



PERMANÊNCIA E TRANSFORMAÇÃO

CONTRIBUTOS PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS
MODERNOS NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO
ARQUITETÓNICO. OS PRODUTOS TÉCNICOS DE MADEIRA

Inês Filipe Pereira da Fonseca

Tese apresentada à Universidade de Évora
para obtenção do Grau de Doutor em Arquitetura

ORIENTAÇÃO: *José Saporiti Machado*

CO-ORIENTAÇÃO: *Virgolino Ferreira Jorge*

Esta tese inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

ÉVORA, DEZEMBRO 2014



AGRADECIMENTOS

À Teresa, à Carlota e ao Hélder por todo o tempo que me deram;

Ao Engenheiro José Saporiti Machado por tudo o que me ensinou sobre madeira e derivados, pela dedicação incansável e pela motivação constante, que me fizeram levar esta tarefa até ao fim;

Ao Professor Doutor Virgolino Jorge que, desde a primeira hora, acolheu o meu projeto e cujos contributos muito enriqueceram o resultado final deste trabalho;

À Engenheira Helena Cruz, que me recebeu no LNEC;

Ao Engenheiro António Henriques do LNEC, que realizou os ensaios;

À Sofia e ao Paulo por todo o apoio prestado e pela simpatia com que me receberam;

Ao senhor Fernando do LNEC que se disponibilizou para aplicar as argamassas nas paredes;

Ao Engenheiro Fernando Cartaxo, pela cal para a elaboração das argamassas, pelas sugestões e contribuições para a realização das paredes;

Ainda, ao Arquiteto José Adrião que me permitiu a entrada no prédio da Rua dos Fanqueiros, em Lisboa, e a todos os anónimos que me permitiram realizar registos, medições e fotografias em diversos locais do território nacional;

Por último, ao meu pai e à minha irmã pela leitura atenta.

RESUMO

PERMANÊNCIA E TRANSFORMAÇÃO. CONTRIBUTOS PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS MODERNOS NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO. OS PRODUTOS TÉCNICOS DE MADEIRA.

No último século, o conceito de património tornou-se cada vez mais abrangente e são muito maiores os desafios que se colocam à conservação arquitetónica. No trabalho que se apresenta procurou-se demonstrar a viabilidade, no espírito da conservação integrada, de utilizar materiais modernos na reabilitação do património arquitetónico.

A madeira sempre existiu em abundância no território nacional, pelo que, ao longo dos tempos, foram surgindo diferentes modos de construir com este material. A investigação identificou e caracterizou diferentes sistemas construtivos de coberturas, pavimentos e paredes com utilização de madeira. O estudo também avaliou o comportamento das paredes face às exigências atuais, justificando a sua permanência ou procurando orientar a sua transformação.

Os materiais, a sua forma de produção e a sua aplicação alteraram-se muito, pelo que se tentou entender como os novos materiais podem contribuir para a reabilitação do edificado. Estudaram-se os Produtos Técnicos de Madeira (PTM) e de que forma estes podem contribuir para uma melhoria do desempenho daqueles sistemas construtivos.

ABSTRACT

PERSISTENCE AND TRANSFORMATION. CONTRIBUTIONS FOR THE USE OF MODERN MATERIALS IN ARCHITECTURAL HERITAGE CONSERVATION. THE ENGINEERING WOOD PRODUCTS.

In the last century the concept of heritage has widened itself and the challenges facing the architectural conservation are nowadays much more demanding. This research aims to demonstrate the viability, in the light of integrated conservation, of using modern materials to rehabilitate architectural heritage.

Wood has always been quite abundant in portuguese national territory, so much so that, over the years, different sorts of construction methods have arise. This research identifies and characterizes different roof, wood and pavement systems using wood. In addition, it rates the behavior of these walls facing nowadays challenges, justifying its permanence or managing its transformation.

The materials, and its way of being produced as well as its application, has suffered tremendous changes. Therefore, the aim is to understand how new materials may contribute to construction rehabilitation, more specifically, the Engineering Wood Products (EWP) and how they could contribute to the performance of those building systems.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	p. 7
ÍNDICE DE QUADROS	p. 10
INTRODUÇÃO	p. 11
CAPÍTULO I – O PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO COMO CONCEITO E COMO RECURSO	p. 18
CAPÍTULO II – A CONSERVAÇÃO INTEGRADA	p. 30
2.1. A CARTA EUROPEIA DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO E O CONCEITO DE CONSERVAÇÃO INTEGRADA	p. 32
2.2. A CONSERVAÇÃO INTEGRADA E A REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO	p. 36
2.3. A CONSERVAÇÃO INTEGRADA E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS MODERNOS NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO	p. 42
CAPÍTULO III – MATERIAIS TRADICIONAIS <i>VERSUS</i> MATERIAIS MODERNOS	p. 46
CAPÍTULO IV – A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	p. 60
4.1. A MADEIRA	p. 60
4.2. A GÉNESE DA MADEIRA COMO MATERIAL ESTRUTURAL	p. 62
4.3. OUTRAS PROPRIEDADES DA MADEIRA	p. 68
4.4. OUTROS ASPETOS PARA UMA CORRETA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA	p. 69
4.5. A UTILIZAÇÃO DE MADEIRA NA CONSTRUÇÃO AO LONGO DOS TEMPOS	p. 73
4.6. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS TRADICIONAIS COM INCORPORAÇÃO DE MADEIRA	p. 82
4.6.1. Paredes	p. 87
4.6.1.1. <i>Madeira revestida com materiais vegetais</i>	p. 87
4.6.1.2. <i>Madeira com revestimento em tabuado</i>	p. 89
4.6.1.3. <i>Madeira com revestimento em argamassa</i>	p. 93
4.6.1.4. <i>Madeira com enchimento em argamassa</i>	p. 97
4.6.1.5. <i>Madeira com enchimento em alvenaria</i>	p. 100

4.6.2. Coberturas	p. 107
4.6.3. Tetos	p. 110
4.6.4. Pavimentos	p. 112
4.7. ANÁLISE AOS PRINCIPAIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS E SUA ADEQUAÇÃO ÀS EXIGÊNCIAS NORMATIVAS	p. 116
CAPÍTULO V - PRODUTOS TÉCNICOS DA MADEIRA	p. 125
5.1. BREVE EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PTM	p. 130
5.2. OS PRINCIPAIS PRODUTOS TÉCNICOS DA MADEIRA	p. 133
5.2.1. Placas de madeira maciça (SWP)	p. 135
5.2.2. Contraplacado (PW)	p. 137
5.2.3. Placa microlamelada colada (LVL) e produtos afins	p. 139
5.2.4. Placas de Aglomerado de Partículas de madeira longas e orientadas (OSB)	p. 141
5.2.5. Placas de aglomerado de partículas de madeira (P)	p. 142
5.2.6. Placas de aglomerado de madeira-cimento (CBPB)	p. 144
5.2.7. Placas de aglomerado de fibras de madeira (FB)	p. 147
5.2.8. Composto de madeira e plástico (WPC)	p. 150
5.2.9. Produtos laminados	p. 151
5.3. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PTM	p. 154
5.4. ALGUMAS REALIZAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE PTM	p. 157
CAPÍTULO VI - REFORÇO DE PAREDES INTERIORES TRADICIONAIS POR MEIO DE PLACAS DE DERIVADOS DE MADEIRA	p. 164
6.1. INTRODUÇÃO	p. 164
6.2. CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	p. 166
6.2.1. Materiais utilizados	p. 166
6.2.2. Ensaio de corte no plano do painel	p. 173
6.3. RESULTADOS	p. 176

Permanência e transformação. Contributos para a utilização de materiais modernos na conservação do património arquitetónico. Os produtos técnicos de madeira.

6.4. CONCLUSÕES	p. 184
CAPÍTULO VII - A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO COM RECURSO A PRODUTOS TÉCNICOS DE MADEIRA (PTM)	p. 186
CONSIDERAÇÕES FINAIS	p. 198
BIBLIOGRAFIA	p. 202
ANEXOS	
Anexo 1 – Mapa de Portugal com distribuição das soluções tradicionais com incorporação de madeira	
Anexo 2 – Fichas de Registo de soluções tradicionais com incorporação de madeira	
Anexo 3 – Esquema de amostragem para o ensaio	
Anexo 4 – Características das placas de derivados de madeiras utilizadas nas soluções de reforço ensaiadas no capítulo VI	
Anexo 5 – Resultados dos ensaios	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Évora, Praça de Giraldo e Rua 5 de Outubro.	p. 22
Figura 2. Guimarães, o Castelo e habitações numa praça da área classificada.	p. 24
Figura 3. Monsaraz, área intramuros e zona dos parques de estacionamento.	p. 28
Figura 4. Marialva, concelho de Meda e Piódão, concelho de Arganil.	p. 29
Figura 5. Produção artesanal de tijolos maciços cozidos em São Pedro do Corval, Reguengos de Monsaraz.	p. 47
Figura 6. Pavilhão da Alemanha em Barcelona, do Arq. Mies van der Rohe e Pavilhão de Ténis de Matosinhos do Arq. Fernando Távora.	p. 57
Figura 7. Secção transversal de um tronco.	p. 60
Figura 8. Bases para Dendrocronologia.	p. 61
Figura 9. Alturas identificadas das árvores mais altas por espécie, comparadas com o Big Ben.	p. 63
Figura 10. Estrutura tipo de madeira resinosa.	p. 64
Figura 11. Estrutura de uma fibra.	p. 67
Figura 12. Esquema de formação da estrutura de uma árvore.	p. 68
Figura 13. Estrutura elementar de madeira.	p. 74
Figura 14. Corte transversal de uma igreja gótica. Onde são visíveis as estruturas de madeira.	p. 76
Figura 15. Mapa de uso do solo no território nacional (s.d.).	p. 81
Figura 16. Vistas de Santa Comba Dão e de Lamego e pilastra a imitar pedra na Covilhã.	p. 83
Figura 17. Habitação no Carvalhal, Grândola.	p. 88
Figura 18. Habitações em Escaroupim, Salvaterra de Magos.	p. 90
Figura 19. Sistema construtivo encontrado - desenho esquemático.	p. 91
Figura 20. Vista do imóvel e pormenor, Travanca, Armamar.	p. 92
Figura 21. Tabique exterior em Tarouca e tabique interior com caniço em Lagos.	p. 95
Figura 22. Tabique com acabamento final em reboco - desenho esquemático.	p. 96
Figura 23. Tabique com acabamento final em ardósias em escama - desenho esquemático.	p. 97
Figura 24. Habitações em Salzedas, Tarouca e em Alpedrinha, Fundão.	p. 98
Figura 25. Madeira com enchimento e revestimento em argamassa de terra - desenho esquemático.	p. 99
Figura 26. Sistema construtivo com vigamentos na vertical e na diagonal e enchimento em alvenaria.	p. 101
Figura 27. Exemplos em Azinhaga, na Golegã, em Azervadinha, em Coruche, e em Lagos.	p. 102
Figura 28. Sistema construtivo identificado em Coruche - desenho esquemático.	p. 103
Figura 29. Sistema construtivo “gaiola pombalina” - desenho esquemático.	p. 106

