No caso de edifícios em que a ventilação é assegurada por dispositivos mecânicos, é conveniente reduzir a eventual interferência das infiltrações e exfiltrações de ar e reduzir o caudal de ventilação natural. Atendendo a que existe uma relação directa entre velocidades do vento e pressões por este exercidas sobre os edifícios, assumiu-se que, para a classificação e selecção de janelas relativamente a este critério, os valores das pressões limite (em Pa) para cada classe são indicados no Quadro 4.5, respectivamente para os caudais máximos de 10 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) e de 20 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) [17].

Quadro 4.5 – Classificação da estanquidade ao ar das janelas [17]

| Limites pressão (Pa)                                       |                                                            | Classificação |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------|
| Q <sub>max</sub> =10 (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )) | Q <sub>max</sub> =20 (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )) |               |
| P <sub>0,10</sub> ≤ 9                                      | P <sub>0,20</sub> ≤ 25                                     | A1            |
| 9 ≤ P <sub>0,10</sub> ≤ 35                                 | 25 ≤ P <sub>0,20</sub> ≤ 100                               | A2            |
| P <sub>0,10</sub> > 35                                     | P <sub>0,20</sub> > 100                                    | A3            |

As janelas são assim classificadas em três categorias, A1, A2 e A3, por ordem crescente de estanquidade. As janelas cuja permeabilidade ao ar seja inferior ao máximo especificado para a classe A1 não são classificadas.

#### 4.3.6.2 Estanquidade ao ar das paredes

Tal como na estanquidade à água, a estanquidade ao ar é normalmente cumprida nas duas soluções, considerando uma qualidade de construção razoável em ambos os casos.

#### 4.3.6.3. Análise

Tal como no ponto anterior referente à estanquidade à água das janelas, a estanquidade ao ar das janelas não é um ponto aplicável de comparação entre os dois tipos de habitação, pois depende apenas da qualidade das janelas utilizadas. É uma qualidade intrínseca das janelas que não depende do tipo de construção.

No que se refere às paredes, o problema já é bem diverso pois pode constituir um defeito corrente das construções em madeira, na existência de aberturas importantes e grande número de juntas existentes

(toro-toro; toro-aro; aro-vão; topo de parde-cobertura). Pode assim concluir-se que, no que se refere a este critério, as construções em madeira são bastante mais fracas, obrigando a uma cuidada execução, à aplicação generalizada de vedantes de junta e à colmatação de todas as juntas no final do período de secagem, que demora em geral um ano para além do fim de montagem.

#### 4.3.7. CONFORTO HIGROTÉRMICO E POUPANÇA DE ENERGIA

##### 4.3.7.1. Conforto térmico

A temperatura interna do corpo humano é relativamente constante e este não possui capacidade de armazenamento de calor. A energia que produz é dissipada. A sensação de conforto térmico é óptima, quando a produção de calor interno é igual à perda térmica do corpo. O balanço entre as duas depende de sete parâmetros dos quais três se relacionam directamente com o indivíduo (metabolismo vestuário e temperatura da pele) e os restantes como o ambiente circundante (temperatura do compartimento, humidade relativa, temperatura superficial das paredes e de outras superfícies do compartimento, e velocidade de deslocamento do ar). [20]

Para que se mantenha o equilíbrio térmico entre o indivíduo e o meio que o circunda, o organismo pode ter necessidade de se socorrer de um mecanismo designado de termoregulação. Se ocorrer uma diminuição da temperatura da pele, dá-se a correspondente diminuição do diâmetro dos vasos sanguíneos nas zonas superficiais, reduzindo assim a libertação de calor (arrepios ou aumento de actividade). Se o corpo tiver necessidade de libertar calor em ambientes quentes, dá-se um aumento de diâmetro dos vasos sanguíneos superficiais acompanhado normalmente de transpiração (a evaporação consome calor diminuindo assim a temperatura superficial do corpo).

O conforto térmico mais elevado é atingido quando existe um estado de equilíbrio térmico, sem a necessidade de pôr em funcionamento os mecanismos de termoregulação. A equação geral que rege o processo termodinâmico de trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente é a seguinte [13]:

$$S = M - (\pm W) \pm E \pm R \pm C \quad (4.1)$$

em que:

S — acumulação de calor no corpo (proporcional à taxa de variação no tempo da temperatura média do corpo,  $\Delta\theta/\Delta t$ );

M — taxa de metabolismo (proporcional ao consumo de oxigénio);

E — perdas de calor por evaporação;

R — trocas de calor por radiação;

C — trocas de calor por convecção;

W — energia correspondente ao trabalho mecânico realizado.

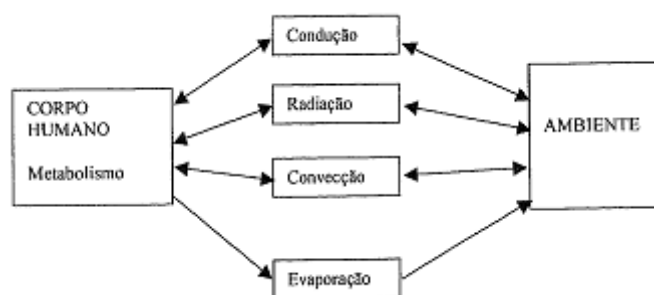


Fig.4.10 – Trocas de calor do corpo humano com o ambiente [13]

#### 4.3.7.2. Zonas opacas

A envolvente dos edifícios pode perder calor devido a fenómenos de transmissão de calor por condução, convecção ou radiação. Estas perdas, durante as estações mais frias, devem ser minimizadas para que os ganhos solares e o aquecimento originado pelos sistemas auxiliares de aquecimento se mantenham o maior tempo possível retidos dentro do edifício.

Durante o Verão, o sentido do fluxo de calor por condução faz-se do exterior do edifício para o seu interior. Interessa minimizar este fluxo de forma a que o dispêndio com o arrefecimento seja também o menor possível.

O isolamento térmico serve de barreira ao fluxo de calor por condução. Os materiais escolhidos com esta finalidade, devem possuir uma condutividade térmica baixa. O melhor material isolador, é o ar quando mantido encerrado e seco.

#### 4.3.7.3. Isolamento térmico

O Regulamento Geral de Edificações Urbanas [10], devido à sua antiguidade, não especifica quantitativamente os isolamentos térmicos das fachadas referindo apenas que as paredes das edificações deverão ser constituídas tendo também atenção às variações de temperatura.

Com a publicação em 1990 do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, preencheu-se uma grande lacuna até aí existente de forma a tornar os edifícios mais confortáveis e energeticamente mais eficientes. A actualização em 2006 veio elevar ainda mais o nível de exigência do RCCTE [12].

Naquele novo regulamento, o país é dividido em três zonas climáticas de Inverno e em três zonas climáticas de Verão. As regiões autónomas dos Açores e da Madeira pertencem às zonas II-VI.

Denomina-se coeficiente de transmissão térmica (U) dum elemento construtivo, a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. Apresentam-se de seguida alguns valores correntes do parâmetro U ( $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ):

U = 0,1 – 0,2 para soluções não correntes com muito elevado isolamento

U = 0,7 – 1,3 para soluções de paredes simples de madeira;

U = 0,3 – 1,5 para alvenarias de tijolo;

O inverso do coeficiente de transmissão térmica designa-se coeficiente de resistência térmica ( $1/U$ ). Para se avaliar a resistência térmica duma parede, calcula-se separadamente a resistência térmica de cada elemento, considerando-se como tal o espaço de ar eventualmente intercalado, adiciona-se ainda, para cada elemento, um valor fixo correspondente ao efeito parede. Este, que é independente da espessura, tem normalmente o valor 0,2. A resistência térmica dos espaços não ventilados,  $R_{ar}$ , para paredes é considerada no cálculo da transmissão térmica e é apresentada no Quadro 4.6, baseado no RCCTE [12] e vem em função da espessura e do sentido do fluxo de calor.

Quadro 4.6 – Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados [12]

| Sentido do fluxo de calor | Espessura do espaço de ar (mm) | Resistência térmica $R_{ar}$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Horizontal                | 5                              | 0,11                                                    |
|                           | 10                             | 0,15                                                    |
|                           | 15                             | 0,17                                                    |
|                           | De 25 a 100                    | 0,18                                                    |

O valor das resistências térmicas superficiais em função da posição dos elementos construtivos para paredes segundo o RCCTE [12] apresenta-se no Quadro 4.7.

Quadro 4.7 – Resistências térmicas superficiais [12]

| Sentido do fluxo de calor | Resistência térmica Superficial ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) |                             |                   |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
|                           | Exterior $R_{se}$                                          | Local não aquecido $R_{se}$ | Interior $R_{si}$ |
| Horizontal                | 0,04                                                       | 0,13                        | 0,13              |

O coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , de elementos compostos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pela seguinte fórmula [12]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad (4.2)$$

em que:

- $U$  — coeficiente de transmissão térmica da parede ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ );
- $R_j = d_j / \lambda_j$  — resistência térmica da camada  $j$  ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ );
- $d_j$  — espessura da camada  $j$  (m);
- $\lambda_j$  — condutibilidade térmica da camada  $j$  ( $W/m \cdot ^\circ C$ );
- $R_{si}$ ,  $R_{se}$  — resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ );

#### 4.3.7.4. Pontes térmicas

Onde o isolamento térmico não é contínuo em toda a superfície da fachada ou a sua resistência térmica é altamente diminuída por razões de ordem estrutural ou de outra ordem, ou ainda por modificação de geometria da envolvente, o coeficiente de transmissão térmica aumenta bastante. Este fenómeno caracteriza-se pela descida da temperatura superficial da fachada nesses locais (quando a temperatura exterior é inferior à interior nos compartimentos). Este fenómeno, em locais de construção, designa-se por pontes térmicas.

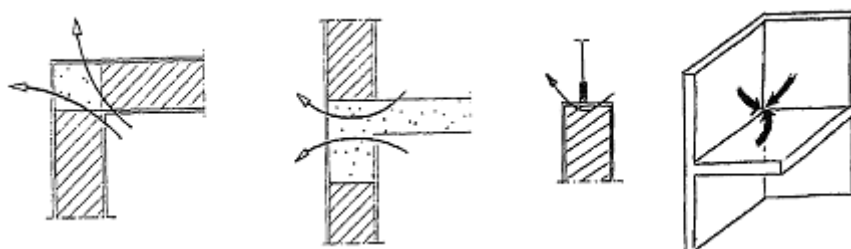


Fig.4.11 – Exemplos de pontes térmicas [13]

A existência localizada de materiais de diferentes condutibilidades térmicas ou ligações entre diferentes elementos construtivos são, na maior parte das situações, os responsáveis pelas patologias associadas às pontes térmicas.

O inconveniente das pontes térmicas reside nos seguintes factores principais [13]:

- a) Acréscimo de perda térmica para o exterior
- b) Agravamento do risco de condensações superficiais
- c) Possibilidade do desenvolvimento de bolores
- d) Heterogeneidade de temperaturas

Apresentam-se, em seguida, algumas considerações sobre cada um destes quatro tipos de patologias.

A perda de calor pelas pontes térmicas é na construção tradicional portuguesa, bastante considerável. Assume especial relevo quando, estando as fachadas tratadas existe interrupção do isolamento nos elementos estruturais.

Como a temperatura superficial dos elementos correspondentes às pontes térmicas é, no Inverno inferior à zona corrente da parede, para determinadas temperaturas do interior e do exterior e para determinada humidade relativa do ar do compartimento, as condensações ocorrem mais rapidamente nos locais referentes às pontes térmicas.

As condições necessárias para a formação de bolores são para além de outras a presença de humidade.

A presença de bolores está ligada a problemas de saúde relacionados com problemas respiratórios.

A heterogeneidade das temperaturas pode provocar aparecimento de manchas resultantes da deposição desigual do pó nas várias zonas da superfície interior da envolvente, alterações diferenciadas de tintas e revestimentos, e eventual fissuração nas junções de materiais diferentes.

#### 4.3.7.5. Inércia térmica

Uma das principais causas de desconforto ambiental corresponde às frequentes variações de temperatura a que o corpo humano tem continuamente de se adaptar. Estas variações podem ser fortemente atenuadas pela inércia térmica das fachadas dos edifícios.

O termo “inércia térmica” refere-se ao comportamento dos edifícios submetidos a um regime térmico variável. A inércia térmica descreve a reacção do interior do edifício às oscilações do fluxo de calor em torno da sua média diária. Quanto maior for a inércia térmica de um edifício, mais o seu interior se aproximará do estado estacionário e mais próximo desta média. Quanto mais fraca for, maior será a variação no interior do edifício ao longo do dia em relação a essa média. O regime totalmente estacionário não existe.

A inércia térmica de um edifício é calculada segundo a fórmula (4.3) do RCCTE [12]:

$$I_t = \frac{\sum M_i S_i}{A_p} \quad (4.3)$$

em que:

- $M_i$  – Massa por metro quadrado de material ( $\text{Kg/m}^2$ );
- $S_i$  – Superfície total ( $\text{m}^2$ );
- $A_p$  – Área útil de pavimento ( $\text{m}^2$ ).

No Quadro 4.8, retirado do RCCTE [12], encontram-se apresentadas as classes de inércia, de um edifício, classificadas segundo o valor de  $I_t$  calculado pela fórmula anterior.

Quadro 4.8 – Classes de Inércia térmica [12]

| Classe de Inércia | Massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento ( $\text{kg/m}^2$ ) |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Fraca             | $I_t < 150$                                                                        |
| Média             | $150 < I_t < 400$                                                                  |
| Forte             | $I_t > 400$                                                                        |

No Inverno, em dias frios, a inércia forte faz com que a amplitude da curva das temperaturas interiores seja menor do que a da exterior assim como o desfasamento entre elas seja significativo. A temperatura interior aproxima-se da média das temperaturas exteriores.

No Verão, em edifícios de inércia forte cujas janelas estejam abertas, a média das temperaturas interiores é mais elevada do que a média das temperaturas exteriores, devido aos ganhos internos e solares. Em edifícios de inércia fraca, a necessidade de climatização, poderá ser uma realidade.

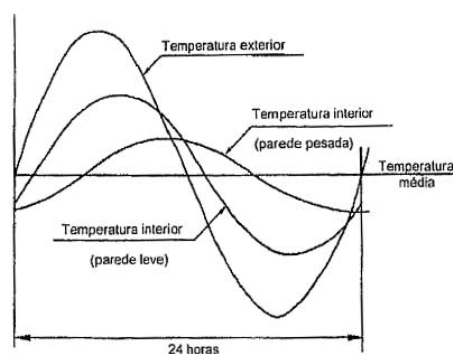


Fig.4.12 – Amortecimento e desfasamento provocado por uma parede de fachada da onda de temperatura exterior

Uma forma de poupar energia resulta da dispensa de refrigeração durante o Verão. Da mesma forma, a capacidade de uma parede fazer com que a temperatura interior se aproxime da média da temperatura exterior durante um dia, pode permitir também grandes poupanças energéticas no Inverno.

#### 4.3.7.6. Condensações superficiais

Existindo condensações, a água contida no ar, especialmente no Inverno, pode ser depositada nas superfícies mais frias de um edifício, por esse fenómeno. A sua presença é frequentemente indicada pelo desenvolvimento de fungos nas áreas mais afectadas. Esta característica é própria deste fenómeno, uma vez que estes organismos necessitam para o seu desenvolvimento de água pura. Em casos mais severos, a quantidade de água depositada pode ser muito elevada, causando estragos nas madeiras.

Superfícies frias e não absorventes são particularmente susceptíveis a condensações,. Pelo contrário, os materiais absorventes ou higroscópico, disfarçam as condensações, pois são capazes de adsorver uma quantidade de água razoável quando o teor de humidade relativa do ar ambiente for elevado. Parte dessa humidade será mais tarde restituída ao ar ambiente, quando a sua humidade relativa for menor. Desta forma,o material higroscópico funciona como elemento regularizador da humidade relativa do ar interior do edifício.

Os dois principais parâmetros que relacionam o teor de humidade do ar com o fenómeno das condensações, são a humidade relativa e a temperatura de ponto de orvalho, temperatura abaixo da qual se verifica a condensação do vapor de água contido no ar.

As temperaturas superficiais dos elementos envolventes dos compartimentos em geral e das fachadas e empenas em particular, devem ser limitadas a fim de minimizar ou mesmo de suprimir as condensações superficiais e a beneficiar o conforto táctil dos ocupantes.

A temperatura superficial do paramento interior de uma parede de fachada, pode ser dada pela seguinte expressão [13]:

$$\theta_{si} = t_i - K \cdot R_i \cdot (t_i - t_e) \quad (4.4)$$

em que:

- $\theta_{si}$  — temperatura superficial interna da fachada;
- $K$  — coeficiente de transmissão térmica da parede;
- $R_i=1/h_i$  — resistência térmica superficial interna da parede (do lado a calcular);
- $t_i$  — temperatura do ar no interior do compartimento;
- $t_e$  — temperatura do ar no exterior.

O ar é constituído por uma mistura de gases e por vapor de água. A quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter, designada limite de saturação, é limitada, variando na razão directa da temperatura. Quanto maior a temperatura, maior será a quantidade de vapor de água que um dado volume de ar é capaz de conter. O diagrama psicrométrico traduz as relações existentes entre a humidade absoluta e relativa do ar e as temperaturas a que o mesmo se encontra (figura 4.13).

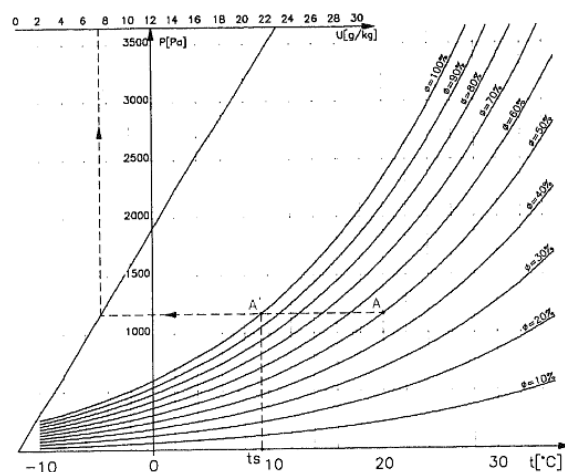


Fig.4.13 – Diagrama psicrométrico

Desta forma é possível, conhecendo as temperaturas interiores e exteriores de um compartimento, o coeficiente de transmissão térmico da fachada e o teor de humidade do ar interior, estimar a possibilidade de ocorrência de condensações no paramento da fachada.

Uma forma de prevenir o aparecimento de condensações é através da ventilação dos compartimentos de forma a extrair destes o excesso de humidade e assim reduzir a pressão de vapor do ar desses locais.

#### 4.3.7.7. Análise

##### a) Isolamento térmico

Em virtude da estrutura celular da madeira conter e ser constituída em grande parte por celulose, é um material com má condutibilidade térmica e como tal é um relativamente bom isolante, seis vezes superior ao tijolo e quinze vezes superior ao betão (Quadro 4.9).

Quadro 4.9 – Condutibilidades térmicas

| Materiais              | Condutibilidade térmica |
|------------------------|-------------------------|
|                        | $\lambda$ (W/m.°C)      |
| Madeira                | 0,18                    |
| Tijolo furado          | 0,75                    |
| Poliestireno expandido | 0,035                   |
| Reboco                 | 0,7                     |
| Gesso (estruque)       | 0,5                     |

Aplicando a expressão em (4.2), calcula-se os valores da resistência térmica das paredes das duas soluções. Na casa de madeira temos uma parede simples em toros de 15 cm.

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,15}{0,18} + 0,13} = 0,997 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$R = 1,003 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$$

No segundo caso temos o cálculo da resistência térmica de uma parede dupla, das fachadas da casa de alvenaria, com 11cm de tijolo pelo exterior, 5cm de caixa-de-ar, 2cm de isolamento em poliestireno expandido moldado e 15 cm de tijolo com 2 cm de reboco pelo exterior e 2 cm de estuque pelo interior.

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,15}{0,75} + \frac{0,11}{0,75} + \frac{0,02}{0,035} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,02}{0,5} + 0,18 + 0,13} = 0,748 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$R = 1,337 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$$

Pela análise dos resultados obtidos verifica-se que, apesar da baixa condutibilidade térmica da madeira, uma parede de madeira de 15 cm de espessura não consegue atingir valores de resistência térmica superiores a uma parede de alvenaria em pano duplo com um total de 33 cm de largura. A mesma paredes de alvenaria poderia facilmente diminuir consideravelmente o coeficiente de transmissão térmica, para os 0,52 (m<sup>2</sup>. °C/W), bastando para isso aumentar o isolamento de 2 cm para 4 cm.

Em ambos os casos, o coeficiente de transmissão térmica não ultrapassa o valor máximo admissível da zona climática mais gravosa exigido pelo RCCTE, ou seja, para a zona I3 um coeficiente de transmissão térmica igual a 1,45.

Tendo em consideração os resultados obtidos conclui-se que as casas de madeira têm um desempenho térmico inferior às casas de alvenaria, necessitando de reforço térmico pelo interior, através de gesso cartonado ou outros métodos, de modo a poder competir com as de alvenaria.

## b) Pontes térmicas

Qualquer tipo de habitação está sujeito à existência de pontes térmicas. Na maioria das situações, essa situação deve-se a problemas estruturais. A presença de pontes térmicas numa casa de madeira maciça em kit é muito menos provável que numa de alvenaria, porque é constituída essencialmente por madeira e logo é uma construção mais homogénea. É fundamental, no entanto que, o sistema de encaixe entre as fiadas de toros e nas uniões de canto são compactas e muito bem isoladas e principalmente pelo nível elevado de prefabricação que permite reduzir significativamente os erros de construção.

Pelo contrário pontes térmicas numa casa de alvenaria são muito mais frequentes, a coabitação do betão e do tijolo, materiais com propriedades térmicas muito diferentes e geometrias por vezes incompatíveis, é muito mais propícia a defeitos ou omissões construtivas.

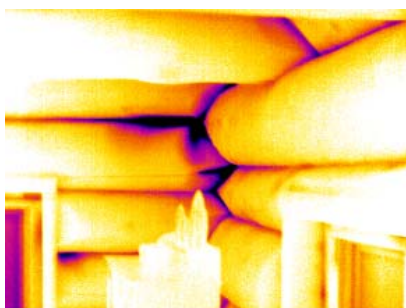


Fig.4.14 – Pontes térmicas numa parede de madeira maciça [23]

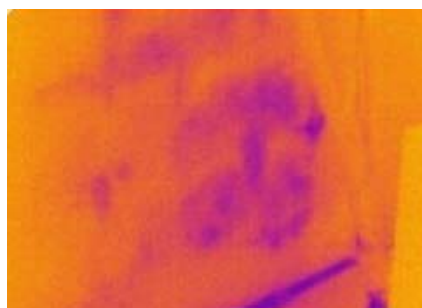


Fig.4.15 – Ponte térmica numa parede de alvenaria

## c) Inércia térmica

A Inércia Térmica representa a capacidade que o espaço em questão tem de se opor às mudanças de temperatura e depende essencialmente da massa superficial útil dos elementos interior de parede. O conforto térmico depende do isolamento, mas mais ainda da Inércia térmica. Tendo em conta as duas soluções e as massas volúmicas dos materiais utilizados, deduz-se que as casas de madeira têm um inércia baixa quando comparada com as de alvenaria, de classe fraca ou média.

Quadro 4.10 – Massas volúmicas

| Materiais     | Massa volúmica<br>$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------|-----------------------------------------------|
| Madeira       | 600                                           |
| Tijolo furado | 1200                                          |
| Betão         | 2300                                          |

Podemos concluir que as casas de madeira têm esse inconveniente. Devido à baixa densidade, normalmente têm inércia fraca ou média. No Verão não conseguem resistir ao pico de calor diário. Esta desvantagem pode ser atenuada com a introdução, por exemplo de paredes de alvenaria em pedra

com elevada inércia térmica, nas zonas mais expostas ao sol e sobretudo com arquitectura adequada que permita uma boa gestão dos ganhos solares.

a) Condensações

O aparecimento de condensações é muito menos provável de acontecer na habitação em madeira. As propriedades higroscópicas da madeira permitem a regularização do teor de humidade. Contudo, nas duas situações, uma adequada ventilação permite uma diminuição do teor de humidade dentro da habitação. O bom controlo de ventilação, garantindo a renovação do ar de forma sustentada e equilibrada, é fundamental no sentido do bom conforto de uma dada habitação.

#### 4.3.8. PUREZA DO AR

O ambiente interior das habitações deve assegurar e poder manter condições de pureza do ar apropriadas para a conservação da saúde dos ocupantes. Admitindo que, por ventilação natural, o ar ambiente se renova em cada hora com taxas adequadas, consideram-se as condições exigenciais seguintes [13]:

- a) O teor de monóxido de carbono produzido pela própria ocupação da habitação não deve, em qualquer momento, ultrapassar o valor de 0,003% e, usualmente, deve ser inferior a 0,003‰;
- b) Todos os fumos e gases nocivos, ou de cheiro incómodo, que se produzam pelas próprias funções de habitar, devem ser imediatamente eliminados através de dispositivos de evacuação próprios;
- c) Os materiais usados na construção, especialmente os aplicados em pinturas e revestimentos superficiais, não devem exalar, sob a acção do calor ou outras, gases nocivos ou odores incómodos;
- d) Sem prejuízo da eficiência da ventilação natural da habitação, deve poder ser evitada a entrada de poeiras a partir do exterior através das aberturas de arejamento;

Para a manutenção da pureza do ar do ambiente interior será necessário também evitar a entrada de fumos e gases insalubres provenientes do exterior. Trata-se duma exigência que não pode ser satisfeita pela própria habitação e que tem de ser assegurada por soluções urbanísticas e enquadrado nas melhores políticas de limitação e prevenção da poluição.

##### 4.3.8.1. Análise

O ponto de vista das pessoas relativamente à qualidade do ar nas casas de madeira é muito subjectivo, principalmente devido a questões de odores. Algumas pessoas preferem a qualidade do ar destas, pois a maioria dos materiais na casa são naturais. Todavia, outras consideram que as emissões produzidas pela madeira, os seus derivados e os produtos de revestimento são bastante incomodativas quando comparadas com as habitações tradicionais.

A qualidade do ar interior está estreitamente relacionada com a temperatura interior e a humidade relativa, características nas quais as casas de madeira oferecem claras vantagens em relação as de alvenaria como foi demonstrado no ponto referente ao conforto higrotérmico.

As propriedades electrostáticas da madeira não permitem a acumulação de electricidade estática, a qual é responsável pela formação de pó nas habitações. A poeira é conhecida por provocar alergias e é como tal reconhecido que é recomendado a pessoas alérgicas viver em casas de madeira.

Para melhorar a pureza do ar interior é recomendado ter uma ventilação adequada dos espaços interiores. Uma boa ventilação resulta de cuidados diversos, tais como, uma correcta organização do espaço, entradas e saídas de ar bem estudadas no caso da ventilação passiva ou natural, a aplicação de filtros e regular limpeza dos mesmos e de todas as condutas, tanto no interior com no exterior, no caso de sistemas activos.

#### 4.3.9 CONFORTO ACÚSTICO

O ruído constitui um dos males da vida moderna e do quotidiano das pessoas que vivem nos grandes centros urbanos. Está comprovado que as pessoas sistematicamente expostas a níveis de ruído demasiado elevados sofrem de “stress” e de outras manifestações que lhes fazem diminuir a qualidade de vida. Assim, importa criar medidas que salvaguardem o mais possível a saúde e uma boa qualidade de vida a que todos os cidadãos devem ter direito numa sociedade mais voltada para o colectivo.

Neste contexto, surge em 1987 o RGSR - Regulamento Geral Sobre o Ruído que apesar de aparecer tardiamente, veio colmatar uma lacuna técnica muito importante na concepção dos projectos dos edifícios. O RGSR foi substituído em 2001 por um novo regulamento, designado Regulamento Geral do Ruído (RGR) que foi assim o usado na análise efectuada neste trabalho.

A grandeza de um som é avaliada em decibéis (dB) que é uma unidade de intensidade fisiológica, por efeito daquele. A intensidade fisiológica de um som pode ser calculada segundo o RGR [11] pela fórmula:

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (4.5)$$

em que:

- $p_0$  = pressão de referência =  $2 \times 10^{-5}$  pascal =  $20 \mu Pa$ ;
- $p$  = valor eficaz da pressão sonora do local, expresso em pascal;

O nível sonoro cresce segundo uma escala logarítmica, de acordo com a expressão (4.5). Dois ruídos não se somam, sobrepõem-se. A sua resultante é igual à intensidade do mais forte, pois o mais fraco é inaudível na prevalência do mais forte. O emprego de materiais de isolamento e absorção acústico está estreitamente relacionado com as suas propriedades acústicas.