Figura 30. Trapeiras - vista da estrutura interior e vista exterior; Avis e Castro de Aire.	p. 107
Figura 31. Exemplo de asna simples	p. 109
Figura 32. Cobertura e teto da ala Sul do claustro do Convento de São Bento de Avis.	p. 110
Figura 33. Teto de «saia camisa» e teto de fasquiado com argamassa de gesso.	p. 111
Figura 34. Vista inferior de estrutura de pavimento.	p. 113
Figura 35. Sistemas de encaixe do soalho. «meio-fio» e «macho-fêmea».	p. 115
Figura 36. Estrutura de pavimento.	p. 116
Figura 37. Redução da transmissão sonora de elementos de compartimentação homogêneos, simples, em função da sua massa superficial.	p. 123
Figura 38. Produtos Técnicos de Madeira.	p. 126
Figura 39. Régua de SWP para soalhos.	p. 136
Figura 40. Placa de contraplacado.	p. 137
Figura 41. Viga de Madeira microlamelada colada.	p. 139
Figura 42. Amostra de OSB.	p. 141
Figura 43. Amostra de pavimento técnico com miolo em aglomerado de partículas e revestimento em linóleo e placa de aglomerado com revestimento em folha de madeira.	p. 144
Figura 44. Amostras de diferentes placas de aglomerado de partículas de madeira-cimento com diferentes colorações e acabamentos diferentes.	p. 145
Figura 45. Amostras de placas isolantes de fibras de madeira .	p. 148
Figura 46. Amostras de placas para absorção acústica em MDF.	p. 149
Figura 47. Amostra de um deck em compósito de madeira e plástico.	p. 151
Figura 48. Painel Sanduíche com EPS, madeira maciça e aglomerado de partículas e amostra de ICOWALLPANEL	p. 152
Figura 49. Imagens do edifício de madeira em altura do gabinete Waugh Thistleton, imagem do interior durante as obras e aspeto final interior	p. 159
Figura 50. Imagens do Cineteatro da Guarda e do Jardim-de-infância do Cacém.	p. 160
Figura 51. Duas construções de madeira pré-fabricadas. Covões, Avis e Modular System.	p. 163
Figura 52. Esquemas da estrutura de madeira dos painéis.	p. 167
Figura 53. Painéis sem a argamassa e humedecimento da estrutura, antes da aplicação das massas.	p. 168
Figura 54. Aplicação de leite cal e aspeto dos painéis após a secagem da caiação.	p. 169
Figura 55. Aplicação de argamassa na estrutura de madeira.	p. 170
Figura 56. Painéis reforçados com MDF e contraplacado a serem preparados para o ensaio.	p. 171
Figura 57. Esquemas da estrutura de madeira dos painéis executados com os reforços (a vermelho).	p. 173
Figura 58. Procedimento de aplicação de carga.	p. 174
Figura 59. Esquema de ensaio com indicação dos pontos de leitura do deslocamento.	p. 176

Figura 60. Painel a ser preparado para o ensaio e o ensaio a decorrer.	p. 177
Figura 61. Valores médios dos resultados dos ensaios aos painéis sem reforço prévio, com distinção entre tipos de painel (L/E) e identificação dos submetidos a caiação prévia (CH).	p. 178
Figura 62. Valores médios dos ensaios aos painéis antes e após reforço, com distinção entre tipo de painel (L/E).	p. 179
Figura 63. Localização dos pregos de ligação entre as placas de derivados e o painel de tabique que se partiram durante o ensaio (incluindo painéis reforçados após dano e painéis reforçados sem dano prévio).	p. 181
Figura 64. Valores médios dos ensaios aos painéis após reforço com distinção entre o tipo de painel (L/E) e o tipo de reforço (MDF/PW).	p. 182
Figura 65. Resultados médios dos ensaios aos painéis apenas ensaiados após reforço (distinção entre tipo de painel e tipo de reforço).	p. 183
Figura 66. Resultados dos ensaios aos painéis antes e depois do reforço com placas de MDF/PW e aos provetes não ensaiados sem reforço (distinção entre os provetes tipo E e L).	p. 184
Figura 67. Exemplo de painéis em MDF, esculpido em profundidade, para utilizar em paredes e tetos.	p. 190
Figura 68. Exemplo de reconstrução de cobertura com recurso a Placas de Fibras de madeira brandas (SB) sobre estrutura de madeira; neste caso melhoraram-se as ligações entre a estrutura e as paredes com recurso a uma cantoneira de ferro.	p. 192
Figura 69. Exemplo de utilização de pavimento em painéis de madeira-cimento sobre estrutura de madeira; neste sobre o painel vai ser aplicado um revestimento final cerâmico .	p. 196
Figura 70. Introdução de uma instalação sanitária com recurso a paredes divisórias executadas com MDF colorido, que se destaca do espaço branco.	p. 197

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Tipos de sistemas construtivos identificados na edificação de paredes exteriores e interiores	p. 86
Quadro 2. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com revestimento em materiais vegetais	p. 118
Quadro 3. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com revestimento em tabuado	p. 119
Quadro 4. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de terra	p. 120
Quadro 5. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de cal	p. 122
Quadro 6. Quadro resumo do cálculo da redução da transmissão sonora de elementos de compartimentação homogéneos, simples, em função da sua massa superficial	p. 122
Quadro 7. Dimensões do material lenhoso retirado do tronco para a produção de PTM	p. 134
Quadro 8. Principais características dos PTM	p. 156
Quadro 9. Procedimento de ensaio	p. 174
Quadro 10. Resultados obtidos para os diversos tipos de painel ensaiados sem reforço	p. 177
Quadro 11. Resultados obtidos para os diversos tipos de painéis reforçados após dano	p. 180
Quadro 12. Resultados obtidos para os diversos tipos de painéis reforçados sem dano	p. 182
Quadro 13. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de cal melhorada com placa de cortiça e placa de MDF	p. 194
Quadro 14. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de cal melhorada com placa SB	p. 195

INTRODUÇÃO

Numa sociedade em que tudo é efémero e imediato, em que os processos, práticas e materiais construtivos têm tendência para a uniformização e normalização e em que o consumo energético assume proporções alarmantes, importa compreender que lugar está reservado ao património arquitetónico.

A industrialização e os meios de comunicação terão promovido o surgimento de uma nova cultura que afetou, irremediavelmente, a evolução contínua do património que vinha sucedendo até ao século XX. A evolução da arquitetura registou uma rutura quando se deu a introdução de novos materiais e técnicas construtivas e a sua distribuição em larga escala, com preços mais competitivos. Aparecem novas construções, segundo modelos muito distintos, e que aparentemente constituem uma rejeição dos anteriores.

Esta rutura levou à alteração dos paradigmas e ao afastamento do homem dos sítios e edifícios históricos, contribuindo para acelerar a sua decadência. O turismo tem sido utilizado como o grande motor de salvação destes locais. Contudo, este suposto progresso tem trazido profundas alterações a estas áreas, muitas vezes, acompanhadas de uma maior desertificação e de um distanciamento das atividades locais genuínas.

O território, urbano ou rural, está em constante transformação. Desta forma, a permanência do património arquitetónico numa sociedade afetada por processos de homogeneização cultural é um grande desafio que se coloca à nossa geração. Contudo, permanecer, prolongando a sua existência, não é suficiente. Para que faça sentido, o património necessita de ser usufruído e valorizado, afastando soluções de musealização. E a atribuição de funções ao edificado deve ser acompanhada de qualidade na reabilitação e na construção de espaços, que satisfaçam os usos propostos, e na utilização dos materiais, que garantam compatibilidade e alguma reversibilidade. Neste sentido, pretende-se estudar a possibilidade de aplicar os materiais modernos na conservação do património arquitetónico e o modo como estes

podem melhorar o desempenho das construções em diferentes vertentes. Escolheram-se os Produtos Técnicos da Madeira (PTM) como caso de estudo, avaliando a sua contribuição para a reabilitação do edificado.

Motivação e objetivos

Diariamente surgem materiais de origem e formação muito distinta que acabam por ser utilizados no património construído, vendidos, muitas vezes, como soluções milagrosas para resolver anomalias que afetam a qualidade construtiva. Em intervenções de conservação, a problemática da escolha dos materiais é um aspeto fundamental, que determinará o nível de qualidade construtiva.

Nos edifícios mais recentes os problemas de compatibilidade são, na maioria das vezes, desprezáveis, porque aqueles foram construídos com os mesmos materiais que se utilizam correntemente. Ao invés, quando a intervenção é sobre edifícios que possuem mais de 60 ou 70 anos, a escolha de um material deve ser alvo de uma atenção redobrada. Desta forma, entende-se que para se ponderar a utilização de um material no património construído este deve ser estudado previamente.

Propõe-se o estudo dos produtos resultantes da indústria de exploração da madeira, que, atualmente, denominamos de Produtos Técnicos de Madeira (PTM). Esta designação refere-se a um produto inovador baseado na madeira, estando muitos deles já enquadrados em prescrições normativas. Estes produtos apresentam como vantagens relativamente à madeira maciça, utilizada tradicionalmente, características de desempenho superiores, nomeadamente maior estabilidade dimensional, menor variabilidade das suas propriedades físicas e mecânicas e a possibilidade de lhe serem conferidos um desempenho superior, por exemplo, de reação ao fogo.

Os Produtos Técnicos de Madeira abrem um conjunto de possibilidades no mundo da conservação arquitetónica no reforço ou substituição de estruturas, na introdução de paredes divisórias e na execução de tetos e coberturas. Este estudo propõe-se comparar estes materiais com as soluções tradicionais à base de madeira.

A escolha destes materiais prende-se com uma vontade pessoal de os conhecer melhor e de estudar o alcance da sua utilização na conservação e valorização do património cultural edificado. Esta é a temática que nos propomos tratar. Apenas o conhecimento de um material poderá justificar plenamente a sua eleição para esta ou aquela aplicação, em detrimento de outros.

Metodologia e organização

No último século muita coisa mudou e são cada vez mais e maiores os desafios que se colocam à disciplina da conservação arquitetónica. A atuação é vasta e diferenciada e constituem-se equipas pluridisciplinares que incluem historiadores, arqueólogos e outros técnicos especializados. Em paralelo, muito se alterou na forma como encaramos a herança cultural e o conceito de património é cada vez mais lato.

O mediatismo que os monumentos e as tradições alcançaram e a democratização do turismo têm fomentado a utilização do património como recurso económico, potenciando um conjunto de ações de valorização, que incluem feiras temáticas e votações televisivas nos monumentos mais emblemáticos. O primeiro capítulo foca esta problemática, analisando alguns exemplos de áreas urbanas sujeitas a processos de valorização. A escolha destes locais em detrimento de outros, prende-se com a disponibilidade de uma extensa bibliografia sobre as atuações levadas a cabo naqueles territórios.

Na década de 70 do século XX, assistiu-se ao culminar de intensos debates culturais e disciplinares em torno da conservação do património edificado. Em 1975, no seguimento do Ano Europeu do Património Arquitectónico, é redigida a Declaração de Amesterdão, onde se introduz um novo conceito mais amplo de intervenção no património que se designou de conservação integrada. O segundo capítulo analisará esta temática, enquadrando o caso de estudo nesta nova linha de pensamento. Os edifícios que interessam no âmbito deste trabalho são aqueles que se inserem na categoria de imóvel de conjunto ou de acompanhamento, que povoam as áreas urbanas mais antigas e as aldeias e vilas características. São estes que necessitam de

ser atualizados de forma a permitir a sua utilização e apropriação pela comunidade. Pretende-se demonstrar que, para atingir este objetivo, é possível e, por vezes, mesmo desejável, a utilização de materiais modernos no património edificado no espírito que emana da redação daquele documento.

Diariamente surgem novos materiais de construção fruto da evolução tecnológica. Estes materiais industriais afastam-se dos materiais tradicionais, sendo muitas vezes incompatíveis. Os vários intervenientes no património, de técnicos a executores, utilizam maioritariamente estes materiais industriais. Contudo, muitas vezes, revelam um total desconhecimento na forma como utilizá-los, e mais grave, do seu comportamento perante a edificação e materiais existentes. Esta situação não pode ser encarada como uma fatalidade, ao invés, deve ser contrariada e orientada para evitar maus resultados. O terceiro capítulo faz uma abordagem aos materiais de construção, caracterizando-os de forma sucinta e procurando perceber o seu posicionamento na história da construção.

A madeira sempre existiu em abundância no território nacional e terá sido, mesmo, um dos primeiros materiais utilizados pelo homem em estruturas simples. Desde a forma mais elementar de dois paus inclinados e cravados no solo, as estruturas tornam-se cada vez mais elaboradas e exigentes até às formas utilizadas na atualidade. Na edificação de abrigos, habitações, andares de resalto, trapeiras, varandas, coberturas e pavimentos, a madeira foi utilizada de diferentes formas que permitiram um sucessivo aperfeiçoamento das técnicas construtivas e do seu modo de utilização. A construção tradicional usava a madeira de modo empírico em que o mestre carpinteiro sabia escolher a peça de madeira indicada para a obra em causa.

Atualmente, a realidade mudou bastante. Para além de não se possuir o mesmo conhecimento, os intervenientes no processo de construção são inúmeros com formações distintas. Ainda, a madeira pode ser aplicada em situações tão variadas, que podem incluir diferentes funções, mas também ambientes tão diversos que a sua escolha, desenho e tratamento deve ter em atenção todos os aspetos que influenciarão o seu comportamento em serviço.