As madeiras são, em geral, contra-indicadas no isolamento acústico por terem frequências acústicas próximas das faixas da voz e terem uma, massa relativamente baixa, mas são bons materiais quando se deseja eliminar ruídos, devido a serem bons absorventes acústicos.

##### 4.3.9.1 Isolamento acústico

O som é transmitido de uma fonte emissora para os espaços adjacentes por múltiplos caminhos, envolvendo a transmissão por via aérea e a transmissão pelos elementos estruturais. Normalmente no

dimensionamento das paredes, considera-se como principal característica, o isolamento das mesmas à transmissão dos sons aéreos. O isolamento aos sons de percussão é normalmente tido mais em conta no isolamento dos pavimentos.

No processo de transmissão sonora entre dois locais há que distinguir entre a que se verifica directamente através do elemento separador entre eles, e a que ocorre pelo contorno através de outros elementos que lhes estejam interligados. A primeira designa-se transmissão directa e a segunda, transmissão marginal. As diferenças entre os valores do isolamento sonoro de um mesmo elemento quando a sua determinação é feita em laboratório ou em obra, normalmente devem-se à transmissão marginal em obra.

Quando um som encontra um obstáculo, verifica-se sempre um enfraquecimento do nível sonoro, o qual é função logarítmica do peso do obstáculo. O valor dos diferentes materiais como isoladores do som deve ser levado em consideração nos projectos de isolamento acústico.

Estabelecido o nível de som compatível com determinado ambiente, e conhecido o grau sonoro do exterior, obtém-se por diferença, a quebra do som que deve ser alcançada mediante a implantação de paredes ou outras vedações. No Quadro 4.11 indicam-se os valores de isolamento acústico de diversas soluções construtivas.

Quadro 4.11 – Isolamento acústico de diversos materiais

| Material                   | Espessura (cm) | Isolamento acústico (dB) |
|----------------------------|----------------|--------------------------|
| Alvenaria de tijolo maciço | 30             | 53                       |
| Betão-laje em pavimento    | 20 - 30        | 68                       |
| Vidro de janela            | 0,18 - 0,38    | 24                       |
| Aglomerado de madeira      | 6,5            | 20                       |
| Chapas de fibra de madeira | 1,2            | 18                       |

Quadro 4.12 – Classificação dos locais para implantação de edifícios, segundo o RGSR [44]

|                       |                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Locais pouco ruidosos | Locais que satisfaçam os seguinte níveis sonoros:<br>$L_{50} \leq 65$ dB (A) entre as 7 horas e as 22 horas;<br>$L_{50} \leq 55$ dB (A) entre as 22 horas e as 7 horas;                                           |
| Locais ruidosos       | Locais que não estão contemplados na definição de locais pouco ruidosos e que satisfaçam a:<br>$L_{50} \leq 75$ dB (A) entre as 7 horas e as 22 horas;<br>$L_{50} \leq 65$ dB (A) entre as 7 horas e as 22 horas; |
| Locais muito ruidosos | Locais que não estão contemplados nas definições de locais poucos ruidosos e de locais ruidosos                                                                                                                   |

$L_{50}$  - Nível sonoro do ruído que é excedido num período de referência em 50 % da duração.

O Regulamento Geral Sobre o Ruído considera os locais de implantação dos edifícios como pouco ruidosos, ruidosos e muito ruidosos, como indicado no Quadro 4.12.

As características de isolamento sonoro ( $R_{45}$ ) a que as paredes exteriores dos edifícios terão de obedecer devem satisfazer as exigências em função da sua localização como indicado no Quadro 4.13.

Quadro 4.13 – Características de isolamento sonoro para paredes exteriores de edifícios de habitação  $R_{45}$  [44]

|                                                                    |              |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|
| Locais pouco ruidosos                                              | $\geq 25$ dB |
| Locais ruidosos                                                    | $\geq 30$ dB |
| Locais muito ruidosos                                              | $\geq 35$ dB |
| $R_{45}$ - Isolamento sonoro das paredes exteriores dos edifícios; |              |

Não faz sentido pensar na capacidade de isolamento de uma parede, sem pensar na das respectivas caixilharias. A título de exemplo, uma parede que possua um isolamento acústico de 35dB e em que 7% da área da mesma seja preenchida por uma porta, para que se consiga manter esse isolamento a porta deverá ser pesada e possuir vedante de frincha no contorno. As janelas são um elemento particularmente fragilizante da fachada ao nível acústico uma vez que, para vidros de espessura vulgar e caixilhos normais, o respectivo índice de isolamento sonoro é baixo.

As caixas de estores podem ser responsáveis por uma grande perda do isolamento acústico das fachadas. Caixas mal concebidas, podem provocar uma diminuição entre 4 a 5 decibéis do índice acústico da fachada.

#### 4.3.9.2 Condicionamento acústico

No interior dum recinto, onde é emitido um som, de determinado nível, a intensidade deste é atenuada por certos elementos que o reflectem e pelos móveis e paredes que absorvem uma parte do som.

No cálculo do condicionamento acústico importa considerar os coeficientes de absorção dos vários materiais aplicados, procurando-se garantir através destes procedimentos um tempo óptimo de reflexão sonora no recinto, e também uma boa distribuição sonora.

No Quadro 4.14 mencionam-se os coeficientes de absorção, por m<sup>2</sup> de parede ou piso de alguns materiais, correspondentes a uma frequência de som de 500 ciclos por segundo.

Quadro 4.14 – Coeficientes de absorção sonora de alguns materiais

| Material                   | Coeficientes de absorção sonora |
|----------------------------|---------------------------------|
| Alvenaria de tijolo burro  | 0,025                           |
| Chapas de fibra de madeira | 0,64                            |
| Betão simples              | 0,02                            |
| Lambrins de madeira        | 0,06                            |
| Soalhos                    | 0,09                            |
| Pisos de betão             | 0,012                           |

#### 4.3.9.4. Análise

Constata-se que, para a generalidade dos materiais usados na construção de paredes exteriores em panos simples e para as espessuras habituais, as paredes por si só têm capacidade de isolamento aos sons aéreos suficiente para que se cumpra o Regulamento Geral Sobre o Ruído [11].

A inserção nas fachadas de portas e janelas, dependendo do seu tipo e da sua qualidade, podem comprometer o bom desempenho daquelas. Este problema é comum nas duas soluções.

As madeiras são, em geral, contra-indicadas no isolamento acústico, mas são bons materiais quando se deseja melhorar a qualidade dos espaços por metodologias de correcção acústica devido a serem bons absorventes acústicos. A madeira, sendo um material leve, provoca uma pequena redução do nível sonoro incidente, quando utilizada em paredes exteriores ou divisórias.

A madeira é, como já se salientou, um excelente material para absorção acústica. O revestimento das paredes de uma sala com madeira determina, um enfraquecimento fónico importante. Este efeito pode ainda ser ampliado mediante tratamento superficial. O papel de parede e a pintura sobre madeiras aumentam a absorção do som, ao passo que o verniz e a laca a diminuem.

Nas casas em alvenaria, a eventual existência de fissuras ou juntas de argamassa mal executadas em alvenarias aparentes, são responsáveis pela diminuição do isolamento acústico da fachada. Em síntese, pode considerar-se o desempenho acústico das duas soluções como relativamente equivalente.

#### 4.3.10. CONFORTO VISUAL

##### 4.3.10.1. Rectidão das arestas e planeza das superfícies [20]

A medição dos desvios de posicionamento relativamente ao alinhamento médio da aresta deve ser igual ou inferior a 5mm.

Para a planeza das superfícies medem-se os desvios de posicionamento em relação a um plano definido por três vértices da superfície. Os desvios devem ser inferiores aos valores indicativos de referência (Quadro 4.15).

Quadro 4.15 – Desvios máximos de planeza de superfície admissíveis [20]

| Dimensões       | ≤ 4m | 5m   | 6m   | ≥ 7m |
|-----------------|------|------|------|------|
| Desvios máximos | 8mm  | 10mm | 12mm | 14mm |

Os desvios de planeza local medem-se por intermédio de uma régua de 1m de comprimento. No seu movimento ao longo da fachada, os desvios devem ser inferiores a 4mm, não contribuindo para o aparecimento de defeitos verticais, tais como, reentrâncias, fissuras, empolamentos, deslocamentos, etc.

##### 4.3.10.2. Defeitos das superfícies

A existência de bossas, de covas, de deslocamentos e de fissuras, deve ser devidamente equacionada. Estas irregularidades devem ser imperceptíveis e a textura da superfície deve ser regular e uniforme. A

sua avaliação deve ser feita por exame visual, recorrendo-se a iluminação rasante. As fissuras visíveis em panos correntes, devem ter uma largura igual ou inferior a 0,2mm.

#### 4.3.10.3. Homogeneidade da sujidade

De forma a que a sujidade se distribua de uma forma uniforme no interior das paredes, interessa que as temperaturas superficiais no interior sejam o mais uniformes possível, limitando-se a respectiva heterogeneidade a 1,5. Significa assim que a razão entre os coeficientes máximos e mínimo de transmissão térmico das paredes deve ser limitada a 1,5 [20].

#### 4.3.10.4. Homogeneidade de cor e de brilho

A diferença de cor ou de brilho facilmente verificáveis num determinado paramento não devem ocorrer e a diferença de reflectância difusa, através de diferenças de brilho sensíveis num determinado paramento, não deve também ocorrer.

Existem ensaios laboratoriais que permitem controlar as diferenças de cor e de brilho em vários pontos das paredes. Em função dos resultados obtidos nesses ensaios, impõem-se limites que resultam da percepção do olho humano. [20]

#### 4.3.10.5. Iluminação

O problema da iluminação comporta aspectos diversos visando o objectivo comum de evitar a fadiga visual. Assim, exige-se que a luz esteja estável, seja de boa qualidade e que o nível de iluminação seja adaptado às actividades que se exercem nos locais e que não se excedam níveis máximos além dos quais resulte incomodidade e que se evitem contrastes de luminosidade capazes de provocar ofuscamento. Estas condições têm de ser consideradas simultaneamente para os diferentes casos, de iluminação natural e de iluminação artificial [13].

#### 4.3.10.6. Análise

A questão do conforto visual é resolvida de forma adequada na generalidade das soluções construtivas correntes. Revestimentos que fogem do comum podem perfeitamente assegurar também conforto visual. Embora, em termos gerais a regularidade, homogeneidade e planeza das superfícies, em particular, sejam características típicas de revestimentos, não devem ser uma base muito restrita que impeça o desenvolvimento de outros revestimentos.

A madeira não é um material homogéneo, e por isso não respeita a maior parte dos critérios numéricos correntes de conforto visual. Cada árvore é diferente das demais, variando a sua composição consoante o clima e o solo. Um toro de madeira é constituído por vários círculos concêntricos de veios que lhe conferem qualidades estéticas muito específicas e em geral muito apreciadas. Na madeira, a heterogeneidade e os pequenos defeitos naturais são uma vantagem estética e não uma desvantagem.

Por outro lado não devemos esquecer que o conforto visual também é dependente de factores socioculturais, e como tal é um critério de avaliação bastante subjectivo.

#### 4.3.11. CONFORTO TÁCTIL

Na exigência de conforto táctil consideram-se normalmente os seguintes parâmetros:

- Aspereza dos Paramentos;
- Pegajosidade dos Paramentos;
- Secura dos Paramentos;
- Sensação de calor ou de frescura à superfície do revestimento adequada ao tipo de utilização do local (conforto do pé com o piso);
- Ausência de constrangimento fisiológico ou de desconforto devido à electricidade estática.

##### 4.3.11.1. Análise

O conforto táctil de um revestimento depende principalmente dos três primeiros factores referenciados no ponto anterior: aspereza, pegajosidade e secura dos paramentos. Por outro lado, o conforto táctil também é dependente de factores socioculturais. Enquanto certas características são aceites em geral como positivas, outras podem ser mais subjectivas.

A madeira é um material nobre, e de elevado confronto táctil. Por ser um material “vivo” que respira, absorve e liberta o vapor de água regulando a humidade, impede as condensações e está sempre seco. A sua temperatura de contacto ou superficial é quente e confortável, razão pela qual é considerado uma material “Quente”.

A textura aspra e heterogénea da madeira relaciona-se com a sensação de natureza. Dependendo da situação em que é usada e das pessoas, esta característica de uma gerar reacções positivas ou negativas. Em condições de limpeza idênticas, livre de gorduras e poeiras a madeira tem uma pegajosidade semelhante aos revestimentos tradicionais numa parede em alvenaria.

A madeira não irradia electricidade estática. O campo bioeléctrico natural da madeira proporciona, aliás, um estado de equilíbrio no corpo humano. O nosso metabolismo, influenciado pelas radiações e pelo campo electromagnético da Terra, pode sofrer, numa casa convencional, os efeitos de uma verdadeira caixa de Faraday. A casa de madeira, permeável às radiações naturais, não distorce estes subtis campos e contribui assim para uma melhor qualidade de vida, ao contrário das habitações em alvenaria.

#### 4.3.12. FACILIDADE DE LIMPEZA E MANUTENÇÃO

Os paramentos interiores das diversas divisões da habitação devem ter forma e revestimentos de acabamento propícios à fácil manutenção das suas condições de limpeza, devendo esta poder fazer-se por meios de exequibilidade e custo equivalente aos da prática corrente. Os revestimentos não devem ser afectados, mesmo a prazo razoável, pelas acções e produtos de limpeza usados, admitindo-se, entretanto, que esta condição não seja indiscriminada e que, conforme o tipo dos revestimentos, possa ser definida uma listagem dos produtos de limpeza adequados [13].

##### 4.3.12.1. Análise

Ambas as soluções estão equipadas com revestimentos adequados em todos os compartimentos que requerem a frequente manutenção das condições de limpeza, nomeadamente nas casas de banho e cozinhas. No resto dos compartimentos, as habitações de alvenaria levam vantagem pois as paredes de

alvenaria têm condições de limpeza mais fáceis que as paredes de madeira. Por outro lado se é verdade que ambas se sujam, a sujidade nas paredes de alvenaria é muito mais visível.

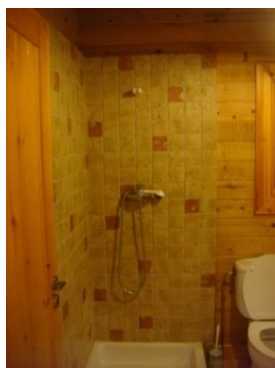


Fig.4.16 – Revestimento com azulejo nos chuveiros

#### 4.3.13. ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO NORMAL

##### 4.3.13.1. Resistência a acções de choque e de atrito

Os revestimentos devem resistir sem deterioração significativa, conservando as suas características funcionais, às acções de choque e de atrito inerentes à ocupação e circulação normais (mobilidade de utentes, dos utensílios domésticos, operações de limpeza ou de manutenção). Devem ser mais resistentes a este tipo de acções os revestimentos dos paramentos interiores das paredes de espaços de circulação de uso comum, usualmente aplicados ao nível de lambris.