Para orientar a aplicação deste material muito têm contribuído os estudos e as normas

lançadas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), desmistificando algumas ideias pré-concebidas. Dentro deste organismo podemos destacar o trabalho pioneiro de Tomás Mateus¹ que desenvolveu o primeiro sistema de classificação do Pinho bravo. Nas últimas décadas, o LNEC também levou a cabo um trabalho com vista à publicação da Norma Portuguesa 4305:2005, criando um sistema de classificação visual da madeira de Pinho Bravo para fins estruturais. Esta norma também possibilitou a aplicação do Eurocódigo 5 (EN1995-1-1:2004+AC2006) que constituiu um documento fundamental para a utilização da madeira em estruturas.

O quarto capítulo aborda a madeira como material de construção, caracterizando-a desde a sua formação até à sua aplicação em obra. Neste capítulo também se faz uma abordagem da evolução deste material na construção ao longo dos séculos. Por último, este capítulo descreve os sistemas construtivos que utilizam madeira como material principal, ainda que, por vezes, combinada com outros. Esta caracterização foi realizada com base na recolha bibliográfica sobre a construção tradicional. Destes, destaca-se pela sua abrangência o trabalho pioneiro de Ernesto Veiga de Oliveira, Fernando Galhano e Benjamin Pereira reunido no livro *Construções Primitivas em Portugal*, onde existe um texto dedicado ao «tabique» que os autores definem como parede construída em madeira e materiais leves, revestida de argamassa². Depois de identificados diversos sistemas e a sua possível localização no território nacional, foram realizadas várias visitas para conseguir uma sistematização das diferentes soluções. Pela enorme variedade de denominações encontradas para os sistemas construtivos de paredes, optou-se por sistematizá-los consoante o modo como a madeira é utilizada e dependente dos materiais adicionados às estruturas. Para além das estruturas de paredes, também se descrevem outros elementos da construção que utilizavam, tradicionalmente, a madeira, como as coberturas, os pavimentos e os tetos.

A identificação tipológica é um dos meios para viabilizar a permanência ou justificar a transformação destas estruturas. Com estes objetivos foi realizada uma caracterização das formas de executar as diferentes estruturas, das suas propriedades e adequabilidade às novas exigências normativas resultantes dos regulamentos de comportamento térmico, acústico e segurança contra incêndios. Da mesma forma, a tipificação foi realizada como um instrumento para desenvolver ações corretas de

¹ MATEUS, Tomás – Bases para o dimensionamento de estruturas de madeira. Lisboa: LNEC, 1967.

² OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – *Construções Primitivas em Portugal*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1994, p. 314.

intervenção que evitem a destruição - via adulteração ou substituição - destes sistemas construtivos.

Hoje, a madeira constitui um material com novas potencialidades, estando a ser redescoberto por via dos seus derivados. A sua exploração também por via de produtos da indústria transformadora pode contribuir para o reequilíbrio do ecossistema e para a recuperação do povoamento rural. Na fileira dos novos materiais, podem-se destacar os estudos desenvolvidos para aproveitar os subprodutos da agricultura e a madeira previamente utilizada, na ótica da reciclagem.

Perante o exposto, importa conhecer os materiais que a indústria da construção civil disponibiliza, para podermos tomar opções e fazermos escolhas acertadas e adequadas. Desta forma, o quinto capítulo esboça uma evolução dos produtos mais importantes que foram surgindo da transformação da madeira e dedica-se à caracterização dos principais Produtos Técnicos de Madeira que estão ao dispor do projetista/consumidor. Este capítulo também contempla a descrição de várias obras onde estes materiais assumiram um papel preponderante.

Das soluções construtivas de paredes identificadas, descritas já no quarto capítulo, foi decidido avaliar a possibilidade de melhorar o comportamento mecânico de um tipo de parede interior, muito divulgado e encontrado um pouco por todo o território, por meio de placas de derivados de madeira. Foram construídos 40 painéis com estrutura em madeira e revestimento em argamassa à base de cal aérea, em que o fasquiado possui a forma trapezoidal. Metade destes painéis foi sujeita a um ensaio de corte no plano do painel na solução tradicional e, após o ensaio, foram reforçados com aplicação de placas de derivados de madeira – aglomerado de fibra de madeira de média densidade e contraplacado –, tendo sido novamente ensaiadas. Com isto pretende-se avaliar o contributo destes materiais para o aumento da rigidez de paredes divisórias já demonstrando sinais de danos. Os restantes painéis foram ensaiados já com a solução de reforço. O sexto capítulo resume a forma como se realizaram os provetes e como foram ensaiados, tirando conclusões relativas aos reforços efetuados nas estruturas.

Os Produtos Técnicos de Madeira (PTM) podem representar uma mais-valia na conservação do património arquitetónico, permitindo melhorar o comportamento dos

edifícios de um modo geral e em particular o desempenho das paredes de madeira e estruturas de cobertura e pavimentos. O sétimo capítulo faz uma súmula destes materiais e da forma como se adequam à melhoria do desempenho da construção, elencando alguns exemplos.

O trabalho que se apresenta desenvolveu-se, em termos metodológicos, em duas áreas distintas. Uma de natureza teórica que procurou enquadrar a utilização de materiais modernos, nomeadamente a utilização de PTM, na temática da conservação integrada. A segunda área de carácter mais prático foi realizada *in loco*, com levantamentos a diferentes edifícios como se pode verificar no anexo 2, através das várias fichas de inventário realizadas. Contudo, esta inventariação foi filiada nas principais obras teóricas que abordaram anteriormente esta temática, com registos de sistemas construtivos com base em madeira, tendo contribuído muito para o alcance deste trabalho. O conhecimento dos diferentes PTM também se revelou num trabalho eminentemente prático através da recolha de amostras, mas complementada com a consulta de bibliografia específica sobre esta temática. O trabalho prático também englobou a realização dos ensaios aos painéis das paredes de madeira com revestimento em argamassa, permitindo caracterizar de forma mais pormenorizada o contributo dos derivados de madeira no reforço daquelas paredes.

CAPÍTULO I – O PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO COMO CONCEITO E COMO RECURSO

Desde meados do século XX, a noção de património tem vindo a alargar-se com a introdução de novas categorias. Atualmente, este conceito extravasa os monumentos históricos que durante muito tempo eram os únicos que alcançavam esta classificação e que derivavam exclusivamente da arqueologia e da arquitetura erudita.

Para além da expansão em termos tipológicos, o conceito também abrange bens que cronologicamente se situam muito mais próximos da contemporaneidade, existindo diversos edifícios e estruturas do século XX classificadas. Geograficamente, também, ocorreu um alargamento. Se outrora os centros urbanos eram o local onde se registava um maior número de imóveis classificados, atualmente, esta questão já não se coloca. O domínio patrimonial compreende bairros urbanos, aldeias, cidades inteiras e paisagens, como se pode observar consultando a Lista do Património Mundial da Unesco³. Com o alargamento do conceito de património, tornaram-se mais exigentes os conhecimentos para a conservação e o restauro, sobretudo no que diz respeito aos materiais e às técnicas construtivas.

A existência de uma classificação patrimonial dependeu sempre do tempo e do lugar, portanto do contexto que a atribuiu, podendo não resultar sempre da qualidade patrimonial. Esta característica é imposta a um objeto/edifício mas não tem existência própria sendo concedido por um grupo que lhe dá valor. Assim, a atribuição de determinado valor a um edifício ou estrutura depende do conhecimento que se possui e da relação que se estabelece entre o objeto e o observador.

³ Cf. <http://whc.unesco.org/en/list> (consultado em 13 de setembro de 2013)

Estas questões colocam-se tanto ao monumento isolado como ao património vernáculo. Também este conceito, que reflete a expressão cultural de uma comunidade e da sua relação com a natureza e a paisagem⁴ resulta de uma conceção vinda da cultura erudita. Neste caso, também “nenhum edifício é vernáculo ou não pelas suas qualidades intrínsecas, mas sim em virtude das qualidades que partilha com os outros.”⁵ De igual forma, a ruína de uma habitação antiga origina sentimentos de nostalgia, numa lógica de enaltecimento do bucolismo e dos paraísos perdidos de que é exemplo o residente na cidade, que encara a natureza e o espaço rural como lugares para passar férias⁶.

Desde 1972, estão inscritos na Lista de Património Mundial da UNESCO um grande número de imóveis e áreas de paisagem. A integração nesta lista tornou-se um meio de ganhar prestígio internacional e de alcançar reconhecimento ao olhar do público, por via da publicidade turística. Os concursos promovidos pelos meios de comunicação como a eleição das “maravilhas nacionais”, que englobam os monumentos, a paisagem e até a gastronomia, denunciam a relação que o público estabelece com o património nos dias de hoje.

De facto, o património construído, mas não só, é entendido como um recurso económico que pode trazer mais visitantes e, assim, proporcionar receitas e um suposto desenvolvimento ao local em causa. Desta forma, na promoção turística dos locais, o conceito patrimonial é utilizado como um chamariz, para o qual os agentes e promotores turísticos e os profissionais da comunicação encenam ilusões em folhetos.

No último século, a cultura tornou-se objeto de consumo, fazendo surgir uma indústria cultural, com profissionais de áreas diversas, que vão desde a gestão à conservação. A

⁴ A designação de Património Vernáculo não é consensual. Em diversas obras este é designado por Arquitetura Tradicional e Popular. Contudo, a Carta do Património Vernáculo Construído define que o património vernáculo é a expressão fundamental de uma comunidade na sua relação com o território, e pode ser reconhecido, por exemplo, num modo de construir próprio de uma comunidade. Cf. CARTA SOBRE O PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO VERNÁCULO, 1999. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

⁵ ERIC MERCER, citado por DOMINGUES, Álvaro – A Vida no Campo. Porto: Dafne Editora, 2012, p.20

⁶ Idem, p. 23.

este propósito Françoise Choay refere-se a dois momentos na história francesa que marcam esta elevação da cultura a um bem de consumo. O primeiro é a inauguração, em 1987, do Museu de Orsay e o segundo é a inauguração do 1.º Salão Internacional dos Museus e das Exposições, um ano depois. Para esta autora, “os monumentos e o património históricos adquirem um duplo estatuto. São obras que dispensam saber e prazer, colocados à disposição de todos mas também produtos culturais, fabricados, embalados e difundidos tendo em vista o seu consumo”⁷.

A UNESCO não inscreve nenhum bem na sua lista de património mundial sem o consentimento do respetivo Estado⁸. Por isso, “a intensificação da patrimonialização e a corrida ao estatuto de património mundial não podem deixar de ser vistas como estratégias que visam reforçar a competitividade e a atratividade de territórios com objetivos políticos e económicos bem definidos”⁹. Paulo Peixoto defende mesmo que a posição que os países ocupam na Lista do Património Mundial da UNESCO é muito semelhante à que ocupam na hierarquia dos destinos mais procurados pelo turismo internacional. Os países com acervos patrimoniais mais valorizados pela indústria turística empenharam-se nos últimos anos em reforçar a competitividade dos seus mercados turísticos por via da aquisição e afirmação de uma imagem de marca sustentada pelo estatuto de património mundial¹⁰.

A promoção turística tem fomentado o encarecimento dos locais, tornando, por vezes, difícil às gerações descendentes habitar próximo dos pais e desta forma empurrando estes também para outros locais, em subúrbios. Com isto, tem ocorrido a venda de habitações para segunda residência e potenciado o surgimento de lojas de artesanato e de produtos *gourmet* que são uma amálgama de oferta que se distanciam muitas vezes do que é, efetivamente, manufaturado por aquela região. Esta atitude tem trazido

⁷ CHOAY, Françoise – A Alegoria do Património. Lisboa: Edições 70, 2000, p. 185.

⁸ Cf. CONVENÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO PATRIMÓNIO MUNDIAL, CULTURAL E NATURAL, 1972. [online] [disponível na Internet via WWW. http://www.unesco.pt/cgi-bin/cultura/docs/cul_doc.php?idd=5], consultado em 20 de maio de 2011, artigo 11.º, n.º 4.

⁹ PEIXOTO, Paulo – O património mundial como fundamento de uma comunidade humana e como recurso das indústrias culturais urbanas. CES da Universidade de Coimbra. [online] [disponível na Internet via WWW. <http://www.ces.uc.pt/publicacoes/oficina/ficheiros/155.pdf>], consultado em 10 de junho de 2010, p.11.

¹⁰ Cf. Idem, p. 12.

diversos problemas aos lugares, como, por exemplo, a crescente sensação de insegurança, que se prende com o despovoamento devido ao abandono dos seus reais habitantes e ao facto de ocorrerem processos de terciarização dos tecidos urbanos.

Para a produção de panfletos e roteiros turísticos, dá-se a promoção de determinados aspetos de um local em detrimento de outros, metamorfoseando as identidades dos locais. E as classificações desempenham um papel importante nestas transformações. No caso de Évora, à “recomposição da imagem identitária da cidade, não é alheia a sua designação como Cidade Património da Humanidade”¹¹. Em 1986, esta classificação projetou a cidade de Évora para o exterior tendo ocorrido um acréscimo do número de turistas, o que tem potenciado ao longo dos anos a alteração dos usos dominantes na área histórica. A população residente ganhou consciência da riqueza patrimonial da cidade intramuros que até aqui era um aspeto que não tinha sido apreendido pelo cidadão comum. Aliás, em 2001, o Presidente da Câmara de Évora, referia que as vantagens dessa classificação são muitas como o “aumento da visibilidade da cidade e da região, a inclusão de Évora nos roteiros de turismo cultural internacional ou o aumento da consciência cívica da população face à riqueza do património”, não deixando contudo de frisar as pressões sentidas para a terciarização da cidade e alguma especulação imobiliária¹².

Passados mais de 25 anos sobre tal classificação e mais de 10 anos sobre esta entrevista os problemas mantêm-se, por via de um excesso de terciarização e da especulação imobiliária que não promoveu a residência permanente. Está ainda muito por fazer neste domínio, dado que o número de imóveis devolutos continua muito elevado. Apesar de o Gabinete do Centro Histórico de Évora¹³ ter demonstrado

¹¹ FORTUNA, Carlos – Évora: Um caso de destradicionalização da imagem da cidade. Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, 1997. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:[http:// www.ces.us.pt/publicações/oficina/ficheiros/91.pdf](http://www.ces.us.pt/publicações/oficina/ficheiros/91.pdf)], consultado em 10 de junho de 2010, p. 2.

¹² Entrevista com o Presidente da Câmara Municipal de Évora, Abílio Dias Fernandes. Revista da Associação Portuguesa de Municípios com Centro Histórico. Lisboa. n.º6, (2001), p. 19.

¹³ Cf. BOAVIDA-PORTUGAL, Luís Manuel Gomes – Os centros históricos numa estratégia de conservação integrada : contributos para o estudo do processo urbano recente do Centro Histórico de Évora. Évora: Universidade de Évora, 2003. Tese de Doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico (policopiada), p. 214.

preocupações na prevenção da deslocalização de pessoas desta área, resultantes de pressões imobiliárias, esta tem visto o seu uso alterar-se com a implementação de vários serviços administrativos e financeiros, como restaurantes, bares, discotecas, hotéis e lojas de artesanato. Estas últimas têm particular presença na Rua 5 de Outubro, uma artéria de ligação entre a Praça de Giraldo e a Catedral, dois locais singulares desta malha urbana, onde a presença de turistas é mais sentida (Fig.1).



Figura 1. Évora, Praça de Giraldo e Rua 5 de Outubro.

Outro aspeto importante de alteração da imagem da cidade de Évora e da forma como se vive prende-se com o surgimento de esplanadas que convidam ao usufruto dos lugares pelos visitantes e moradores. Esta apropriação do espaço exterior, como ocorreu também em Guimarães, resulta de uma oferta que é, maioritariamente, reclamada pelos visitantes, mas que a maioria dos moradores não usufrui¹⁴. Também,

¹⁴ “Não são unicamente estes os espaços públicos do centro histórico definidos por relações sociais: as esplanadas, entre outros, têm, de facto, um ar citadino e burguês que contrasta com as fachadas das casas circundantes e com quem lá mora. “*Não frequento. Tenho vergonha, mas gosto de ver. Fico contente quando as esplanadas estão cheias.(...) eu até gosto do ruído da Praça. Não vou a lado nenhum, a minha vida é isto e assim até me distraio*”, diz, por exemplo, H. F., moradora na Praça de Santiago. Vários moradores, os mais velhos, disseram-me não frequentar essas esplanadas por vergonha: para eles, ruas e praças são locais de passagem que pertencem aos utilizadores de fora como espaços de lazer. E gostam, mesmo assim, porque se sentem no seu lugar.” CARNEIRO, Alice Maria Pinto de Azevedo – O património reencontrado: Centro histórico de Guimarães, património da humanidade: A cidade enquanto memória, espaço de identidade e cidadania. Braga: Universidade do Minho, 2004. Dissertação de mestrado em Antropologia, p. 131 (policopiada).

nesta cidade, verifica-se uma concentração e multiplicação de comércio e restauração, tendo as lojas de artesanato duplicado nos últimos anos¹⁵. Estas tornaram-se numa amálgama de produtos, que um comerciante denuncia como não sendo da cidade porque, diz, não haver artesãos¹⁶. De facto, a pressão do turismo em Guimarães fomentou a criação de emprego, mas só na área dos serviços, não resultando disso efeito semelhante nas atividades artesanais locais¹⁷.

A cidade de Guimarães viu declarada a sua área intramuros como Património da Humanidade pela UNESCO em 2001. Esta classificação devolveu-lhe o olhar público que estava centrado na “Colina Sagrada” como o “Berço da Nacionalidade”¹⁸, justificando a ideia que a atribuição de valor a um determinado objeto se prende com o espírito do tempo e do entendimento do que é património.

Durante o Estado Novo, naquela cidade, foram recuperados o Castelo, o Paço e a Igreja de São Miguel e demolidas as construções urbanas circundantes, anulando espaços públicos, numa operação de reenquadramento estético ao serviço de uma perspetiva monumentalista¹⁹. Esta foi a forma encontrada pelo poder central para se afirmar política e ideologicamente, durante as primeiras décadas do século XX. Atualmente, outro poder político assume a requalificação urbana do Centro Histórico de Guimarães como forma de ganhar protagonismo e prestígio social e cultural, bem como trazer benefícios económicos ao lugar e à região (Fig.2). Em ambos os casos, a classificação e a promoção resultaram num produto fabricado pelas instâncias políticas, que transformando o património o tornaram consumível.

¹⁵ Cf. Idem, p. 155.

¹⁶ Cf. Idem, p. 165.

¹⁷ Cf. Ibidem.

¹⁸ Ideia produzida e difundida durante o Estado Novo que agora vai perdendo importância e alargando-se para a globalidade da cidade intramuros.

¹⁹ Cf. CARNEIRO, Alice Maria Pinto de Azevedo – Ob. Cit., p. 50.



Figura 2. Guimarães, o Castelo e habitações numa praça da área classificada.

Ainda que se possa aceitar que esta postura também levou ao crescimento da consciência cívica e da recuperação física dos edifícios, Évora ou Guimarães não são mais património do que eram. Desta forma, estas cidades sofreram um processo de patrimonialização que as transformou num local onde visitantes e turistas se divertem e consomem.

Os poderes políticos, aproveitando o gosto emergente pelo património e pelas tradições, organizam feiras temáticas, que servem de pretexto para o desenvolvimento local e para a promoção de um determinado produto, como o vinho, o azeite ou a cortiça, entre outros valores regionais. Esta instrumentalização do património ou encenação do passado não anula a eficácia que a classificação produz na proteção de diversos locais. Em Portugal, é conhecida a alteração de rumo na construção da barragem de Foz Côa, aquando da descoberta das gravuras rupestres, classificadas em 1998 como Património da Humanidade pela Unesco.

Obter aquela classificação não traz de forma direta benefícios para a área em causa, uma vez que não é necessário alterar as leis de proteção nem se recebem mais ajudas financeiras. Deste modo, o que move os municípios são os proveitos turísticos, porque a classificação é um potencial de riqueza que a converte em lugar de eleição para programas turísticos. Desta forma, as cidades têm vindo a conferir uma maior atenção ao seu património como uma estratégia para a sua promoção. Por vezes, algumas

autarquias transformam mesmo o património local num álibi e remédio para a falta de estratégia urbanística²⁰. Estas áreas são pensadas no âmbito cultural com a potenciação de novos sítios atrativos ao turismo, mas desfasados da vida diária, tornando-se, por isso, numa coisa imaginada e não real. Por vezes, a criação de percursos turísticos em guias pré-definidos promove uns lugares e exclui outros, que são, muitas vezes, menosprezados. Esta é uma forma de controlo do que pode ser e deve ser apreciado.

As malhas urbanas históricas – cidades, vilas e mesmo aldeias - foram transformadas em produtos de consumo cultural. Estas áreas são encenadas, iluminadas, arrançadas e preparadas para “verdadeiros e falsos acontecimentos”²¹ que podem ser festivais de música, feiras gastronómicas ou históricas, com o intuito de trazer visitantes aos locais. Desses investimentos surgem os “estereótipos de lazer urbanos”²², como em Évora e Guimarães, com cafés ao ar livre, galerias de arte, tendas de artesanato e afins. Todas estas valências agradam ao visitante comum, que não é um conhecedor erudito. Contudo, como efeito negativo surge a exclusão das populações locais e das suas atividades quotidianas, por não se harmonizarem com o ideal turístico. Efetivamente, existe alguma resistência a atividades populares como, por exemplo, estender a roupa para secar em arruamentos “mais turísticos”²³.

A valorização de um sítio feita somente para os visitantes, esquecendo os residentes, tende a tornar um centro urbano antigo num lugar banal distanciado das especificidades locais e contribui para a indesejada uniformização. Desta forma, é necessário proteger os habitantes de determinado local de avalanches turísticas. De facto, melhorar a

²⁰ FORTUNA, Carlos – Ob. Cit., p.12.

²¹ CHOAY, Françoise – Ob. Cit., p.195.

²² Ibidem.

²³ “M. G., proprietária de uma loja na Rua Egas Moniz desde Outubro de 2001, atribui o pouco interesse dos turistas pelos artigos de artesanato que vende a razão diferente: o mau ambiente da rua. *“Atiram água pela janela, põem roupa a secar e a pingar. Aqui é um atraso de vida. A Câmara devia proibir a roupa a secar. Eles proibiram mas não cumprem. Devia haver vigilância. Em 20 anos não evoluíram nada. Fazem fogueiras na rua para assar sardinhas, sentam-se em bancos nos passeios a falar. Sacodem os tapetes à janela. Pegam-se e insultam-se muito. É falta de cultura”*. E conclui: *“Isto afasta os turistas. O aspecto das pessoas assusta os turistas. Têm medo de ser assaltados. Não sorriem, não cumprimentam, não param. Fotografam sempre a correr. Prejudica o turismo e o comércio.”* CARNEIRO, Alice Maria Pinto de Azevedo – Ob. Cit., p. 158.

qualidade de vida de um centro histórico não pode servir de pretexto para o tornar num lugar de alguns privilegiados ou numa área com exclusividade social. As tentativas de especulação imobiliária e as ações precipitadas de realojamento têm de ser travadas.

Por vezes, a pressão urbana é tão grande que origina a deslocação dos residentes para outros locais. Importa lembrar que um lugar é valorizado pela memória e identidade que só existe numa relação direta com a sua população e as suas atividades tradicionais e diárias. De facto, é por isso que um lugar se distingue de outro. Sem a população integrada, num relacionamento direto com os espaços e as atividades, não faz sentido a conservação dos locais.

Existe um lado positivo no facto de algumas localidades serem procuradas e visitadas que se prende com o fator económico. A fruição de um local promove a angariação de verba para a sua manutenção, mas não deixa de ser necessário tomar medidas para “orientar o movimento turístico”²⁴ que permita alcançar os objetivos da Convenção Internacional para a Protecção do Património Mundial, Cultural e Natural, adotada em 16 de novembro de 1972.

Efetivamente, o excesso de visitantes promove a destruição dos locais que não estavam concebidos para receber tanta gente, e torna-os reféns de obras de conservação contínuas numa escala superior ao que seria desejável. Foi por este motivo que as entidades que gerem o conjunto monumental do Alhambra e *Generalife*, situado em Granada, Espanha, limitaram o número de visitas diárias, de forma que a visita pública do monumento seja compatível com a conservação e a preservação dos seus valores²⁵.

Outro exemplo de uma área turística, mas de dimensão inferior às das cidades acima referidas é o de Monsaraz. Trata-se de um recinto amuralhado, no concelho de Reguengos de Monsaraz e distrito de Évora, que está classificado como Monumento Nacional, desde 1971²⁶. Se observado de perto, como fez Ana Paula Amendoeira²⁷,

²⁴ CARTA DO TURISMO CULTURAL, 1976, ICOMOS, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://portal.iphan.gov.br/portal/>], consultado em 20 de maio de 2011.