##### 4.3.13.2. Resistência à acção da água

Os revestimentos de paramentos exteriores devem ser resistentes à água da chuva, água de projecções accidentais e água de limpeza, não se degradando pela acção contínua da queda de gotas de água ou do seu escoamento, não se alterando significativamente as suas características mecânicas quando os revestimentos se encontram no estado húmido. Quanto aos revestimentos de paramentos interiores, os que se destinam ao revestimento de espaços húmidos ou de espaços laváveis por via húmida devem também ser resistentes à acção de projecções de água inerentes à sua utilização e à acção da água de lavagem, como é o caso específico dos lambris. Os revestimentos de áreas de paredes situadas acima de lambris devem apresentar resistência à humedificação por vapor de água e por vapores gordurosos (no caso de cozinhas).

##### 4.3.13.3. Aderência ao suporte

Os revestimentos devem apresentar aderência ao suporte satisfatória, e entre as diversas camadas constituintes entre si, nos casos aplicáveis. Assim, deverão apresentar resistência ao arrancamento por tracção e ao arrancamento por peladura.

#### 4.3.13.4. Resistência à Suspensão de Cargas

Os revestimentos de paramentos devem resistir sem deterioração às operações de fixação de dispositivos para suspensão de cargas (pregos, parafusos, camarões, etc.) permitindo igualmente, a fácil reparação dos furos de inserção aquando da sua extracção, a qual deverá ficar com um aspecto idêntico ao que apresenta em zona corrente, após a reparação.

#### 4.3.13.4. Resistência ao Enodoamento pela Poeira

Por razões de conforto visual, táctil e de higiene, os revestimentos não devem favorecer a fixação de poeiras. Caso essa fixação ocorra, o enodoamento resultante não deve ser definitivo, devendo o revestimento adoptar o aspecto inicial quando submetido a um processo de limpeza.

#### 4.3.13.5. Análise

A análise da adaptação à utilização normal entre as duas soluções depende principalmente do tipo de materiais usados e da adequação desses materiais às funções que irão desenvolver. Nas duas soluções os principais materiais usados são respectivamente a madeira e o reboco pintado.

As características da madeira, a sua densidade e elasticidade, permitem que tenha um bom nível de resistência às acções de choque, sem criar fissuras ou outro tipo de estragos inerentes à ocupação e circulação normais quando comparado com a alvenaria. A resistência ao atrito é semelhante nos dois materiais, porém numa parede de tijolo o contacto com móveis e equipamentos cria estragos mais visíveis nos revestimentos do tipo reboco pintado.

A resistência à acção da água é na madeira um assunto mais delicado que implica precauções extra. O revestimento de espaços húmidos ou de espaços laváveis por via húmida em ambas as situações é assegurada por matérias mais adequadas para essas características. Também poderá ser utilizada madeira com tratamentos especiais para resistir à acção mais intensa da água, mas a madeira terá sempre que pior comportamento.

Tanto a madeira como a alvenaria têm um bom comportamento ao arrancamento por tracção e ao arrancamento por peladura, bem como à suspensão de cargas. Contudo os estragos causados por furos de fixação têm um carácter permanente na madeira podendo facilmente ser reparados na alvenaria.

Finalmente a textura da madeira é mais propícia à acumulação de poeiras do que uma parede tradicional em alvenaria.

Em síntese, pode considerar-se que a adaptação à utilização normal é mais completa nas soluções de casas correntes em betão armado e alvenaria.

#### 4.3.14. DURABILIDADE

A durabilidade de um elemento depende da sua resistência aos agentes que usualmente a solicitam. Do seu comportamento, resultará a determinação da sua respectiva vida útil e da programação da execução das manutenções.

#### 4.3.14.1. Resistência aos agentes climatéricos

Os revestimentos de paredes devem resistir sem danos significativos às variações de temperatura e de teor em água, bem como à radiação solar. Nos paramentos exteriores, os revestimentos não devem sofrer alterações físicas ou químicas resultantes de acções isoladas ou combinadas de calor, frio e água (meteorização). Devem igualmente apresentar resistência à degradação provocada por choques térmicos. Sob acção da luz, devem apresentar uma boa estabilidade de cor.

#### 4.3.14.2. Resistência aos agentes químicos presentes no ar

Nos paramentos exteriores, os revestimentos devem apresentar resistência aos produtos químicos usualmente presentes no ar ambiente das zonas onde venham a ser aplicados, tais como os produtos constituintes da própria atmosfera (oxigénio, dióxido de carbono, ozono, etc.), ou produtos contaminantes (dióxido de enxofre, sais dissolvidos na água, etc.). Existem diferenças significativas de durabilidade de um mesmo revestimento em função do tipo de ambiente onde este tenha sido utilizado (ambiente marítimo, industrial, urbano ou rural).

#### 4.3.14.3. Resistência à erosão por partículas em suspensão no ar

Nos paramentos exteriores e em alguns paramentos interiores (fábricas, edifícios administrativos ou comerciais, etc.), o revestimento utilizado deve apresentar resistência à erosão provocada pelas partículas sólidas em suspensão no ar (pó).

#### 4.3.14.4. Resistência a agentes biológicos

Para se evitar a fixação e desenvolvimento de bolores e fungos, os paramentos devem ser o mais liso possível, não devendo permanecer humedecidos por longos períodos e os materiais que os constituem não devem constituir alimento para esses microrganismos. Nos paramentos exteriores as zonas mais sensíveis a estes fenómenos são as que se encontram mais protegidas da acção do vento, enquanto que nos paramentos interiores poderá ocorrer a fixação de bolores em paredes de espaços húmidos onde seja frequente a projecção de água e também nas zonas de pontes térmicas. A ventilação dos espaços interiores com essas características, a correcção de pontes térmicas e o não humedecimento prolongado dos paramentos interiores, são as medidas de combate mais eficazes. O uso de agentes fungicidas impede o aparecimento ou desenvolvimento de bolores enquanto perdurar o seu efeito, não resolvendo, no entanto, definitivamente o problema.

#### 4.3.14.5. Análise

A durabilidade de uma habitação depende de muitas características e é essencialmente função dos materiais de construção e soluções construtivas utilizados. Tendo em consideração apenas este factor a madeira por si só tem uma durabilidade menor que materiais como o tijolo e o betão. Porém, factores como a qualidade da construção, as acções de conservação e a manutenção têm peso tanto ou mais importante do que a resistência dos materiais utilizados.

Numa construção em madeira, isto torna-se ainda mais evidente pois a sua durabilidade depende essencialmente, da espessura da madeira utilizada, da adequação da madeira ao clima onde vai ser

implantada a casa, (local húmido ou seco), da qualidade dos detalhes construtivos e da manutenção em geral (telhas, calhas, paredes, revestimentos exteriores, etc.).

A durabilidade de uma casa de madeira pode ser igual ao superior à de uma de alvenaria. Aliás existem actualmente vários registos de casas habitadas com mais de 100 anos. Por outro lado, a confiança das empresas portuguesas do sector nos respectivos sistemas construtivos é tal que, em média, dão 30 anos de garantia. Nenhum construtor civil dá uma garantia tão alta para uma construção em alvenaria.

Nas duas situações, a durabilidade é semelhante. Porém uma casa de madeira exige uma manutenção efectuada com maior rigor geralmente, de dois em dois anos, dependendo muito da incidência dos agentes atmosféricos como o sol e chuva.

A durabilidade de uma casa de madeira é também muito sensível à qualidade do projecto arquitectónico, para além da óbvia necessidade de usar materiais e soluções construtivas testados e de boa qualidade. Além disso, existe uma grande variabilidade na qualidade geral de uma casa de madeira pelo que, não é possível apresentar uma classificação simplista do tipo melhor ou pior. Comparadas as duas soluções médias tais como tal como as que são analisadas neste trabalho é possível, no entanto, afirmar que com adequada manutenção ambas as soluções são equivalentes e que, com deficiente construção a durabilidade das casas de madeira é inferior.

#### 4.3.15. SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS

Os materiais a usar na construção devem ser amigos do ambiente promover o bem-estar no interior dos edifícios e não serem prejudiciais à saúde humana [22].

Os materiais usados na construção não só consomem recursos e energia como promovem a poluição do ar e das águas e produzem resíduos sólidos. Depois de assentes requerem manutenção ou substituição ao longo da vida da construção. Quando os edifícios são demolidos, os resíduos ficam disponíveis para eventual reutilização. Desta forma, os materiais que minimizem o uso de recursos naturais e que sejam duráveis ou renováveis, contribuem para uma construção mais sustentável.

Para a selecção dos materiais devemos ter em conta os seguintes factores:

- a) Quantidade gasta – quanto menor for a quantidade de material empregue, mais o edifício será eficiente no que respeita ao uso dos recursos. Quanto menos produto se adquirir ou mais produto se usar de forma mais eficiente, melhor.
- b) Reutilização dos materiais – na reabilitação de edifícios, por vezes, é fácil a recuperação de alguns dos materiais existentes, de forma a usá-los novamente. Os gastos com a mão-de-obra podem ser compensados com a poupança na aquisição de novos materiais.
- c) Vida útil e necessidade de manutenção – durante a vida útil de um edifício parte dos materiais terão de ser substituídos ou reparados. Estes custos devem ser contabilizados aquando da simulação do custo global do edifício. O custo inicial suplementar de se usarem materiais mais duráveis pode ser largamente compensado a longo prazo, não só monetariamente, mas também ecologicamente ao produzir-se menos quantidade de desperdícios.
- d) Recuperação e reciclagem – depois de um determinado material ter desempenhado o papel para o qual foi concebido, tem potencialidades como recurso, para mais tarde ser recuperado ou reciclado. Os materiais são recicláveis se forem separados. De acordo com o tipo de metal, 50% a 70% da energia e da poluição resultantes da produção do aço pode ser evitada se for

usada uma adequada tecnologia de reciclagem. No que respeita ao alumínio, 85% pode ser recuperado por fusão do material. A maior parte dos plásticos é reciclável. Os vidros são recicláveis se separados e não contaminados. A fusão do vidro reduz a poluição e o consumo de energia e permite o seu reaproveitamento quase integral. Os grandes maciços de madeira são na serração facilmente recicláveis e totalmente reutilizáveis. Madeiras usadas em estruturas e em painéis são propícias a serem recuperadas e usadas novamente, particularmente se forem facilmente desmontáveis. O betão, tijolo e outros produtos usados nas alvenarias tais como cerâmicos, são mais dificilmente recuperados para reutilização. Normalmente são empregues nos pavimentos das estradas, depois de serem triturados.

#### 4.3.15.1. Análise

A ecologia e a salvaguarda do meio ambiente preocupam activamente a maioria dos cidadãos mais conscientes e informados. Entre todos os materiais de construção a madeira é, como é sabido, o único natural e renovável. As operações de transformação da árvore em madeira são mínimas e apenas necessitam de energia, quando comparadas com outros materiais utilizados na construção convencional.

O corte de uma floresta velha permite a sua substituição por novas e sãs florestas em crescimento com rápidas taxas de absorção de carbono, contribuindo decisivamente para mais perfeitos ciclos básicos da natureza (ciclo da água, qualidade do ar, renovação de matéria orgânica, regulação climática). Quando uma floresta nova cresce, produz 1,07 toneladas de oxigénio e absorve 1,47 toneladas de dióxido de carbono por cada tonelada de madeira. Porém à medida que a floresta envelhece, o crescimento diminui, e os ritmos de absorção reduzem substancialmente. O corte de uma floresta velha, retém o carbono na madeira, impedindo a sua libertação na atmosfera. Uma habitação em madeira com 220 m<sup>2</sup> por exemplo, tem 28,5 toneladas de dióxido de carbono retido, o equivalente a sete anos de emissões dum carro ligeiro [22].



Fig.4.17 – Ciclo da madeira, consumo de madeira implica sustentabilidade dos bosques [22];

Os receios de se estar a contribuir para a devastação da floresta parecem infundados. Oficialmente, as empresas são obrigadas a reflorestar, em quadruplicado, a quantidade de árvores abatidas, permitindo que, depois da selecção dos pés, se perpetue a mesma quantidade de madeira extraída. As multinacionais da madeira são, aliás, as principais interessadas na manutenção e crescimento da floresta a um ritmo sustentado. No Canada, por exemplo, o crescimento da floresta supera as necessidades. A procura da madeira mantém as florestas a crescer, não as elimina. Pelo contrário se a

procura de madeira diminuir, os proprietários de florestas podem substituir as árvores por produtos com maior procura e o efeito regulador ambiental da floresta será reduzido.

As novas tecnologias maximizam a utilização e eficiência dos produtos manufacturados em madeira. As modernas serrações produzem mais do dobro de madeira utilizável que a um século atrás. Os restos de produção podem ser reciclados e reutilizados em produtos derivados.

A manufacturação de madeira requer substancialmente menos energia do que a produção de outros materiais de construção como o aço e o cimento. A produção de elementos de construção em madeira e derivados liberta menos gases que provocam o efeito de estufa e outros poluentes do ar.

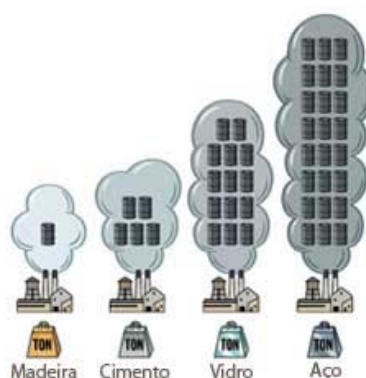


Fig.4.18 – Eficiência energética da madeira [22]

De uma maneira geral, a produção de madeira tem um consumo energético relativamente baixo. Comparado com a energia necessária para produzir uma tonelada de cimento, vidro, aço ou alumínio em relação a uma tonelada de madeira, gasta-se:

- 5 vezes mais energia para uma tonelada de cimento;
- 14 vezes mais energia para uma tonelada de vidro;
- 24 vezes mais energia para uma tonelada de aço;
- 126 vezes mais energia para uma tonelada de alumínio;

Nos Estados Unidos da América, os produtos da madeira perfazem 47% de todos os materiais de base produzidos, no entanto consomem apenas 4% do total da energia necessária para produzir todos os restantes materiais. O processo de produção da madeira por si só torna-a amiga do ambiente e um material de escolha para a construção de habitações.