²⁵ Cf. RESOLUCIÓN de 24 de junho de 2008, do Patronato de la Alhambra y Generalife, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://Alhambra-patronato.es/fileadmin/pdf/Normativa.pdf>], consultado em 12 de fevereiro de 2012.

²⁶ Cf. www.igespar.pt

Monsaraz não é mais do que um local transformado para produto de consumo turístico, onde a população residente foi “expulsa” num processo de despovoamento, que não assegurou a sua permanência.

Com as transformações que se verificaram em Monsaraz, nas últimas décadas, o turismo é agora a única atividade profissional da população ativa da vila. Neste lugar não foram tidos em conta aspetos importantes ligados à vida quotidiana da população. Mais de 50% do espaço habitacional corresponde a casas de segunda habitação ou de férias, portanto, fechadas na maior parte do ano e cerca de 30% está afeta a atividades turísticas. A especulação imobiliária associada à terciarização das atividades não permitiu a fixação de população que se viu obrigada a ir viver para a sede de concelho – Reguengos de Monsaraz – ou para outra freguesia próxima.

Existe uma tendência cultural pela tradição que promove o consumo de bens artísticos e culturais. Esta questão é bem visível na forma como são transformados locais como quintas para o consumo turístico. “Para responder aos gostos e ao imaginário dos turistas, os solares e as suas quintas são kitados com várias próteses e dispositivos como campos de ténis, piscinas, tendas para casamentos e festas e tudo o mais que o mercado pedir”.²⁸

A globalização promoveu uma tendência para a uniformização da oferta em termos de vestuário, pronto-a-comer, hotéis e cadeias de supermercado que se repetem na imagem urbana em *outdoors* e neóns coloridos que tendem a anular as especificidades locais. De facto, uma área urbana histórica não é encarada como uma herança natural onde é possível habitar, fruto de atualizações, como uma joia herdada, que pode e deve ser utilizada com estima. Alguns objetos veem o seu valor agravado porque representam uma “nova” cultura.

A Carta do Turismo Cultural do ICOMOS reconhece que a atividade turística é irreversível e potencia alterações nos monumentos e sítios, por vezes, de grande monta. Em 1976, as entidades representadas no Seminário Internacional de Turismo Contemporâneo e Humanismo referiam que a atividade turística tinha tendência a

²⁷ AMENDOEIRA, Ana Paula – Monsaraz: Reconstruir a Memória. Lisboa: Edições Colibri, 2009.

²⁸ DOMINGUES, Álvaro – Ob. Cit., p.176.

aumentar, pelo que sugeriam um estudo cuidadoso da sua influência nos locais em causa. Desta forma, o documento refere que deve ser desenvolvida uma política que oriente o movimento turístico tendo em conta eventuais limitações de uso²⁹.

A questão do “consumo” do monumento trouxe outros problemas que se prendem com a vontade de “valorizar” o objeto. Desta forma, enceta-se um conjunto de ações que podem incluir espetáculos de luz e som, recriações histórias ou transformações espaciais, como a necessidade de criar uma área de estacionamento gigantesca, nomeadamente para autocarros, que visam o fácil acesso ao local (Fig.3). A propósito de uma matança do porco organizada por unidades de turismo local em Monsaraz e divulgada como uma admirável tradição, Ana Paula Amendoeira refere-se a um “espetáculo de consumo para o visitante”³⁰, longe de uma atitude normal integrada nas necessidades alimentares anuais de produção e armazenamento de produtos, como os enchidos.



Figura 3. Monsaraz. Área intramuros e zona dos parques de estacionamento.

Existem diferentes locais onde, por fatores diversos, como o nefasto despovoamento do interior do país, impera a segunda habitação e as atividades terciárias, em detrimento dos habitantes locais. Durante o Estado Novo, foram desenvolvidas operações de valorização de aldeias portuguesas como é o caso de Marvão, Monsanto e Miranda do Douro, que constituem um êxito do ponto de vista do turismo, mas onde este é a atividade dominante, o que inflacionou os locais, afastando residentes. Mais

²⁹ Cf. CARTA DO TURISMO CULTURAL, 1976, Ob. Cit.

³⁰ AMENDOEIRA, Ana Paula – Ob. Cit., p. 132.

recentemente, Sortelha, Idanha-a-Velha ou Marialva (Fig.4.), entre outras localidades foram alvo de um novo programa de incentivo à recuperação de aldeias históricas. Nestes lugares a desertificação impera e a sua permanência resiste através do turismo cultural, que se afasta das verdadeiras vivências que levaram à sedimentação daquelas áreas.



Figura 4. Marialva, no concelho de Meda e Piódão, no concelho de Arganil.

Nos dias de hoje, os originais raramente subsistem às “suas” imagens que manipulamos de mil maneiras, com novos e sofisticados meios, onde não existe a menor limitação ou condicionamento à forma física original, como foi criada pelos ingredientes para a produção de uma imagem promocional das cidades. De facto, de tanto apreciar um objeto através de um folheto turístico ou um vídeo de promoção local, não há visitante que não fique desanimado quando chega a um determinado local, que possui as vicissitudes naturais do passar do tempo e do envelhecimento dos materiais como o esbatimento da cor³¹.

³¹ COSTA, José Manuel Aguiar Portela da – Estudos cromáticos nas intervenções de conservação em centros históricos : Bases para a sua aplicação à realidade portuguesa. Évora: Universidade de Évora, 1999. Tese de doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico, (policopiada), p.122.

CAPÍTULO II – A CONSERVAÇÃO INTEGRADA

Desde sempre o Homem manifestou desejo de preservar algumas realizações monumentais que testemunhavam épocas gloriosas, caso das pirâmides do Egito que eram reconhecidas como as “Maravilhas do Mundo”.

Até ao século XVIII, contudo, na maioria das edificações, a conservação fazia-se com o intuito de reutilizar os espaços disponíveis, renovando-os estilisticamente e com os saberes construtivos que se utilizavam em cada época. “As antigas edificações eram um bem disponível do qual se tirava, muito pragmaticamente, o melhor usufruto e partido.”³² Estas intervenções de atualização do edificado revelam muita sabedoria. De facto, “verificamos que as intervenções em edifícios pré-existentes acusam a acumulação de sucessivas ampliações ou alterações, na maioria dos casos reveladoras do seu tempo. A grande unidade que revelam deve-se notoriamente à qualidade da solução arquitectónica que se equilibra pelo grau de erudição expresso na escala, harmonia, beleza e, igualmente, pelo entendimento do lugar, clareza na aplicação do programa, escolha de materiais, qualidade de aplicação, entre outras razões.”³³ A isto não é alheio o facto da evolução dos materiais e técnicas construtivas ser muito lenta até meados do século XX, o que permitiu utilizar métodos compatíveis com a pré-existência e domináveis pelos mestres construtores.

No século XVIII ocorreu uma viragem e o monumento histórico passou a beneficiar de maior atenção por parte das academias. Efetivamente, antiguidade passou a significar beleza e esse apreço motivou o aparecimento de uma vontade e, mesmo necessidade, de preservação. É principalmente a partir desta altura que se formam os conceitos de património, conservação e restauro, que resultaram da troca de ideias entre vários teorizadores como John Ruskin, Viollet-le-Duc, Camilo Boito ou Cesare Brandi. Em

³² AAVV – Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. Lisboa: INH/LNEC, 2006, p. 9.

³³ MESTRE, Víctor – Arquitectura Popular da Madeira. Lisboa: Argumentum, 2002, p. 320.

Portugal, importa referir o papel pioneiro de Alexandre Herculano na valorização do património cultural português³⁴.

Com a emergência da Revolução Industrial surgiu um novo ideal de vida que se afastou das tradições. Contudo, no mesmo momento apareceu também uma consciência dos valores que se perdiam e nasceu a necessidade de manter contacto com os testemunhos culturais do passado. Deste modo, surgiu a consagração de um novo culto: o dos monumentos. Esta nostalgia conduziu a que se tenha confundido preservação com reconstrução, durante o século XIX, promovendo a execução de obras casuísticas com prejuízo para alguns dos maiores monumentos.

O século XX trouxe uma nova perspetiva sobre a intervenção no património arquitetónico. O ponto de partida para a reflexão em torno da conservação dos monumentos surge com a redação em 1931 da Carta de Atenas. Esta constitui a primeira carta de intenções para a defesa e conservação do património edificado. Este documento defende a execução de um restauro sempre que se revele indispensável, devendo ser respeitada a obra histórica e artística, “sem banir o estilo de nenhuma época”³⁵ e aponta para a importância da afetação dos edifícios a novos usos como meio de assegurar a sua manutenção.

Por toda a Europa, as destruições resultantes da Segunda Grande Guerra levaram à execução de métodos expeditos de reconstrução para solucionar o problema do realojamento de milhões de pessoas. Esta urgência levou, em parte, ao abandono dos métodos de restauro anteriores à guerra que se demonstraram demasiado morosos. Isto provocou reações contrárias aos processos e aos métodos utilizados e nasceram movimentos culturais em prol da defesa do património urbano, de forte impacto público. As diferentes posições sobre os métodos de intervenção surtiram uma ampla reflexão.

³⁴ CUSTÓDIO, Jorge – Salvaguarda do Património – Antecedentes históricos: De Alexandre Herculano à Carta de Veneza (1837-1964). In AAVV - Dar Futuro ao Passado. Lisboa: Secretaria de Estado da Cultura, 1993, p. 33.

³⁵ CARTA DE ATENAS DO RESTAURO, Conferência Internacional de Atenas sobre o Restauro dos Monumentos, 1931, Versão portuguesa da responsabilidade do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC – Proc.º n.º 86/11/8782, ed. policopiada), ponto I.

Na década de 60 do século XX, surge um interesse de instituições políticas como as Nações Unidas e o Conselho da Europa, resultando na organização e financiamento de um conjunto de encontros para refletir sobre as questões referidas. Em 1964, a procura de linhas orientadoras, levará à redação da Carta de Veneza, também conhecida como a Carta Internacional do Restauro, no final do II Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos dos Monumentos Históricos. Este documento alarga o conceito de monumento “às realizações mais modestas que tenham adquirido significado cultural com o passar do tempo”, mas também “aos sítios, urbanos ou rurais, nos quais sejam patentes os testemunhos de uma civilização em particular, de uma fase significativa da evolução ou do progresso, ou algum acontecimento histórico”³⁶ Fala-se agora em conservação e em operações de manutenção como meio de manter o monumento vivo. O documento refere ainda que a conservação dos monumentos é facilitada se lhes for atribuída uma função útil à sociedade. Os postulados desta carta continuam a considerar-se válidos, gozando de autoridade e prestígio³⁷, apesar de todas as recomendações, cartas e normativas que surgiram nos últimos 50 anos.

2.1 A CARTA EUROPEIA DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO E O CONCEITO DE CONSERVAÇÃO INTEGRADA

Em 1975, o Conselho da Europa organizou o Ano Europeu do Património Arquitectónico, despertando no público a consciência para a importância que detêm os monumentos históricos, as áreas urbanas antigas e outros locais únicos disseminados pelo território. A 26 de setembro do mesmo ano, é publicada a Carta Europeia do Património Arquitectónico, cujos princípios se reafirmam na Declaração final do Congresso sobre o Património Arquitectónico que ocorreu nos dias 21 a 25 de outubro, também, de 1975. Estas, em conjunto, compõem a Carta da Conservação Integrada que constitui um documento muito importante. Com este iniciou-se uma corrente de pensamento que estará sempre presente nos documentos que se seguirão.

Aquela Carta estrutura-se com base no conceito de conservação integrada que ultrapassa a necessidade de intervenção física e que elenca um conjunto de ações

³⁶ SPPC – Textos Fundamentais, in Cadernos SPPC, n.º 1, Janeiro, Évora, 1996, p.2.

³⁷ GONZÁLEZ-VARAS, Ignacio – Conservación de Bienes Culturales: Teoría, historia, principios y normas. Madrid: Cátedra, 2003, p. 472.

imateriais sobre o património arquitetónico. Segundo Boavida-Portugal aquele conceito inclui dois níveis distintos de atuação³⁸. O primeiro nível diz respeito à intervenção física no património ou à preservação da integridade física e o segundo nível incide sobre a inserção do património edificado na vida contemporânea e no ordenamento do território.