Vale a pena referir-se, no entanto que, a recuperação de antigos elementos construtivos em madeira em novas funções, numa casa de madeira maciça, ainda é difícil devido à presença de ligadores metálicos e de revestimentos e acabamentos.

A recuperação mais eficiente é para fábricas de derivados de madeira essencialmente ao nível dos diversos tipos de aglomerados.

A reutilização de vigas e pilares antigos em boas secções na reabilitação de edifícios (edifícios monumentais ou de património urbano) é uma actividade muito interessante que apenas necessita do aparecimento de agentes “recuperadores” desses materiais (tipo “sucateiros”) como existem já em muitos países mais desenvolvidos.

A reutilização de madeira da reutilização de madeira da demolição de casas antigas continua ainda a dizer respeito essencialmente à sua transformação em derivados e sobretudo na sua utilização como combustível, o que constitui, uma péssima solução do ponto de vista ambiental.

A recuperação mais óbvio de casas de madeira maciça será em geral o seu aproveitamento pelas fábricas de aglomerados.

#### **4.4. ANÁLISE ECONÓMICA**

##### **4.4.1. INVESTIMENTO INICIAL**

###### **4.4.1.1. Metodologia**

A análise económica das casas de madeira maciça pressupõe uma análise do mercado que permita uma comparação dos preços praticados pelas empresas construtoras deste tipo de habitação com o preço de construção corrente de uma habitação em alvenaria tradicional.

Relativamente ao preço da construção das habitações em alvenaria, arbitrou-se um valor de base tendo em conta os valores praticados no mercado e os valores tabelados pelo governo para o cálculo de rendas condicionadas e para a determinação de indemnizações de sinistros relativos a imóveis seguros [30].

Quanto às casas de madeira maciça foi necessário fazer uma pesquisa dos preços praticados pelas empresas construtoras de casas de madeira maciça no mercado. Esta tarefa revelou-se mais complicada do que o esperado devido principalmente à falta de informação disponibilizada pelas empresas nas suas páginas de internet. Muitas delas não disponibilizam qualquer catálogo com as soluções e nenhuma empresa publica tabelas de preços, incluindo apenas, na melhor das hipóteses, um intervalo de valores aproximados.

Numa primeira abordagem, optou-se por contacto via email das várias empresas. Contudo rapidamente se verificou ser uma tentativa infrutuosa, não se tendo conseguido nenhum contacto positivo.

Desta primeira tentativa, concluiu-se que as empresas não divulgariam os seus preços a pessoas com mera curiosidade. Finalmente optou-se por simular uma real intenção de compra perante as empresas, o que se traduziu na deslocação pessoal as duas empresas mais próximas e a uma segunda tentativa via email.

Através da deslocação directa aos locais foi possível falar com delegados comerciais das empresas e assim obter dados relativamente aos tipos de soluções existentes, à tabelas de preços e aos serviços disponibilizados. Porém, quando feito o pedido de informações técnicas mais específicas, tal como níveis de isolamento térmico e acústico, não foi possível, nessa primeira abordagem, obter qualquer informação credível. Obteve-se assim informação de duas empresas situadas na zona Norte do país.

No que respeita à segunda tentativa de contacto via email, apenas duas empresas deram uma resposta positiva e forneceram informações específicas dos modelos, custos e serviços disponibilizados. As informações obtidas foram de duas empresas da zona de Lisboa.

Deste modo foi possível obter uma amostra relativamente representativa dos preços praticados no mercado nacional.

Por questões de confidencialidade, decidiu-se não fazer referência ao nome das empresas em questão, nem ao nome dos modelos escolhidos para sustentar a análise que se segue.

#### 4.4.1.2. Preços

##### a) Casa de alvenaria tipo

As características da casa de alvenaria tipo encontram-se especificadas no ponto 4.2.

O custo de construção considerado foi baseado na Portaria n.º 1425-B/2007 de 31 de Outubro.

Este documento refere que, o Governo manda, pelo Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, que durante o ano de 2008 os valores do preço da habitação para efeitos de cálculo da renda condicionada a que se refere o n.º 1 do artigo 4.º do Decreto-Lei n.º 329 -A/2000, de 22 de Dezembro, sejam, consoante as zonas do País constantes do quadro anexo, os seguintes [30]:

Zona I - 721,28, Zona II - 630,50€, Zona III - 571,22€

A definição das zonas é como se segue:

Zona I — concelhos sedes de distrito e concelhos de Almada, Amadora, Barreiro, Cascais, Gondomar, Loures, Maia, Matosinhos, Moita, Montijo, Odivelas, Oeiras, Póvoa de Varzim, Seixal, Sintra, Valongo, Vila do Conde, Vila Franca de Xira e Vila Nova de Gaia.

Zona II — concelhos de Abrantes, Albufeira, Alenquer, Caldas da Rainha, Chaves, Covilhã, Elvas, Entroncamento, Espinho, Estremoz, Figueira da Foz, Guimarães, Ílhavo, Lagos, Loulé, Olhão, Palmela, Peniche, Peso da Régua, Portimão, Santiago do Cacém, São João da Madeira, Sesimbra, Silves, Sines, Tomar, Torres Novas, Torres Vedras, Vila Real de Santo António e Vizela.

Zona III — restantes concelhos do continente.

Tendo em conta que as Zonas I e II são as mais representativas do país consideram-se um preço de construção médio de 650 €/m<sup>2</sup>, ao qual deverá acrescentar o valor do IVA à taxa em vigor.

Quadro 4.16 – Descritivo custos finais alvenaria

| Preço<br>(€/m <sup>2</sup> ) | Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Preço total<br>(€) |
|------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 650                          | 180                       | 117000             |

##### b) Construtor A – Casa em madeira

No “Construtor A” escolheu-se a solução A.1 com uma área bruta de 186 m<sup>2</sup>, de dois pisos, rés-do-chão de 93,6m<sup>2</sup> e primeiro andar com 92,4m<sup>2</sup> de área. As paredes exteriores têm 160mm de espessura e as interiores 120 mm, ambas em madeira de Pinho nórdico

Resumo simplificado dos materiais incluídos, fornecidos e aplicados:

- Tronco de base – Perfeitamente isolado do solo, com um perfil de alumínio lacado castanho soldado nas esquinas. O primeiro é fixado à fundação com chapas electro-zincadas de longa duração.
- Pilares estruturais – Em madeira contra-colada de Pinho escandinavo, com secção 200x200mm, 160x240mm ou 160x160mm, fixados à base em cimento através de peças

- metálicas electro-zincadas de fabrico alemão, com dispositivo mecânico de regulação da altura. Corrimões exteriores em madeira maciça com prumos 160x160mm.
- Paredes – Constituída por troncos de madeira maciça lamelado colado. As paredes exteriores podem ter espessuras de 120 ou 160mm. Os troncos interiores podem ter espessuras de 80 ou 120mm. Cada tronco é seco, identificado e colado com cola sueca, microporosa, que deixa respirar o tronco, da marca Akzo Nobel segundo a mais evoluída tecnologia no sector da indústria da madeira e lixado duas vezes, uma em fábrica, outra na obra. Os troncos encaixam entre si por um sistema macho-fêmea patenteado de 30mm de altura. Entre troncos é colada uma junta de impermeabilização em todo o comprimento. As paredes exteriores são tratadas com 3 demãos de velatura, de cor à escolha, para proteger contra insectos xilófagos, fungos, água e raios ultra violeta do sol. As paredes interiores, o forro interior e o vigamento interior são tratados com 2 demãos de óleo de linhaça.
  - Pisos interiores – Todas as áreas são revestidas com soalho maciço de Pinho com 21mm de espessura e 100mm de largura útil, envernizado com 3 demãos de verniz aquoso, mate, próprio para piso. Todos os pisos do rés-do-chão são isolados contra humidades com polietileno e isolados termicamente com placas semi-rígidas de lã de rocha marca Rockwool, a espessura total do isolamento de 50mm.
  - Vigamento do telhado e do piso do 1º andar – Vigas principais em madeira contra-colada de Pinho escandinavo, com secção mínima de 160x240mm. Vigas secundárias em madeira contra-colada de Pinho escandinavo 100x160mm. Cálculo estrutural segundo normas europeias (Eurocódigo 5).
  - Isolamento térmico do telhado – Duas mantas de lã de rocha marca Rockwool com 160mm de espessura total (camada dupla de 80mm), membrana pára-vapor, câmara-de-ar ventilada de 50mm de espessura.
  - Revestimento do telhado – Membrana microscópica sub-telha, duplo ripado, telha lusa de barro.
  - Forro de tecto interior – Forro de Pinho escandinavo seguindo a inclinação do telhado.
  - Beirais de telhado, tectos dos alpendres – Forro exterior e rede mosquiteira em toda a área exterior, remate dos beirados do telhado com tábua lisa, em madeira de pinho escandinavo.
  - Caixilharia exterior – Caixilharia exterior de alta qualidade, em madeira maciça lamelado colado de Pinho escandinavo de 60mm de espessura, com vidro duplo 4/12/4, dupla junta de vedação e fecho em 3 pontos de fabrico alemão. Janelas oscilo-batentes em casas de banho e cozinha. Toda a caixilharia exterior é envernizada com 3 demãos de velatura. Portadas de protecção interiores em opção.
  - Caixilharia interior – Portas interiores lisas, em opção maciças. Portas, rodapés e guarnições envernizados à cor de mel.
  - Armários roupeiros embutidos – Estrutura dos roupeiros constituída pelas próprias paredes interiores; inclui portas de madeira maciça, prateleiras e cabide.
  - Escadas – Em madeira de Pinho escandinavo maciça, degraus com 45mm de espessura. Corrimões também em madeira maciça.
  - Casas de banho – Móveis, louças, torneiras, canalizações e respectiva instalação em opção. Inclui sempre painéis protectores para as zonas de banheira e chuveiros que consiste em placas de madeira tipo OSB, hidrófugas, cobertas com massa de poliuretano, sobre calhas metálicas deslizantes para respeitar os naturais movimentos das construções em madeira.
  - Instalação eléctrica – Cabos, quadro, interruptores, disjuntores, armário, etc. e a sua instalação em opção, no entanto os troncos são sempre furados e preparados para receber de forma invisível a instalação eléctrica independentemente de quem faz a instalação.

- Móveis de cozinha – Em opção, vários modelos disponíveis.
- Aquecimento – Em opção, pode ser por radiadores, salamandra, lareira, tela radiante ou por mais de uma destas hipóteses.
- Revisões mecânicas – Inclui nos 2 primeiros anos de vida, 2 revisões mecânicas que consistem na afinação dos pilares, portas e janelas.

O preço de base inclui a construção e montagem de todos os elementos construtivos referidos anteriormente com a excepção dos opcionais e o transporte até uma distância de 200Km da fábrica. Não inclui a construção das fundações nem o processo de licenciamento da obra. O IVA deverá ser acrescentado à taxa em vigor.

O prazo de fabrico e montagem aproximado é de 1 mês por cada 100m<sup>2</sup>.

Quadro 4.17 – Custo das opcionais do construtor A

| Instalação eléctrica e de telecomunicações (€) | Instalação sanitária (€) | Tronco mais grosso 160/80 (€) | Tronco boleado (€) |
|------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 5.894                                          | 9.642                    | 4.741                         | 2.012              |

Os custos finais do Quadro 4.18 incluem o preço total com e sem as soluções opcionais referidas no Quadro 4.17, sendo que para objectivos de comparação só se considera a solução com todos os opcionais, excepto as fundações que não são incluídas.

Quadro 4.18 – Descritivo custos finais do construtor A

| Preço total s/ opções (€) | Preço total c/ opções (€) | Área (m <sup>2</sup> ) | Preço s/ opções (€/m <sup>2</sup> ) | Preço c/ opções (€/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 107.184                   | 127.461                   | 186                    | 576                                 | 685                                 |

#### c) Construtor B – Casa em madeira

No “Construtor B” escolheu-se a solução B.1 com uma área bruta de 185 m<sup>2</sup>, de dois pisos, rés-do-chão e primeiro andar. As paredes exteriores têm 134mm de espessura em Pinho nórdico.

No preço está incluído todas as partes de madeira que constituem a casa, cobertura em telha, isolamento, acabamento de pintura no interior e exterior, janelas, portas e portadas em madeira maciça, as fundações, instalação eléctrica, instalação sanitária, móveis de cozinha, azulejo e tijoleira, pavimento em madeira, fogão de sala e toda a mão-de-obra necessária para a montagem destes elementos. O transporte é gratuito até uma distância de 50Km da fábrica.

O preço total indicado no Quadro 4.19 inclui um preço de base tabelado de 123.512€ mais um custo adicional de 2.250€ para o projecto e não está incluído o processo de licenciamento.

O prazo estimado para fabrico e montagem é de 45dias por cada 100 metros quadrados.

Quadro 4.19 – Descritivo custos finais do construtor B

| Preço total (€) | Área (m <sup>2</sup> ) | Preço (€/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------|---------------------------|
| 125.762         | 180                    | 699                       |

## d) Construtor C – Casa em madeira

No “Construtor C” escolheu-se a solução C.1 com uma área bruta de 209 m<sup>2</sup>, de dois pisos, rés-do-chão com 157m<sup>2</sup> e primeiro andar com 52m<sup>2</sup> de área. As paredes exteriores são constituídas por toros rectangulares laminados de 114mm de espessura.

Os preços indicados correspondem ao fornecimento e montagem do kit em madeira maciça de pinho nórdico, incluindo:

- Paredes exteriores e interiores em troncos de madeira maciça e painel;
- Estrutura para assentamento da cobertura;
- Portas exteriores e interiores em madeira maciça;
- Janelas em madeira maciça, equipadas com vidro duplo e vedantes em borracha;
- Painéis de ventilação;
- Portadas tipo veneziana nos vãos exteriores;
- Revestimento do pavimento em madeira, excepto cozinha e casas de banho;
- Escada interior em madeira maciça;
- Pavimento intermédio em madeira maciça;
- Revestimento de tectos em madeira;
- Fornecedor de velaturas para tratamento de todas as paredes;
- Isolamento térmico na cobertura e paredes;

O “Construtor C” não inclui as instalações, nem as fundações. No entanto, recomendam um valor de aproximadamente 40% do valor do kit para estes custos adicionais. Também não se encontra incluído o preço do transporte. O IVA, deverá ser acrescentado à taxa em vigor.

O licenciamento e projecto são ofertas durante os meses de Verão ou seja para contratos assinados até final do mês de Agosto.

Os prazos são de 6 meses para a totalidade dos trabalhos, após adjudicação da obra. Quando solicitado pelo Cliente, é possível executar operação chave na mão.

Quadro 4.20 – Descritivo custos finais do construtor C

| Preço base (€)                                         | Custo das instalações (€) | Preço total * (€) | Área (m <sup>2</sup> ) | Preço base (€/m <sup>2</sup> ) | Preço total * (€/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 124.109                                                | 49.644                    | 173.753           | 209                    | 594                            | 831                               |
| * incluído 40% adicionais para fundações e instalações |                           |                   |                        |                                |                                   |

## e) Construtor D – Casa em madeira

No “Construtor D” escolheu-se a solução D.1 com uma área bruta de 183 m<sup>2</sup>, que se desenvolve apenas no piso rés-do-chão. As paredes exteriores são constituídas por toros rectangulares laminados de 114mm de espessura. O kit tem paredes duplas de 135mm pelo exterior e paredes interiores de 80 mm de espessura, em madeira maciça de Pinho nórdico.

- Base formada por um lintel em todo o perímetro da construção com cerca de 20 cm de altura, por sua vez maciçado em cimento e forrado a tijoleira (10€/m<sup>2</sup>),
- Instalação eléctrica com três tomadas por quarto, quatro por sala, uma por casa de banho e três na kitchenet; dois pontos eléctrico em cada compartimento e dois pontos de luz no exterior (junto à porta de entrada); quadro de luz com disjuntores e disjuntor diferencial. Toda a instalação eléctrica é feita pelo interior da madeira;
- Instalação de rede de águas quentes e frias (em PPR) e de esgotos (em PVC) nas casas de banho e kitchenet.
- Casas de banho equipadas com sanitários (Roca Victória ou Valadares Europa) e torneiras (Zenith Banhimi); nas casas de banho, as paredes que fiquem junto ao poliban ou banheira, são revestidas a gesso cartonado hidrófago forrado a azulejo (10€/m<sup>2</sup>);
- Na kitchenet, a parede entre o balcão e os armários superiores é forrada a gesso cartonado hidrófago revestido a azulejo (10€/m<sup>2</sup>);
- Chaminé (tubo com 12 cm de espessura) na kitchenet;
- Telhado formado por vigas e caibros à vista, forrado a madeira de forro, com 20 mm de espessura, sobre o qual é colocado isolamento térmico Boltherme e vara e ripa de madeira, onde assenta telha (Marselha ou Lusa);
- Janelas de vidro duplo e portadas para o exterior (das janelas);
- Tratamento e acabamento da madeira com velaturas à base de resinas;
- Garantia de cinco anos, conforme legislação em vigor;

As construções não incluem:

- Ligações a redes de águas, esgotos, electricidade e gás da casa ao exterior;
- Fornecimento e montagem de aparelhos de aquecimento tais como lareiras ou salamandras
- Transporte a uma distância superior a 50 km da sede da empresa;
- Despesas com obtenção de autorizações, licenças ou outras;
- O IVA, o qual deverá ser acrescentado à taxa em vigor.

O prazo global de fabrico e montagem para esta solução é de 6 a 7 semanas.

Quadro 4.21 – Descritivo custos finais do construtor D

| Preço total (€) | Área (m <sup>2</sup> ) | Preço (€/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------------|---------------------------|
| 120.780         | 183                    | 660                       |

#### 4.4.2. DESPESAS DE MANUTENÇÃO

A manutenção das casas em madeira maciça deve ser muito mais cuidada e regular do que nas casas tradicionais de alvenaria.

A manutenção consiste habitualmente na lavagem das paredes com água e, após secagem, a aplicação de duas demãos de velatura. Esta operação deve ser repetida em média todos os 3 anos, segundo algumas empresas prevê-se de 3 em 3 anos para paredes a sul, e de 4 em 4 anos para as restantes. Na verdade, vai depender muito da incidência do sol no local. Aconselha-se o proprietário a observar o aparecimento de manchinhas brancas. Se esse for o caso, é necessário fazer de imediato uma operação de manutenção.

Uma manutenção regular não significa obrigatoriamente maiores custos globais e é imprescindível em qualquer construção.

#### 4.4.3. PRAZO DE CONSTRUÇÃO

O prazo de construção não tem uma ligação directa com o custo global da obra. Todavia, não deixa de ser um factor económico pelo simples facto que, “Tempo é dinheiro”. Um menor tempo de construção de uma habitação permite diminuir custos associados ao empate de capital e de meios, no caso de rendas ou mensalidades de crédito de habitação.

Nesta situação, uma casa de madeira é uma grande vantagem já que a rapidez de execução e a forma de construção sem recurso à água e sem tempo de secagem, torna a casa habitável muito mais rapidamente que uma habitação em alvenaria.

Dependendo do nível de prefabricação, o prazo de construção pode variar entre 7 e 24 semanas. A construção de uma habitação equivalente em alvenaria pode demorar pelo menos cerca de 40 semanas.

Se por um lado o prazo de construção deste tipo de habitação é notoriamente mais rápido, há que ter em conta que dependendo das câmaras municipais o processo de licenciamento pode ser mais ou menos dificultado, atrasando assim o começo da construção o que pode diminuir significativamente a vantagem associada às casas de madeira neste tópico.

#### 4.4.4. ANÁLISE COMPARATIVA

O custo global depende da relação do custo inicial com os custos de manutenção e de conservação ao longo do tempo de vida útil da habitação.

Um exemplo evidente desta relação verifica-se na instalação do isolamento térmico. O investimento no isolamento térmico das fachadas durante a construção deve ser tal, que minimize os custos de exploração ao longo da vida do edifício, tendo em consideração as previsões com as futuras despesas de aquecimento e de arrefecimento. Normalmente, quanto maior o investimento inicial na construção do edifício, menores serão os futuros gastos com o aquecimento no interior do mesmo, esta relação pode ser verificada na figura 4.19.

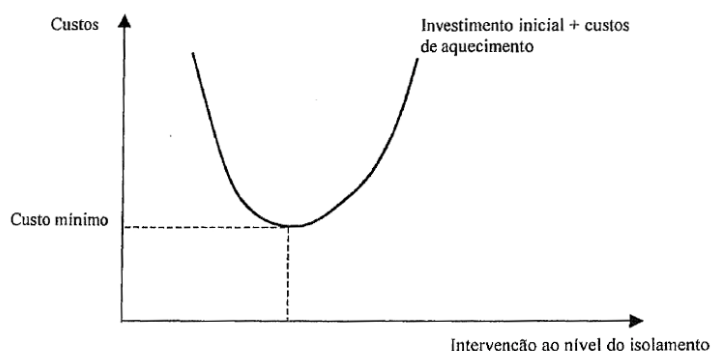


Fig.4.19 – Relação investimento inicial / Manutenção [13]

Analisando o investimento inicial verifica-se no Quadro 4.22 que os valores de construção de habitações em madeira maciça são ligeiramente mais elevados do que no caso de construções em alvenaria. Em média este tipo de construção é 12% mais caro, atingindo um valor máximo de 28% acima no caso do “Construtor C”. É essencial ter em consideração o carácter generalista desta análise. Os valores utilizados são aproximados devendo ser apenas encarados como exemplificativos. As várias soluções comparadas não têm todas as mesmas características, nomeadamente a espessura da madeira utilizada, que é um dos factores mais determinantes do custo final da construção, os serviços disponibilizados como o transporte, o facto de se tratar do processo de licenciamento ou não, o que uma comparação rigorosa torna difícil.

Quadro 4.22 – Comparação de preços

|                           | Construtor A | Construtor B | Construtor C | Construtor D | Média | Alvenaria |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-----------|
| Preço (€/m <sup>2</sup> ) | 685          | 726          | 831          | 660          | 726   | 650       |
| Diferença                 | 5%           | 12%          | 28%          | 2%           | 12%   | -         |

Os custos de manutenção e conservação têm uma componente igualmente importante no custo global de uma habitação. A manutenção tem por objectivo assegurar que todas as exigências formuladas sejam cumpridas durante o período de vida útil do edifício e da mesma forma aumentar a própria vida útil da habitação.

Como se referiu no ponto 4.4.2., as casas de madeira maciça exigem uma manutenção muito mais cuidada e regular do que as suas equivalentes em alvenaria. Porém, este aspecto poderá ser visto como positivo porque obriga as pessoas a cumprir as boas normas da manutenção do edifício, evitando a necessidade de gastos suplementares associados a degradações mais significativas ou a danos elevados que tornem algumas substituições de materiais ou soluções construtivas como imprescindíveis.

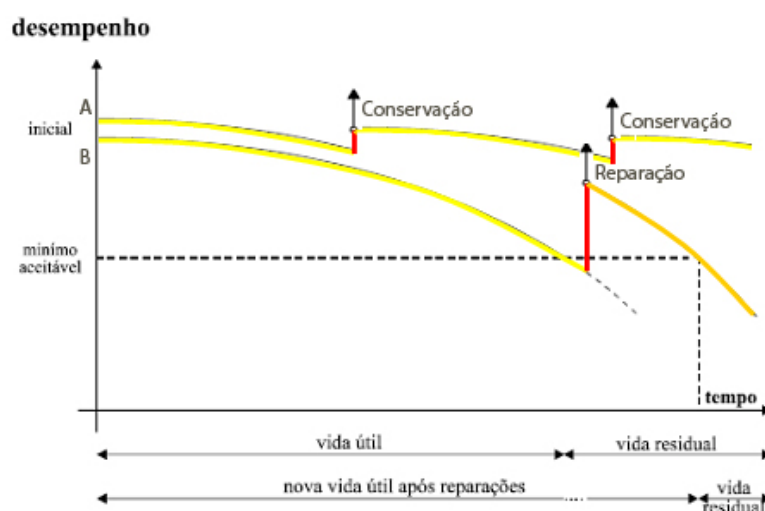


Fig.4.20 – Relação da vida útil com a manutenção

Este fenómeno é claramente representado na figura 4.20. No segmento B, o desempenho da habitação é levado ao seu mínimo aceitável, obrigando a custos de reparação elevados de modo a atingir níveis de conforto aceitáveis, enquanto que no segmento A é feita uma manutenção constante de baixa repercussão financeira que permite um prolongamento da vida útil da habitação.

Esta diferença de comportamento permite explicar o facto de existirem casas de madeira maciça com boas ou excelentes condições de habitabilidade com mais de cem anos, e casas de alvenaria em condições muito degradadas com apenas algumas dezenas de anos.

Para além dos custos de manutenção dos elementos construtivos, deve-se considerar o custo de manutenção das condições de normal conforto térmico ao longo dos anos, incluindo os custos energéticos associados aos sistemas de aquecimento no Inverno e arrefecimento no Verão. Estes custos dependem principalmente do nível de isolamento térmico existente. Como se verificou indica 4.3.7.5., as casas de madeira maciça em painel simples, actualmente vendidas pela maioria das empresas, não têm um desempenho melhor que uma parede de alvenaria tradicional em dupla fachada, exigindo nesse caso um maior custo energético, ao contrário do que muitas empresas afirmam:

“A construção é mais cara entre 15% a 20% que a mesma casa em construção tradicional, no entanto este acréscimo de investimento é facilmente recuperável em cerca de 8 a 12 anos, pelas poupanças energéticas.”

Apenas com um reforço térmico pelo interior esta afirmação poderia eventualmente ser válida.

Como se pode verificar a análise económica não é apenas dizer “é mais caro” ou “é mais barato”, pois depende dum conjunto de muitos factores a ter em conta, os quais poderão ter níveis de relevância diferentes conforme cada pessoa e cada situação.

#### **4.5. ANÁLISE GLOBAL**

Depois de feita uma análise detalhada nos pontos anteriores, procede-se em segundo ao resumo das características principais, vantagens e inconvenientes, das casas de madeira maciça para ser possível assim retirar conclusões relativamente a esta solução enquanto alternativa às habitações tradicionais em alvenaria.

Com esse objectivo elaborou-se o Quadro 4.23 que sintetiza todas as exigências avaliadas ao longo do capítulo. O quadro apresenta as várias exigências e sub-exigências, e para cada uma delas classifica-as segundo “Pior”, “Melhor” ou “Semelhante” em relação à sua homóloga em alvenaria.

A classificação apresentada neste quadro não é suficiente por si só, devendo ser complementada pela análise detalhada anteriormente, pois em muitas das exigências a classificação atribuída não representa fielmente toda a realidade, apenas a maioria das características que constituem a exigência, havendo outras que estarão em contradição ou de carácter subjectivo como é o caso das exigências de ordem estética.

Quadro 4.23 – Resumo das exigências e comparação com as habitações em alvenaria

| Tipo           | Exigência de desempenho             | Sub-exigências                         | Melhor | Pior | Semelhante |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------|------|------------|
| Segurança      | Segurança estrutural                | Segurança estrutural                   |        |      | x          |
|                |                                     | Solicitações de ocorrência excepcional | x      |      |            |
|                |                                     | Solicitações de ocorrência accidental  |        |      | x          |
|                | Segurança contra riscos de incêndio | Reacção ao fogo                        |        | x    |            |
|                |                                     | Resistência ao fogo                    | x      |      |            |
|                | Segurança na utilização             |                                        |        |      | x          |
| Habitabilidade | Segurança contra intrusão           |                                        |        |      | x          |
|                |                                     |                                        |        |      |            |
|                | Estanquidade à água                 | Aberturas                              |        | x    |            |
|                |                                     | Envolvente                             |        | x    |            |
|                | Estanquidade ao ar                  | Aberturas                              |        | x    |            |
|                |                                     | Envolvente                             |        | x    |            |
|                | Conforto higrotérmico               | Isolamento térmico                     |        | x    |            |
|                |                                     | Pontes térmicas                        | x      |      |            |
|                |                                     | Inércia térmica                        |        | x    |            |
|                |                                     | Condensações                           | x      |      |            |
|                | Pureza do ar                        |                                        | x      |      |            |
|                | Conforto acústico                   | Isolamento acústico                    |        |      | x          |
|                |                                     | Condicionamento acústico               | x      |      |            |
|                | Conforto visual                     |                                        | x      |      |            |
|                | Conforto tátil                      |                                        | x      |      |            |
| Durabilidade   | Facilidade de limpeza e manutenção  |                                        |        | x    |            |
|                | Adaptação à utilização normal       | Resistência a choques e atrito         |        |      | x          |
|                |                                     | Resistência à acção da água            |        | x    |            |
|                |                                     | Aderência ao suporte                   |        |      | x          |
|                |                                     | Resistência à suspensão de cargas      |        | x    |            |
|                |                                     | Resistência ao enodoamento pela poeira |        | x    |            |
|                | Durabilidade                        |                                        |        | x    |            |
|                | A sustentabilidade dos edifícios    |                                        | x      |      |            |
| Economia       | Investimento inicial                |                                        |        | x    |            |
|                | Manutenção                          | Custos conservação                     | x      |      |            |
|                |                                     | Custos energéticos                     |        | x    |            |
|                | Tempo de execução                   |                                        | x      |      |            |

Assim, para resumir, verificamos que estruturalmente uma casa de madeira maciça cumpre como qualquer outra habitação as normas de segurança exigidas pelo regulamento, tendo nalgumas situações, nomeadamente em caso de sismos, um comportamento superior. As exigências de segurança à intrusão e de segurança na utilização apresentam performances satisfatórias e semelhantes quando comparadas com as sua homólogas.