A Carta apresenta uma redação com 10 artigos que foram vertidos, de forma mais extensa, na Declaração de Amsterdão. O primeiro ponto define com maior abrangência a noção de património com inclusão dos conjuntos de edifícios que constituem as cidades antigas e as aldeias tradicionais no seu ambiente natural. Para além das construções mais emblemáticas, a noção de património arquitetónico passa a abranger a arquitetura corrente e de acompanhamento, ainda que estas, à primeira vista, possam não possuir um valor extraordinário. Com esta redação assume-se a importância que a envolvente possui para a proteção dos monumentos. Estas áreas tinham até esta data sido menosprezadas, resultando em demolições com alguma dimensão, que desvirtuavam desta forma o próprio monumento que se entendia querer preservar.

No seguimento desta linha de pensamento, o documento reflete também sobre a necessidade de se preservar o património arquitetónico como forma de conservar o ambiente indispensável a uma vida completa e equilibrada, afirmando que aquele possui um valor espiritual, cultural, social e económico insubstituível. Atribui, ainda, uma importância especial aos centros e sítios históricos das cidades e aldeias antigas, uma vez que, segundo este novo entendimento, estas oferecem as condições necessárias para a integração de novas atividades da vida contemporânea. Por outro lado, a Carta reflete sobre o papel que o património arquitetónico possui para a educação e, de como sem esta, aquele é ameaçado pela ignorância e pela negligência, potenciando a sua destruição.

A partir do sétimo artigo aprofunda-se o conceito de conservação integrada, que pode ser implementado através da aplicação das técnicas adequadas de restauro e da correta atribuição das funções apropriadas. Neste ponto elenca-se o que é necessário para alcançar estes objetivos, nomeadamente os meios legais, administrativos, financeiros e técnicos. Para além das imprescindíveis leis e regulamentos, contribuindo

³⁸ Cf. BOAVIDA-PORTUGAL, Luís Manuel Gomes – Ob. Cit., p. 89.

para alcançar os objetivos da conservação integrada, devem ser organizados serviços administrativos adequados e serem criados os necessários apoios financeiros, inclusivamente através de medidas fiscais. Sobre os meios técnicos, refira-se que este documento sustenta que existem poucos técnicos, empresas e operários qualificados para responderem às necessidades específicas da conservação.

Por último, refira-se a importância dada à necessária contribuição de todos para que se possa transmitir às gerações futuras a herança patrimonial de que cada geração é responsável. A Carta afirma, mesmo, que cada geração só tem o uso deste património durante a sua vida, mas é responsável pela sua transmissão ao futuro.

Estes princípios foram depois reforçados na Declaração de Amesterdão em seis extensos artigos, que definem, de modo muito completo, o que é necessário para aplicar uma política europeia para a conservação integrada. Na definição do património arquitetónico, incluem-se todos os edifícios com valor cultural, desde o maior ao mais humilde [...] em conjunto com as suas envolventes³⁹. No segundo princípio deste documento refere-se a importância de se fazer um inventário dos edifícios, dos complexos arquitetónicos e dos sítios, demarcando zonas protegidas em seu redor. Será este inventário que irá fornecer uma base realística para a conservação. O quarto princípio define com maior rigor do que a Carta Europeia do Património Arquitectónico, o que entende por reabilitação e os meios necessários à sua execução. Esta questão será abordada mais adiante, onde se procurará avaliar a importância desta ação para a implementação dos objetivos da conservação integrada.

Como seria de esperar, a redação deste documento surtiu efeito a nível internacional. Da organização da 19.ª sessão da UNESCO, em outubro e novembro do ano seguinte (1976), resultou a publicação da Recomendação de Nairobi relativa à salvaguarda dos conjuntos históricos e sua função na vida contemporânea. Este documento aborda, novamente, o problema da integração dos conjuntos históricos na vida coletiva, em harmonia com as transformações sociais⁴⁰, mas vai mais longe na introdução da noção de “ambiente” dos conjuntos históricos ou tradicionais. Esta questão minimiza a

³⁹ DECLARAÇÃO DE AMSTERDÃO, Congresso sobre o Património Arquitectónico Europeu, 21 a 25 de Outubro de 1975, p. 3. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

⁴⁰ Cf. GONZÁLEZ-VARAS, Ignacio – Ob. Cit., p. 477.

importância dada até aqui ao monumento enquanto elemento isolado e reclama atenção para o ambiente sociocultural que o enriquece.

Em 1981, o Conselho da Europa organizou a Campanha Europeia para o Renascimento da Cidade com os objetivos de aprofundar os princípios da conservação integrada e promover a troca de experiências entre cidades. Disto, resultou em 1985, a redação da Convenção de Granada⁴¹, que constitui um ato jurídico que vincula os estados que a subscreveram⁴², como aconteceu com Portugal. Neste documento, pode ler-se que os Estados se comprometem a “promover, sempre que possível, no âmbito dos processos de ordenamento do território e de urbanismo, a conservação e a utilização de edifícios, cuja importância intrínseca não justifique uma protecção [...], mas que revistam interesse do ponto de vista do ambiente urbano ou rural, ou da qualidade de vida.”⁴³ Mais uma vez se apela à intervenção no património com menor valor e não apenas nos monumentos isolados.

Em 1987, o ICOMOS redigiu a Carta de Washington⁴⁴ que pretendia complementar a Carta de Veneza, no intuito de definir princípios, objetivos e métodos para a conservação das cidades e áreas urbanas históricas. Este documento foi redigido no espírito das recomendações da UNESCO de 1976 para a salvaguarda dos conjuntos urbanos e a sua função na vida contemporânea. Neste, as áreas urbanas históricas ou tradicionais constituem os testemunhos mais tangíveis da riqueza e da diversidade das criações culturais, religiosas e sociais da humanidade e a sua salvaguarda e integração na vida contemporânea são elementos fundamentais do planeamento e ordenamento

⁴¹ CONVENÇÃO PARA A SALVAGUARDA DO PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO DA EUROPA, Resolução da Assembleia da República 5/91, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/granada.pdf>], consultado em 20 de maio de 2011.

⁴² Cf. GONZÁLEZ-VARAS, Ignacio, Ob. Cit., p. 498.

⁴³ CONVENÇÃO PARA A SALVAGUARDA DO PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO DA EUROPA, Ob.Cit., artigo 10.º.

⁴⁴ CARTA INTERNACIONAL PARA A SALVAGUARDA DAS CIDADES HISTÓRICAS, Adoptada pela 8ª Assembleia-geral do ICOMOS, realizada em Washington em 1987. Tradução de Fernando M. A Henriques e de Virgolino F. Jorge, em Cadernos SPPC (Textos Fundamentais), nº 1, Évora, janeiro de 1996.

do território⁴⁵. Mais sistematizada, esta Carta defende a manutenção contínua como operação fundamental para a conservação destas áreas. Contudo, também sustenta que um dos objetivos da conservação deve ser o melhoramento da habitação, mas refere que os novos usos e as intervenções para atingir estes objetivos devem ser compatíveis com o carácter da cidade ou área urbana histórica.

Depois desta data muitos outros documentos foram redigidos até aos dias de hoje com o mérito de obrigar os povos a refletir sobre a intervenção no património como uma tarefa fundamental. Alguns serão referidos de seguida por contribuírem para firmar a ação de reabilitação como parte da metodologia da conservação integrada, definida pela Declaração de Amesterdão. É interesse deste trabalho demonstrar que a reabilitação e a utilização de materiais modernos são duas atitudes compatíveis com a preservação do património, integrado na vida contemporânea, longe de atitudes museológicas.

2.2 A CONSERVAÇÃO INTEGRADA E A REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO

A conservação integrada aprofunda o conceito de conservação, porque abarca ações para promover a utilização do edifício pela sociedade atual, ou seja, integrá-lo na vida contemporânea. Isto pressupõe uma atualização do património arquitetónico, que ultrapassa a atitude de conservação, tendo em conta a necessidade de conferir novas funcionalidades aos espaços. Desta forma, surge o conceito de reabilitação⁴⁶, que pode implicar algum grau de transformação, mas que é uma ação executada de modo consciente, sobre o património arquitetónico.

Este é um dos aspetos focados na Carta Europeia do Património Arquitectónico, em que se refere que as autoridades locais devem atribuir funções apropriadas aos

⁴⁵ RECOMENDAÇÃO DE NAIROBI (1976), [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://portal.iphan.gov.br/portal/>], consultado em 20 de maio de 2011.

⁴⁶ Segundo JUSTICIA, M.^a José Martínez – Historia y teoría de la conservación y restauración artística. Madrid: Tecnos, 2001, p. 416, o termo “reabilitação” começou a utilizar-se, timidamente, no Simpósio de Avignon em 1968.

edifícios, ou seja, que respeitem o seu carácter e garantam a sua sobrevivência, o que implica a criação de políticas orientadas para assegurar a concretização deste objetivo.

É a essência funcional do património arquitetónico que determina a sua condição de alteração. De facto, a partir do momento da construção inicial, o edifício evoluiu, enfrentando o tempo com as suas adversidades como a chuva, o vento ou o sol, que obriga a ajustes e melhoramentos, que não são mais que ações de conservação, para uma maior durabilidade. Por outro lado, o passar do tempo sobre as construções promoveu, para além do envelhecimento dos materiais, uma evolução estética, do gosto e das necessidades que fomentaram alterações e adaptações, que podem incluir renovações estéticas.

A importância da reabilitação do património edificado é um dos princípios fundamentais da conservação integrada, enquanto abordagem que assume e procura a compatibilização funcional. Claro que, em alguns imóveis de maior valor patrimonial esta prática deve ser restringida. Contudo, os imóveis que interessam no âmbito deste trabalho são os que possuem valor de conjunto, na sua maioria habitacionais. Foram estes que mais sofreram evoluções ao longo dos tempos, pelo que é natural a sua adaptação aos novos desafios da vida contemporânea. A forma como se encara o habitat e outros espaços alterou-se profundamente. As dimensões das habitações antigas e a forma como a sua ocupação se fazia, com sobreposição de funções e um reduzido nível de privacidade, sofreram profundas transformações. Além de espaços exíguos, estes edifícios possuíam, muitas vezes, poucas aberturas para o exterior e deficientes instalações sanitárias. Também se deram alterações no modo como desempenhamos algumas atividades, nomeadamente a lavagem da roupa e a higiene pessoal. A televisão e o computador passaram a ter um lugar central no habitat.

As alterações sociais decorrentes da última grande guerra alteraram o ritmo de evolução da arquitetura tradicional. Com a generalização dos novos materiais de construção deu-se o desaparecimento dos métodos tradicionais de construção. Esta alteração efetuou-se de modo lento no interior do país. Apareceram novos “mestres” construtores que desenham habitações com outras referências, diferentes das

conhecidas até então, para proprietários que pertencem a uma nova cultura de raiz urbana e industrial. Passam a existir duas figuras no processo construtivo: aqueles que desenham, pessoas com formação técnica, e os novos construtores civis.

A primeira alteração que acontece na arquitetura vernácula prende-se com a substituição de materiais. Por exemplo, uma estrutura de madeira degradada é substituída por um pré-esforçado que, à primeira vista, parece dispensar qualquer ação de conservação. Depois, surge uma segunda fase que se prende com a organização, a estrutura funcional e a decoração da habitação, relacionada com novas formas de viver e que sofrem uma tendência para a uniformização. É evidente que esta alteração que ocorre representa uma primeira mudança para a melhoria da vida da população em geral que possuía poucas condições de higiene. Muitas vezes, a casa era uma extensão da lavoura ou um local demasiado exíguo para agregados familiares tão densos.

Os anos após a revolução de abril de 1974 produziram muita legislação, quer em matéria de segurança e conforto quer ao nível da atuação no território, com a implementação de políticas de ordenamento do território e utilização do solo urbano e espaço rural. Todas estas questões alteraram a maneira de olhar a arquitetura pré-existente. A legislação portuguesa em matéria de comportamento acústico, eficiência energética e segurança contra incêndios ou na atualização de infraestruturas, nomeadamente elétricas e de telecomunicações, tem vindo a tornar-se muito exigente.

O valor de uso impõe uma atualização funcional dos edifícios, bem como uma melhoria de diferentes aspetos, como, por exemplo, o reforço da segurança contra incêndio ou do isolamento térmico e acústico. Esta é a única forma das pré-existências competirem com as novas construções, que povoam expansões urbanas. Para isto, é necessário introduzir alterações no interior dos fogos de forma a dotá-los de instalações sanitárias e cozinhas, muitas vezes, inexistentes ou inadequadas. Nas situações em que a área útil é diminuta será forçosa a sua ampliação. Importa, sobretudo, que a prática da conservação acompanhe desejos legítimos das populações, mas respeitando a autenticidade tipológica e material do património edificado. De facto, se não for possível

integrar as construções na vida contemporânea, os proprietários irão abandoná-las.