Considerando um nível de qualidade de construção adequado para as duas situações podemos assumir que terão um comportamento semelhante quanto à estanquidade à água e ao ar.

O risco de incêndio é um dos maiores receios por parte dos interessados em adquirir este tipo de habitação. Este receio no entanto não é fundamentado pois, pelo contrário a madeira tem bom comportamento em caso de incêndio pois arde lentamente, permitindo a evacuação de pessoas e bens atempadamente.

A sensação de conforto higrotérmico é maior numa casa de madeira. Contudo deve-se mais à propriedade da madeira de regular a humidade relativa do ar interior do que ao isolamento térmico, pois este é inferior ao de uma parede dupla de alvenaria.

Se por um lado a madeira regula bem a humidade, por outro a sua presença é uma das suas maiores desvantagens, pois com as alterações dimensionais que podem introduzir deformações inestéticas e eventualmente consequências importantes ao nível da capacidade resistente, bem como criar condições para o desenvolvimento de fungos e ataque de insectos.

As casas de madeira têm óptimas características de absorção sonora, porém têm um desempenho inferior ao tijolo ou ao betão quando se trata de isolamento acústico. Esta não é uma desvantagem muito grave, pelo facto da maioria destas habitações se localizar em zonas rurais onde os níveis de ruído ambiente são mais reduzidos.

O valor estético é uma das principais vantagens apresentadas pelos proprietários deste tipo de habitação, pois elas enquadram-se de forma harmoniosa na paisagem rural. Embora este parâmetro seja discutível, a verdade é que grande parte das pessoas aprecia a estética das casas de madeira. Para além disso as casas de madeira permitem uma modulação muito mais flexível da habitação.

As casas de madeira do ponto de vista ambiental são de realçar também. Numa altura em que as preocupações ecológicas são cada vez maiores, as casas de madeira destacam-se pela positiva como sendo das construções mais amigas do ambiente sobretudo pela sustentabilidade da sua construção. A madeira é um bem renovável, a sua utilização para a produção de materiais construtivos é de baixo consumo energético e é eficiente na medida que facilita a racionalização e o reaproveitamento dos materiais.

A nível económico chega-se facilmente à conclusão que este tipo de construção não é barata. Os preços de construção praticados no mercado português são elevados e aproximam-se muito da construção tradicional em alvenaria, sendo na maioria mais elevados. A sua manutenção deve ser regular e rigorosa, não sendo no entanto, mais cara. O tempo de execução da habitação é um dos grandes atractivos desta solução. Graças à industrialização e à prefabricação permite um processo de construção simples e de elevada rapidez, não exigindo tanto tempo e disponibilidade do cliente.

Perante o exposto, verifica-se que a opção por uma casa de madeira maciça estará sempre muito ligada à eventual atracção pelo seu ambiente próprio, odor, toque, toda a estética muito próprias que geram um sentimento especial de conforto e harmonia com a natureza. Do comprador por outro lado, uma ponderação lógica das vantagens e inconvenientes, será sempre fundamental e ditará geralmente a escolha final.

# 5

## CONCLUSÃO

Apresentam-se neste capítulo as principais conclusões resultantes do trabalho efectuado.

Verificou-se que a construção de casas de madeira representa uma fatia muito pequena do mercado nacional português, cerca de 2 a 3%. É contudo actualmente, um sector em expansão que tem gozado de boa saúde após o declínio verificado após 1950, devido ao betão armado, e que aconteceu graças à emergência das preocupações ambientais e em consequência do aparecimento de novos materiais em madeira (lamelados colados, contraplacados, etc.).

O actual mercado português evidencia uma vasta gama de soluções construtivas em madeira. Porém, a sua maioria não tem certificação ou homologações que garanta a qualidades dos mesmos, bem como a regulamentação existente, a qual não é adequada para este tipo de soluções. As empresas lançam para o mercado soluções construtivas sem informação credível nem suficiente para o consumidor eleger aquela que lhe convém. É necessário consciencializar os fabricantes da importância que os dados técnicos das soluções por eles fabricados têm para a transparência e eficácia do mercado. É assim fundamental que disponibilizem mais e melhor informação, tanto a técnicos como a clientes e utilizadores.

As deficiências existentes no mercado quanto à informação disponível têm criado, numa grande quantidade de pessoas interessadas nestas soluções, diversas dúvidas e receios relativamente às qualidades da solução, tendo-se já verificado a criação de várias comunidades online, debatendo o assunto, o que demonstra alguma preocupação social sobre o assunto (ver por exemplo [24] e [25]).

A partir do trabalho realizado ao longo da dissertação várias conclusões foram possíveis tirar.

Uma boa concepção é essencial na construção de qualquer casa mas é absolutamente fundamental quando se trata de casas de madeira maciça.

A importância dos detalhes construtivos neste tipo de construção deve-se principalmente à acção da humidade, a qual pode levar à deterioração do desempenho da madeira, à variação dimensional dos elementos estruturais, e em último caso à diminuição da resistência estrutural.

Os detalhes construtivos mais importantes a ter em conta dividem-se em dois grupos: os que previnem a instalação de humidade na madeira e aqueles que permitem diminuir as consequências da sua presença.

São exemplo do primeiro grupo, as protecções com beirados das fachadas, a eliminação da água de capilaridade, a protecção da madeira com velaturas, boa ventilação natural do interior e exterior dos edifícios, entre outros. O segundo grupo de detalhes construtivos implica a introdução de parafusos e tirantes metálicos, que permitam a regulação dos assentamentos, pormenores construtivos que

permitam às várias instalações acompanhar os movimentos da estrutura, bem como nas caixilharias das portas e janelas, de modo, a que não percam a estanquidade.

Através de uma análise objectiva do desempenho das casas de madeira maciça foi possível desmistificar certos dos receios, como por outro lado, verificar certas irregularidades nas qualidades das soluções construtivas, apresentadas por determinadas empresas.

O receio geral quanto ao desempenho das casas de madeira maciça em caso de incêndio, verificou não ser fundamentado, aliás mostrou possuir um desempenho equivalente ou superior às construções tradicionais.

A segurança estrutural encarada por muitos como inferior, quando comparada com a sensação de rigidez transmitida pelo betão e o tijolo, também provou não ser real. A casa de madeira em troncos é tão resistente como a sua homóloga, sendo até superior na resistência a sismos.

A manutenção é um assunto também muito abordado como negativo, sobretudo, por ser considerado mais caro e necessariamente mais rigoroso e frequente. Porém chega-se a conclusão que é o oposto, uma manutenção frequente permite um aumento do tempo de vida útil da habitação, ao contrário das casas de alvenaria em que a manutenção é desprezada, obrigando posteriormente a reparações de custo mais elevado. E o custo de cada processo de manutenção é bastante reduzido, podendo ser feito pelo próprio.

Pelo contrário, muitas empresas realçam determinadas qualidades das suas soluções construtivas que, depois de analisadas revelam-se não ser serem muito significativas, ou em certas situações, podendo ser consideradas uma desvantagem.

Temos por exemplo, a questão do isolamento térmico. Se é verdade que a madeira apresenta boas qualidades de isolamento térmico como material, por outro lado, a maioria das soluções construtivas no mercado são constituídas em pano simples de troncos, as quais tem um desempenho térmico inferior às de uma parede dupla de alvenaria.

O tempo de construção é considerado uma das principais vantagens deste tipo de sistema construtivo, o que é geralmente verdade, se consideramos apenas a construção propriamente dita. Todavia tendo em conta a situação actual em Portugal, verifica-se que o processo de licenciamento em certos casos é muito mais demorado do que numa casa de alvenaria, o que diminui significativamente a eventual vantagem do tempo ganho na construção.

Finalmente, em termos económicos, ao contrário do que se poderá pensar, esta solução construtiva não é mais barata do que uma equivalente em alvenaria, pelo contrário, é geralmente mais cara 10 a 15%. A justificação para tal encontra-se no facto que, em Portugal, esta solução construtiva não é muito divulgada, e como tal não existe uma grande concorrência no sector, para além de mais a construção em alvenaria em ainda relativamente barata em Portugal.

À luz do apresentado, considera-se que, de um ponto vista puramente lógico, não se justifica a compra de uma casa de madeira maciça em Portugal.

Todavia, é uma solução que poderá agradar muitos, independentemente das suas desvantagens, até porque segundo uma citação de Jacques Bossuet: “O coração tem razões que a própria razão desconhece”.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] AMORIM FARIA, J., *Divisórias leves prefabricadas - Conceção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados*, Tese de Doutoramento, FEUP, 1996
- [2] NATTERER, J., HERZOG, T. e VOLZ, M., *Construire en bois*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1998
- [3] SÁNCHEZ, J., MARTITEGUI, F., MARTITEGUI, C., ALVAREZ, M., SÁNCHEZ, F. e NEVADO, M., *Casas de madera*, Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y corcho. AITIM, 1995
- [4] ALLAN MACKIE, B., *The Owner-Built Log House*, Firefly Books, 2001
- [5] VAN de KUILEN, J. W. G., VAN der LINDEN, M. L. R., *Timber Frame Housing in Europe : Current Status and Development*, Workshop, 1st, Stuttgart, 1996, TNO Building and Construction Research, cop. 1997
- [6] BURCH, M., *Complete Guide to Building Log Homes*, Sterling Publishing Company, Inc., 1990
- [7] CHAMBERS, R., *Log Construction Manual: The Ultimate Guide to Building Handcrafted Log Homes*, Deep Stream Press, Wisconsin, 2003
- [8] *A visão da Monjolo*. Urbanismo & Construção, 15/02/2008, 15 páginas, Construpress Edições e Publicações, Lda., Mirandela
- [9] Regulamento de Segurança Contra Incêndio, Decreto-Lei n.º 64/90, de 21 de Fevereiro de 1990 e seguintes alterações
- [10] RGEU - Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951 e alterações seguintes.
- [11] RGR - Regulamento Geral sobre o Ruído, Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro de 2000 e seguintes alterações.
- [12] RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril e seguintes alterações.
- [13] FEUP, *Sebenta de Física das Construções*, Porto, 2004
- [14] MOURA PINTO, E., *Protecção contra incêndio para edifícios de madeira*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.
- [15] LNEC, *Resistência ao fogo de elementos de construção*. Especificação LNEC E364, Lisboa, 1990
- [16] <http://www.proteccaocivil.pt/SegurancaContraIncendios/Pages/default.aspx>, 06/06/2008
- [17] [www.extrusal.pt/boletim/](http://www.extrusal.pt/boletim/), 09/06/2008
- [18] RSA - Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes, Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio.
- [19] COLLOBET, RAYMOND, *L'humidité des bâtimens anciens. Cause et effets, Diagnostic et remèdes*. Editions Moniteur, Paris, 1989
- [20] Syndicat d'études interindustries-construction IC-IB – *Guide des Performances du Bâtiment. Façades 2*. Bruxelles, 1980

- [21] <http://www.logassociation.org/resources/>, 15/06/2008
- [22] <http://www.apawood.com>, 10/05/2008
- [23] [www.flirthermography.com/media/2005-010%20Amhaus.pdf](http://www.flirthermography.com/media/2005-010%20Amhaus.pdf), 12/06/2008
- [24] <http://forumdacasa.com/discussion/24/casas-de-madeira-em-portugal>, 25/06/2008
- [25] <http://www.casas-de-madeira.eu>, 25/06/2008
- [26] KAZUO NISHI, KAZUO HOZUMI, H. MACK HORTON, *What Is Japanese Architecture?*, Kodansha International, 1996
- [27] <http://www.northarrowloghomes.com/>, 25/06/2008
- [28] COOPER, J., *Log Homes Made Easy: Contracting and Building Your Own Log Home*, Stackpole Books, 2000
- [29] Cristina Salta. *Casas em madeira: um conceito de habitação 100 por cento natural*. Construção Magazine, 4º trimestre 2001, 84 páginas, Publinústrias, Porto
- [30] <http://dre.pt/pdf1sdip/2007/10/21001/0000300003.PDF>, 01/09/2008

#### PÁGINAS DE INTERNET

<http://www.aimmp.pt/base.htm>, site português da associação das indústrias de madeira e mobiliário de Portugal

<http://www.apawood.org/>, site Norte Americano, APA - The Engineered Wood Association, associação das indústrias produtoras de estruturas em madeira

<http://www.casas-de-madeira.eu/>, site português informativo sobre casas de madeira, fórum, empresas, contactos

<http://www.casasdemadeira.net/index.php>, Site português da empresa Concas Madeira, kit de madeira maciça do Brasil, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://casema.pt/>, Site da empresa Casema, kits importados do Brasil, apresentação da empresa, catálogo, manual técnico, contactos

<http://www.casasantista.com/index.htm>, Site português da empresa Casa Santista, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://clientes.paloalto.pt/ecotouch/>, Site português da empresa Ecotouch, casa em madeira maciça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.carmel.pt/index.htm>, Site português da empresa Carmel, comercializa kits em madeira maciça apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.casasdemadeira.net/>, Site português da empresa Concas Madeira, casa em madeira maciça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.danecasa.com>, Site português da empresa Danecasa, casas de estrutura em madeira ou aço, representante da marca dinamarquesa scanwo, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.exotic-house.pt/>, Site português da empresa Exotic house, casa de madeira exóticas, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.fcba.fr/>, site francês do Centro Técnico da Madeira e do Mobiliário

<http://www.finlusa.pt/>, Site português da empresa finlusa, representante da empresa honka, comercialização de kits de madeira de pinho nórdico, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.fuldex.com/>, Site português da empresa Fuldex, kits em madeira maciça apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.guianet.pt/camolde/>, Site português da empresa Camolde, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.honkalusa.com>, Site da empresa finlandesa honka com filial em Portugal de venda de kits em madeira maciça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.infomadera.net/home/index.php>, site espanhol da Associação de Investigação Técnica das Industrias da Madeira, serviços técnicos, publicações, informações úteis, contactos

<http://www.ipq.pt/>, site do instituto português da qualidade

<http://www.lignum.ch/>, site suíço do centro investigação e promoção da madeira suíça Cedotec

<http://www.lnec.pt/>, sites português do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, serviços, informações, contacto

<http://www.logdomus.pt/>, Site português da empresa logdomus, representa sistema construtivo escandinavo, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://loghomelinks.com/>, site norte-americano informativo sobre casas em madeira maciça

<http://www.marcoal.com/empatias/>, Site português da empresa Empatias, kist em madeira maciça, apresentação da empresa, catálogo, mobiliário, contactos

<http://www.mmadeiras.pt/>, Site português da empresa Mesquita madeiras, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.mocicasa.com>, Site português da empresa Mocicasa, casa em madeira maciça, sistema peça a peça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.monjolo.pt/>, Site português da empresa Monjolo, casas de madeira exótica, madeira importada do Brasil, sistema peça a peça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.nordicasa.pt/>, Site português da empresa Nordicasa, casas de madeira maciça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.pai.pt/>, site das páginas amarela, informação variada sobre empresas, contactos, empregados, nº de empregados, volume de negócios.