A reabilitação urbana também auxilia a fixação de populações, evitando a migração de habitantes para periferias, o que contribui apreciavelmente para a eliminação ou a diminuição dos movimentos pendulares da população. Na Declaração de Amesterdão afirma-se que a reabilitação das habitações existentes contribui para a redução da necessidade de ocupar áreas agrícolas, sendo este um contributo muito importante da política da conservação. Este documento chama a atenção para os custos sociais que resultam da construção de um novo complexo num local despovoado e não infraestruturado, que envolvem os operários, comerciantes e empreiteiros de construção locais. São estes que mantêm uma região viva economicamente e que, sem trabalho, serão forçados a procurar outros lugares.

Neste sentido, a Declaração de Amesterdão também faz referência às políticas de planeamento, que devem prever a localização de atividades económicas compatíveis em tecidos históricos, dando particular atenção à fixação de novas atividades em zonas economicamente em declínio de modo a prevenir a sua desertificação e a degradação irreversível dos edifícios antigos. Ainda, e uma vez que os edifícios históricos têm capacidade para receber funções que dão resposta a necessidades atuais, deve ser feita uma correta distribuição dos pontos focais da atividade urbana, com especial cuidado nas políticas de transporte e emprego.

Por via das últimas reflexões da comunidade internacional de que são exemplos a Carta de Aalborg⁴⁷ de 1994 ou a Carta de Lúpsia sobre as Cidades Europeias Sustentáveis⁴⁸ de 2007, ao conceito de conservação integrada ajusta-se o chavão do “desenvolvimento ecológico” que se insere numa nova consciência ecológica. Deste modo, junta-se à importância da reutilização das estruturas, as preocupações cada vez maiores em torno do desperdício energético, quer no tratamento dos resíduos sólidos

⁴⁷ CARTA DAS CIDADES EUROPEIAS PARA A SUSTENTABILIDADE, Aalborg, Dinamarca, a 27 de Maio de 1994. [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.futurosustentavel.org/gca/?id=11>], consultado em 20 de maio de 2011.

⁴⁸ CARTA DE LEIPZIG SOBRE AS CIDADES EUROPEIAS SUSTENTÁVEIS, Adotada na reunião informal dos Ministros responsáveis pelo Desenvolvimento Urbano e Coesão Territorial, em 24 e 25 de Maio de 2007, em Leipzig. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:http://politicadecidades.dgotdu.pt/docs_ref], consultado em 20 de maio de 2011.

quer no que será investido na nova construção. Isto justifica, por si só, a batalha contra a demolição, ainda que o edifício possa ter pouco ou nenhum valor patrimonial.

Mais recentemente, em 2009, na tentativa de contornar a crise financeira que se começava a sentir, decorreu em Viena o 4.º Encontro do Fórum Europeu de Responsáveis pelo Património. Neste redigiu-se uma declaração com o título *Um incentivo ao Património em período de recessão económica*, onde se pode ler que “o investimento em património constitui uma solução sustentável de sucesso garantido para fazer face à recessão económica”⁴⁹. Este documento realça que a conservação do património contribui para a redução do desperdício dos recursos naturais. Este é um assunto que está na ordem do dia. A recuperação de edifícios históricos não só preserva a energia incorporada e os recursos materiais utilizados no passado, como minimiza a produção de materiais novos, mais caros e potencialmente mais prejudiciais do ponto de vista ecológico.

Por outro lado, o património arquitetónico é encarado como um recurso económico, que conjuga o valor cultural com a questão da propriedade e a sua rentabilização. Como se tentou defender no capítulo anterior, em algumas áreas urbanas, o valor de uso foi encarado como um recurso turístico, transformando-o em valor económico, “ao serviço do qual trabalha uma multidão de animadores, comunicadores, agentes de desenvolvimento, engenheiros e mediadores culturais.”⁵⁰ Nestes casos, por vezes, ocorrem processos de expulsão dos residentes. Contudo, deve ser garantida a permanência dos habitantes destas áreas, ainda que seja importante, para o sucesso da conservação integrada, a chegada de novos habitantes com outro dinamismo. Esta é uma das premissas fundamentais desta nova atitude que se traduz na necessidade de garantir a permanência dos cidadãos evitando o êxodo daqueles que são de condição mais modesta, devendo os poderes públicos atuar neste sentido, por exemplo, através do controlo do valor das rendas.

A Convenção de Granada, já referida, também defende a utilização de bens protegidos, atendendo às necessidades da vida contemporânea e a adaptação, quando

⁴⁹ DECLARAÇÃO DE VIENA, Viena, Áustria, 2009. online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/DECLARACAODEVIENA.pdf>], consultado em 20 de maio de 2011.

⁵⁰ Cf. CHOAY, Françoise – Ob.Cit.,p. 185.

tal se mostre adequado, de edifícios antigos a novas utilizações, respeitando as características arquitetónica e histórica do património⁵¹.

Em 2011, o ICOMOS adotou os *Principios de La Valeta para la salvaguardia y gestión de las poblaciones y áreas urbanas históricas*⁵² atualizando a Carta de Washington. Neste documento acrescenta-se aos elementos a preservar nas áreas urbanas históricas os valores imateriais, que englobam as atividades económicas, as práticas culturais, as tradições e os testemunhos da memória. Este documento refere-se a estas áreas como organismos vivos que estão submetidos a alterações contínuas, defendendo que podem ser aproveitados como oportunidades para melhorar a qualidade de vida dos habitantes, sem prejuízo para os valores a preservar. Nesta linha de pensamento fala-se na eficiência energética que deverá ser promovida nas intervenções nos edifícios, bem como na utilização de fontes de energia renováveis.

O futuro das técnicas tradicionais e dos saberes dos artífices e artesãos está dependente de uma intervenção de reabilitação que salvguarde a materialidade das pré-existências. Esta assume-se como uma tarefa que tem de garantir a utilização das técnicas e materiais tradicionais conjugados com novos materiais que respondam a preocupações de segurança e reforço estrutural ou de melhoria das condições de habitabilidade. A intervenção num edifício introduz novos valores que incorporam novos conhecimentos, novos hábitos e novas formas de vida, diferentes das anteriores. A atualização de um edifício exige reconhecimento da cultura da memória, que se encontra materializada na pré-existência, e introdução de novos elementos, justificados por um novo uso. A opção de assumir os novos materiais nas intervenções de reabilitação é uma questão importante para este trabalho e que será abordada de seguida.

Para alguns autores “desde que a tradição continue, as construções podem ser mantidas, reparadas, reconstruídas, repintadas ou redecoradas respeitando as formas

⁵¹ CONVENÇÃO PARA A SALVAGUARDA DO PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO DA EUROPA, Ob.Cit., artigo 11.º.

⁵² PRINCIPIOS DE LA VALETA PARA LA SALVAGUARDIA Y GESTIÓN DE LAS POBLACIONES Y ÁREAS URBANAS HISTÓRICAS, adoptado pela XVII Assembleia Geral de ICOMOS de 28 de Novembro de 2011. [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.icomos.org/en/charters-and-texts>.], consultado em 20 de maio de 2011.

e ritos tradicionais: a autenticidade pode ser identificada se for possível – não tanto na originalidade dos materiais ou das formas, mas sim no processo.”⁵³ Contudo, esta possibilidade dependerá da permanência e disponibilidade da arte do saber fazer, que foi perdida, levando algum tempo a ser recuperada e que está na base da crise que existe na prática da conservação em Portugal.

2.3 A CONSERVAÇÃO INTEGRADA E A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS MODERNOS NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO

A utilização de materiais modernos na conservação do património arquitetónico foi sofrendo alterações e desencadeou posições antagónicas, que acompanharam a evolução da teoria da conservação. A Carta de Atenas (1931) aprovava o uso do betão armado, mas dissimulado de modo a não alterar o aspeto do imóvel⁵⁴, sempre que se mostre necessário e esteja justificada a sua aplicação. Desde a redação desta normativa, outros documentos refletiram sobre esta temática, sendo que o posicionamento face ao uso de materiais modernos na conservação foi-se alterando e amadurecendo. Os resultados das intervenções que foram sendo realizadas no património arquitetónico no último século forneceram razões e motivos para que as orientações se alterassem.

Em 1964, na Carta de Veneza⁵⁵, defende-se que quando as técnicas tradicionais se demonstrarem desadequadas, a consolidação de um monumento pode ser conseguida pelo uso de qualquer técnica moderna de conservação ou de construção, cuja eficácia tenha sido demonstrada por dados científicos e comprovada pela experiência.

A Declaração de Amsterdão também se debruça sobre esta temática no sexto princípio. Neste expõe-se a importância que a promoção de métodos, técnicas e competências para o restauro e reabilitação do património arquitetónico possui para a aplicação da conservação integrada. Aliás, defende-se que os métodos especializados que têm sido

⁵³ J. Jokilehto citado por COSTA, José Manuel Aguiar Portela da – Ob. Cit., p.112.

⁵⁴ Cf. CARTA DE ATENAS DO RESTAURO, Ob. Cit., ponto IV.

⁵⁵ Cf. CARTA DE VENEZA, 1964, publicada por HENRIQUES, Fernando – A Conservação do Património Histórico Edificado. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1991, artigo 10.

utilizados nos monumentos devam ser estendidos à arquitetura corrente, ainda que “com mérito artístico menos evidente”⁵⁶. Sobre os novos materiais, defende-se que a sua aplicação só deverá ser aceite depois da sua aprovação por instituições científicas independentes. O mesmo princípio defende, ainda, a realização de estudos para a compilação de um catálogo de materiais e técnicas para a prática da conservação, devendo fomentar-se a sua divulgação no sentido de estimular a utilização destas práticas por forma a contrariar alguns métodos menos corretos.

Por outro lado, defendem-se medidas para garantir que continuam disponíveis os materiais tradicionais de construção, e que continuam a ser aplicadas as técnicas tradicionais, colocando a tónica na importância de existir uma manutenção permanente do edificado, evitando a longo prazo as onerosas operações de reconstrução.

Também a Recomendação de Naibori se debruça sobre esta temática. Este documento manifesta uma preocupação com a tendência crescente para a universalidade das técnicas de construção⁵⁷ que motiva o desaparecimento das técnicas e materiais tradicionais. De facto, desde meados do século XX que se assiste a uma distribuição dos materiais industriais por todo o território o que tem promovido a uniformização das técnicas construtivas, quer se trate de uma edificação nova ou de ações de manutenção e reparação. No capítulo seguinte será dado especial relevo à problemática do surgimento dos materiais fruto da industrialização e da forma como estes alteraram a arquitetura e a construção.

Na redação da Carta de Cracóvia, em 2000, pode ler-se “que as técnicas de conservação ou protecção devem estar estritamente vinculadas à investigação pluridisciplinar científica sobre os materiais e tecnologias usadas para a construção, reparação e/ou restauro do património edificado”⁵⁸. Surge, também, referência à necessidade de testar novos materiais e tecnologias por forma a assegurar a sua compatibilidade e adequá-los à prática da conservação.

De uma forma geral, as cartas internacionais defendem a importância da utilização de materiais tradicionais na conservação, deixando os materiais e técnicas modernas

⁵⁶ DECLARAÇÃO DE AMSTERDÃO, Ob. Cit., p.8.

⁵⁷ Cf. RECOMENDAÇÃO DE NAIROBI, Ob. Cit., artigo 6.º.

⁵⁸ Cf. CARTA DE CRACÓVIA, 2000, publicada em Monumentos. Lisboa: Ed. Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais. n.º 16 (Março de 2002), ponto 10.

quando as primeiras se revelem desadequadas. Contudo, para que se empreguem estes materiais devem ser tomadas medidas para garantir que continuam a ser produzidos e vendidos. Esta questão continua premente e a ser de grande importância.

Tem-se assistido a um ressurgido interesse pelas técnicas de construção e materiais ancestrais com *workshops* que se multiplicam, mas que depois dificilmente se reproduzem na obra real, uma vez que estes materiais são produzidos em pequena escala e possuem um custo elevado para que sejam utilizados correntemente. Esta situação faz o proprietário de baixos recursos utilizar o material mais barato e que é mais fácil de adquirir, ainda que não seja o mais eficaz para o fim pretendido.