<http://www.rusticasa.com/>: Site da empresa portuguesa Rusticasa, fabricante nacional de kits em madeira maciça, apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.springconstrucoes.com/lapponia>, Site português representante da empresa finlandesa Laponia House, casa em madeira maciça em painéis pré-fabricados já prontos, apresentação da empresa, catálogo, contactos painéis pré-fabricados já prontos

<http://www.toscca.com/>, site da empresa portuguesa Toscca, , apresentação da empresa, catálogo, contactos

<http://www.trada.co.uk>, site do Reino Unido da TRADA, Timber Research and Development Association, centro internacional de especificação e uso da Madeira e derivado





# **ANEXO 1**

## **EMPRESAS NO MERCADO PORTUGUÊS**

**CONTACTOS**



## 1-lugar-pra-viver Lda

**Carregado do Sal**  
Avenida Nossa S<sup>a</sup> das Febres  
Rotunda Sul  
3430-039 CARREGADO DO SAL

 232 962 703  
 232 962 702  
 <http://www.1-lugar-pra-viver.pt/>  




## AME International

**Oliveira do Hospital**  
Apartado 140  
3400-105 OLIVEIRA DO HOSPITAL

 917 548 709  
 229 486 893  
 <http://www.ame-inter.com/>  
 [ame-int@sapo.pt](mailto:ame-int@sapo.pt)

## Arestalrústicos - Indústria e Comércio de Madeiras Lda

**Sever do Vouga - Cedrim**  
Zona Industrial Lote 12  
3740-023 CEDRIM

 234 556 265  
 234 556 526  
 <http://www.arestalrusticos.pt/>  
 [camolde@clix.pt](mailto:camolde@clix.pt)



## Capa - Engenharia e Construções Metalomecânicas SA

**Valongo**  
R Ribeiro Cambado 1491  
4440-695 VALONGO

 224 219 600  
 224 219 609  
 <http://www.capa.pt/>  
 [mail@capa.pt](mailto:mail@capa.pt)



## Camolde Madeiras SA

**Maia**  
Estrada Nacional 14 Km 7, Maia  
4470-038 MAIA

 917 548 709  
 229 486 893  
 <http://www.guianet.pt/camolde/>  
 [camolde@clix.pt](mailto:camolde@clix.pt)



## Carmel - Carpintaria Mecânica Lda

**Ovar**  
R Doutor Mário Sacramento, Ovar  
3880-208 OVAR

 256 572 317  
 256 587 803  
 <http://www.carmel.pt>  
 [carmellda@sapo.pt](mailto:carmellda@sapo.pt)





### CASA DO BOSQUE - Construções de Madeira SA

256 792 029

256 792 029

<http://www.casadobosque.pt/>

[mail@casadobosque.pt](mailto:mail@casadobosque.pt)

**Ovar**

R Doutor Mário Sacramento, Ovar

3880-208 OVAR



213 427 162

213 427 161

<http://www.casasdanatureza.com/>

[casasdanatureza@netcabo.pt](mailto:casasdanatureza@netcabo.pt)

### CASAS DA NATUREZA

**Lisboa**

Praça Príncipe Real, 6 - 3º Dto

1250-184 LISBOA



244 480 050

244 480 059

<http://www.casema.pt/>

[geral@casema.pt](mailto:geral@casema.pt)

### CASEMA

**Porto de Mós - Calvaria de Cima**

Estrada São Jorge

2480-055 CALVARIA DE CIMA



917 059 730

282 624 870

<http://www.cb-technics.com>

[cb-technics@web.de](mailto:cb-technics@web.de)

### C&B TECHNICS

**Algarve**

Apartado 31

8650 - 999 SAGRES



252 619 166

252 619 166

<http://www.casasdemadeira.net/>

[geral@casasdemadeira.net](mailto:geral@casasdemadeira.net)

### CONCASMADERA

**Vila do Conde**

Avenida Júlio S Dias 323-lj 14

4480-673 VILA DO CONDE



218 124 891

218 137 362

<http://www.consorcil.pt/>

[consorcil@consorcil.pt](mailto:consorcil@consorcil.pt)

### CONSORCIL

**Lisboa - Alto do Pina**

Largo Casal Vistoso 3,1º-E

1900-142 LISBOA

## DANECASA Lda

**Albufeira - Guia**  
Estrada Nacional 125  
8200-417 GUIA ABF

 289 571 270  
 232 962 702  
 <http://www.danecasa.com/>  
 [info@danecasa.com](mailto:info@danecasa.com)



## ECOTOUCH Lda

**Lisboa**  
R Fernando Lopes Graça, N°5  
1600-076 LISBOA

 217 523 080  
 217 523 089  
 <http://clientes.paloalto.pt/ecotouch/>  
 [info@ecotouch.pt](mailto:info@ecotouch.pt)



## EMPATIAS

**Corroios**  
Alameda Diego Velasquez n.225  
2855-513 CORROIOS

 212 961 568  
 212 961 568  
 <http://www.marcoal.com/empatias/>  




## ENGARCONS - Arquitectura e Construção Lda

**Vila do Conde**  
Av Dr João Canavarro, 305 – sala 43, 4º  
4480-668 VILA DO CONDE

 919 187 619  
 252 647 754  
 <http://www.engarcons.com/>  
 [tecnico@encargons.com](mailto:tecnico@encargons.com)



## EXOTIC HOUSE - Casas de Madeira Lda

**Cantanhede**  
Rua José Barreto, 25 - Póvoa da Lomba  
3060-213 CANTANHEDE

 917 548 709  
 229 486 893  
 <http://www.exotic-house.pt/>  
 [exotic.house.lda@gmail.com](mailto:exotic.house.lda@gmail.com)



## FINLUSA - Sociedade de Construções Lda

**Vila Franca de Xira**  
Estrada Proverba 67  
2615-324 ALVERCA DO RIBATEJO

 219 589 890  
 219 589 899  
 <http://www.finlusa.pt>  
 [geral@finlusa.pt](mailto:geral@finlusa.pt)





### FULDEX - Fábrica de Artigos de Madeira

218 123 231

218 121 765

<http://www.fuldex.com>

[sede@fuldex.com](mailto:sede@fuldex.com)

**Lisboa - São Jorge de Arroios**

Avenida Almirante Reis 104,2º-E

1169-162 LISBOA



243 557 600

243 558 498

<http://www.grupopravin.pt>

[geral.grupopravin@mail.telepac.pt](mailto:geral.grupopravin@mail.telepac.pt)

### GRUPO PRAVIN

**Alpiarça**

Rua 1.º de Maio – Casalinho

Apartado 28

2094-909 ALPIARÇA



210 990 018



<http://www.honka.com.pt>

[geral@honka.com.pt](mailto:geral@honka.com.pt)

**Caminha**

Rua dos Poços, 167 - Vilarelho

4910 – 617 CAMINHA

### HONKA



274 600 180

274 600 189

<http://www.imowood.pt>

[geral@imowood.pt](mailto:geral@imowood.pt)

### IMOWOOD - Imóveis de Madeira Lda

**Sertão**

Av Gonçalo Rodrigues Caldeira, Nº62 1º

6100-732 SERTÃO



932 425 378

269 744 788

<http://intertimber.net/>

[intertimber@gmail.com](mailto:intertimber@gmail.com)

### INTERTIMBER Lda

**Vila Nova de Santo André**

Bairro Porto Velho n.º 41 - 2º Dt.º

7500-220 VILA NOVA DE Sº ANDRÉ

## LACELAL

**Estoril**  
R do viveiro nº166  
1º dto monte Estoril  
2765-294 ESTORIL

919 310 446  
<http://lacecal.com.sapo.pt/>  
[lacecal@gmail.com](mailto:lacecal@gmail.com)



## LAPANDA Lda

**Santarém**  
Castelo do Bode

213013223  
213013224  
<http://www.lapanda.pt/>  
[jose.coelho@lapanda.pt](mailto:jose.coelho@lapanda.pt)



## LINHA MAIS - Pré Fabricados

**Alenquer - Santo Estevão**  
Estrada Batalheiro Casal Nóbrega  
2580-347 ALENQUER

263 711 393  
263 711 393  
<http://www.linhamais.com>



## LISCASA - Sociedade de Materiais e Construções Lda

**Lisboa - São Francisco Xavier**  
R Rodrigo Reinél 11-A  
1400-319 LISBOA

213 014 017  
213 018 873  
<http://www.liscasa.pt/>  
[liscasa@net.sapo.pt](mailto:liscasa@net.sapo.pt)



## LOGDOMUS - Construções Lda

**Santa Maria da Feira - Rio Meão**  
R Tapadinha , Cardielos  
4520-454 RIO MEÃO

256 792 311  
256 084 197  
<http://www.logdomus.pt>  
[logdomus@logdomus.pt](mailto:logdomus@logdomus.pt)



## LUÍS CAPELA Lda

**Aveiro**  
Rua da Fonte, Lote 4  
3810-841 Quintãs

234 943 273  
<http://www.luiscapela.com/>  
[info@luiscapela.com](mailto:info@luiscapela.com)





## MESQUITA MADEIRAS SA

229 431 280 

229 431 297 

<http://www.mmadeiras.pt/> 

[mesquita.madeiras@ammesquita.pt](mailto:mesquita.madeiras@ammesquita.pt) 

### Maia

Rua do souto nº 1

4470-215 MAIA



229 351 178 

229 363 001 

<http://www.modular-system.com/> 

[info@modular-system.com](mailto:info@modular-system.com) 

## MODULAR SYSTEM

### Matosinhos

R roberto ivens, 1351

4450.257 MATOSINHOS



244 481 844 

244 481 969 

<http://casas.monjolo.pt/> 

[monjolo@monjolo.pt](mailto:monjolo@monjolo.pt) 

### Porto de Mós - Calvaria de Cima

R IC 2 44, S.Jorge

2480-062 CALVARIA DE CIMA

## MONJOLO - Casas de Madeira Maciça



244 587 922 

244 587 929 

<http://www.naturasa.pt/> 

[geral@naturasa.pt](mailto:geral@naturasa.pt) 

### Marinha Grande

R Rainha Santa Isabel Burinhosa

Apartado 557

2431-907 MARINHA GRANDE

## NATURASA Lda – Casas de madeira



229 446 969 

229 446 971 

<http://www.nogueirafernandes.eol.pt> 

[nogueira\\_fernandes@sapo.pt](mailto:nogueira_fernandes@sapo.pt) 

### Matosinhos - Custóias

R Carvalhas Armz 9

4460-710 CUSTÓIAS MTS

## NOGUEIRA FERNANDES Lda



962 738 516 

<http://www.nordicasa.pt/> 

[geral@nordicasa.pt](mailto:geral@nordicasa.pt) 

### Seia

Av. dos Emigrantes Nº 32A

6270-141 PINHANÇOS

## NORDICASA - Casas em Madeira Lda

## JORGE LIRA unipessoal Lda

**Maia**  
Via Diagonal, 2190  
Silva Escura  
4475-078 MAIA

 93 697 1238  
 22 982 5906  
 <http://www.jlu.pt/>  
 [Geral.norma@jlu.pt](mailto:Geral.norma@jlu.pt)



## NOVO HABITAT - Casas de Madeira

**Viana do Castelo - Barroselas**  
R Calvário 123, Barroselas  
4905-473 BARROSELAS

 258 770 360  
 258 770 369  
 <http://www.novohabitat.com.pt/>  
 [info@novohabitat.com.pt](mailto:info@novohabitat.com.pt)



## PANEL CONFORT HOUSE

   
 <http://www.panelconforthouse.com/>  
 [portugal@panelconforthouse.com](mailto:portugal@panelconforthouse.com)



## PORTILAME - Engenharia e Madeira Lda

**Esposende - Apúlia**  
Areia-Apúlia  
4740 APÚLIA

 253 986 063  
 253 986 064  
 <http://www.portilame.com>  
 [luis.rocha@portilame.com](mailto:luis.rocha@portilame.com)



## PREFIMAT

**Loures**  
Quinta Amálias -, Barro  
2670-345 LOURES

 219 835 313  
   
 <http://www.prefimat.com>  
 [geral@prefimat.com](mailto:geral@prefimat.com)



## RUSTICASA - Construções Lda

**Vila Nova de Cerveira - Campos**  
Zona Industrial Campos 1  
4920-012 CAMPOS VNC

 251 797 134  
 251 700 909  
 <http://www.rusticasa.pt/>  
 [info@rusticasa.pt](mailto:info@rusticasa.pt)





## SPRING CONSTRUÇÕES

219 291 200 

968 200 682 

<http://www.springconstrucoes.com/> 

[geral@springconstrucoes.com](mailto:geral@springconstrucoes.com) 

**Colares**

Avenida Dr. Brandão Vasconcelos, 212

Almoçageme

2705-018 COLARES



## TAGUSLANDIA Lda

212 420 441 

<http://www.taguslandia.com/pt/> 

[correio@taguslandia.com](mailto:correio@taguslandia.com) 

**Alenquer**



232 762 487 

232 762 682 

<http://www.toscca.com/> 

[geral@toscca.com](mailto:geral@toscca.com) 

**Oliveira de Frades**

Zona Industrial Lote 72, Travassós

3680-170 OLIVEIRA DE FRADES

## TOSCCA - Equipamentos em Madeira Lda