Pelas razões apontadas os executantes afastam-se das práticas tradicionais, faltando neste processo um dado muito importante que se prende com a necessidade de executar e aplicar para que se consolidem conhecimentos e para que possam ser transmitidos. É da utilização prática de materiais e técnicas construtivas tradicionais que se pode alcançar uma qualidade superior em obras de conservação.

Contudo, como se viu anteriormente, a reabilitação necessita da utilização de novos materiais que respondam a certas exigências funcionais e de segurança. Desta forma, importa promover o conhecimento dos materiais modernos, que são colocados à disposição, para poder controlar a sua utilização. Reduz-se, assim qualquer atitude empírica, conseguindo desta forma alcançar um equilíbrio entre significado da intervenção e a matéria utilizada. De facto, não se pode desprezar a necessidade de conhecimento científico dos materiais uma vez que este é fundamental para a boa prestação de uma obra arquitetónica e condiciona o aspeto final da construção.

A conservação não pode ser baseada numa abordagem cheia de idealismo mas vazia de rigor técnico. O desconhecimento dos materiais e das técnicas de construção estrangula a capacidade de intervir no património, levando muitas vezes a reproduzir soluções anteriores erradamente. Por outro lado, a escassez de mão-de-obra para a execução de diversos trabalhos torna difícil a tarefa dos técnicos que necessitam de saber como mandar fazer, a fim de formar operários qualificados. A Declaração de

Amesterdão também foca este problema, quando se refere que as “oportunidades de qualificação, as condições de trabalho, os salários, a segurança no emprego e o estatuto social devem ser suficientemente atractivos para induzirem os jovens a abraçarem e a seguirem as disciplinas relacionadas com as obras de restauro e de reabilitação”⁵⁹.

⁵⁹ DECLARAÇÃO DE AMSTERDÃO, Ob. Cit., p.9.

CAPÍTULO III – MATERIAIS TRADICIONAIS *VERSUS* MATERIAIS MODERNOS

Os materiais que interessam no âmbito deste trabalho são aqueles que se destinam a ser incorporados na construção de forma permanente⁶⁰, isoladamente ou conjugados com outros. Estes podem ser utilizados como são obtidos na natureza ou transformados através de processos artesanais ou industriais. A escolha e a mistura de materiais irão influenciar o desempenho e a qualidade da obra.

Um material natural pode ser definido como aquele que é recolhido ou extraído pelo homem da natureza e utilizado sem nenhum processo de transformação. O material pode ser cortado, serrado, amassado e misturado com outros, mas é aplicado com as mesmas características iniciais. Uma parte dos materiais utilizados pela arquitetura vernácula assenta nesta classificação. A pedra, a terra e a madeira enquadram-se nesta categoria.

Os materiais artificiais são obtidos através de um processo físico como o aquecimento ou a cozedura ou através de um processo químico, que pode ser a adição de um estabilizante ou de uma resina, caso das placas de derivados de madeira. É o caso do tijolo cozido, da cal aérea e do vidro. Por último, os materiais sintéticos são desenvolvidos em laboratórios industriais através de processos diversos. Não é direta a ligação deles com a matéria-prima usada no seu fabrico.

Uns e outros resultam de lógicas distintas de preparação. Ainda hoje se fabricam tradicionalmente alguns materiais antigos com os mesmos processos. São exemplo disso a cal em pedra produzida em Borba com os calcários locais, ou as baldosas e tijolos maciços de São Pedro do Corval, concelho de Reguengos de Monsaraz, com recurso a terras argilosas (Fig.5).

Até meados do século XX, os sistemas construtivos em Portugal estavam diretamente relacionados com a matéria-prima disponível no local. Por inexistência de vias de comunicação e transportes eficientes, os materiais utilizados variavam de região para região, correspondendo às características litológicas do solo e influenciando o modo de construir, a qualidade construtiva e a durabilidade das construções. Assim, a pedra, a

⁶⁰ Conforme se pode ler na definição de “Produtos para a construção” do DECRETO-LEI n.º 113/93. «D.R. I Série» 84 (10.04.93) 1803-1806.

terra e a madeira eram as matérias-primas de eleição e pode dizer-se que a construção vernácula conseguiu superar as debilidades dos diversos materiais, encontrando soluções bastante eficazes.



Figura 5. Produção artesanal de tijolos maciços cozidos em São Pedro do Corval, Reguengos de Monsaraz.

A pedra é utilizada há milhares de anos, sendo considerada o material mais nobre e mais resistente de todos, levando a que se tenha explorado as imitações de pedra com recursos a argamassas de cal e pó de pedra. Até nas situações em que as alvenarias são em terra amassada, a pedra cumpre a sua função nas fundações e embasamento, salvaguardando-as da ascensão de humidade por capilaridade.

A pedra – ou rocha – é constituída por um ou mais minerais e pode ser ígnea, sedimentar ou metamórfica. Da sua formação, endógena ou exógena, depende a sua classificação. As rochas metamórficas resultam da transformação de rochas pré-existentes que podem ser ígneas, sedimentares e, mesmo, metamórficas. No primeiro grupo incluem-se os granitos, no segundo, os calcários e no terceiro, os mármore.

Em Portugal as pedras mais utilizadas são os granitos, os xistos, os calcários e os mármore. Os granitos existem sobretudo no norte do país, nas Beiras e no Alentejo. Os calcários são explorados um pouco por todo o país, com predominância nos distritos de Lisboa, Coimbra, Aveiro, Leiria, Santarém, Setúbal e Faro, mas com finalidades muito distintas que podem ser para pedra de construção, mas também na produção de

cal ou cimento. No eixo Estremoz-Borba-Vila Viçosa ganham particular importância os mármore.

As diferentes técnicas construtivas variam com o tipo e a qualidade das pedras disponíveis localmente. Maioritariamente, a utilização da pedra é feita em paredes portantes de grande espessura, mas também pode ser utilizada como revestimento, em coberturas ou pavimentos. A alvenaria pode ser aparelhada, constituída por pedras de dimensões regulares, ordinária com pedra irregular, assentes com argamassa, e de pedra seca, que dispensa o uso da argamassa. A pedra é também a matéria-prima utilizada para o fabrico de outros materiais de construção, como o vidro, a cal, o gesso e os inertes.

As primeiras construções em pedra eram executadas num sistema simples de pórtico, que consistia em grandes pedras talhadas na vertical a trabalhar à compressão e outra assente na horizontal, fazendo um abrigo simples mas eficaz. A capacidade de cortar a pedra facilitou a execução de paredes com blocos em alvenaria e a técnica da placagem permite executar revestimentos em pedra de qualidade superior como, por exemplo, o mármore.

A cal constitui o ligante por excelência da construção vernácula. Este material resulta do aquecimento de pedra calcária a uma temperatura entre 600° e 800°C através do qual a pedra liberta dióxido de carbono e transforma-se em óxido de cálcio. Este processo é que dá à cal a capacidade de reagir com a água e posteriormente, endurecer em contacto com o ar. Também o gesso é extraído de rochas que contêm na sua base o sulfato de cálcio. Estas são submetidas a um processo de calcinação a temperaturas variáveis⁶¹ em que se liberta a água da cristalização. O pó que resulta do processo de calcinação combina-se prontamente com água, convertendo-se numa massa fina e consistente, que endurece rapidamente em contacto com o ar.

A terra é outro material que foi largamente utilizado no território nacional. Esta é composta por partículas grosseiras, onde se incluem os calhaus, os seixos e as areias, e por partículas de dimensão inferior onde se inserem os siltes ou limos e as argilas. São estes elementos em proporção variada que definem a textura da terra. Na matéria

⁶¹ O controlo da temperatura de cozedura do gesso permite obter produtos muito distintos para utilizações distintas. Cf. TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Diálogos da Edificação. Porto: Centro Regional de Artes Tradicionais, 1998, p. 35.

mineral do solo incluem-se fragmentos de rochas, minerais primários e secundários. A terra pode ser utilizada crua para construir taipa, moldada para manufaturar adobes e blocos de terra comprimidos (BTC) ou servir de enchimento e revestimento. Se o material possuir as condições ideais é utilizado tal como é recolhido, ou após a adição de água. Contudo, a terra pode ser misturada com outra, por exemplo, com características argilosas, estabilizada pela adição de leite de cal ou, mais recentemente, cimento. Da terra extraem-se as areias utilizadas para as argamassas de assentamento ou revestimento, que apresentam uma variedade tão grande como o extrato geológico correspondente.

Com a terra argilosa produz-se o tijolo maciço ou furado. O tijolo maciço cozido é mais antigo e designa-se por tijolo feito à feira ou prensado⁶², muito conhecido como tijolo de burro. Neste, o volume de argila é superior a 85% do seu volume total. Difere do adobe, porque a matéria-prima – terra argilosa – é cozida o que lhe confere propriedades distintas. A sua descoberta deverá ter resultado de um acaso. Algum elemento de terra argilosa deverá ter sido deitado ao fogo e terá endurecido⁶³.

Na edificação antiga é utilizado em paredes portantes, mas também em abóbadas e abobadilhas. Com uma espessura menor, é empregue para revestimento de pavimento e sobre estruturas de madeira. É muito comum a sua aplicação em paredes divisórias, por vezes disposto ao alto, constituindo um pano de alvenaria de espessura muito reduzida. A possibilidade de esmaltar a superfície de tijoleiras ou telhas cerâmicas confere-lhe características impermeáveis e uma maior beleza, associada ao brilho.

O tijolo furado, de produção mais recente, tem canais paralelos às suas maiores arestas que desempenham funções de enchimento e de isolamento térmico. Estes canais também conferem uma leveza a este material, muito apreciada por tornar mais célere a execução de uma alvenaria. Depois da segunda metade do século XX, generalizou-se a sua utilização em paredes exteriores e interiores na construção corrente de habitações.

⁶² Idem, p. 22.

⁶³ Cf. SANTIAGO, Cybèle Celestino – Estudo dos materiais de construção, de Vitruvius até ao século XVIII : uma visão crítico-interpretativa à luz da ciência contemporânea. Évora : Universidade de Évora, 2000. Tese de Doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico (policopiada), p.87.

A madeira é outro material utilizado na arquitetura em estruturas de pavimentos e coberturas, em paredes exteriores e interiores e como revestimento. Hoje e ontem, Portugal mantém-se como um país com tradição na sua utilização. Contudo, a forma como se aplica este material tem-se alterado muito. Aliás, tradicionalmente, este é um material que foi esquecido na construção, salvo para a produção de mobiliário. Aos poucos a madeira foi substituída nas estruturas – primeiro pelo ferro, depois pelo betão armado – depois na caixilharia – primeiro pelo ferro, depois pelo alumínio – e, mais recentemente, pelo PVC. Em revestimentos interiores a madeira foi também trocada pelas cerâmicas laváveis e brilhantes. Atualmente, a madeira tem ganho um novo impulso como componente da construção com o desenvolvimento de produtos derivados de madeira que combinam esta matéria-prima, depois de transformada, com um ligante que pode ser uma resina⁶⁴.

Outros materiais naturais foram utilizados além da madeira. O junco e o colmo foram utilizados em áreas piscatórias para a construção de habitações para população migratória e em zonas rurais para cobrir abrigos de animais. Como revestimento sobre estruturas de madeira ou sobre paredes resistentes em pedra ou taipa, este material necessita de muita manutenção e, por vezes, de substituição integral.

Outra fibra orgânica utilizada na construção é a de coco, que também é um material natural e reciclado. Tem elevados índices de rigidez e dureza e apresenta um bom desempenho acústico, contribuindo para uma redução substancial dos níveis sonoros, na absorção das baixas frequências.

A cortiça é também um material natural utilizado na construção em enchimento de paredes e como isolamento e revestimento em tetos. No decorrer deste trabalho foi identificada uma solução de estrutura de madeira com enchimento em cortiça, rebocada em ambas as faces, na área de Ferreira do Zêzere⁶⁵. Esta é utilizada como isolamento sob a forma de um aglomerado de grãos ligados sem adição de produtos químicos. A formação da placa dá-se apenas pela resina própria do material através de pressão e calor. É um material 100% reciclável, colocando-o na fileira dos produtos da construção sustentável. Como vantagens pode ser acrescentada a sua longevidade, resistência à

⁶⁴ Os Produtos Técnicos da Madeira serão descritos no capítulo V.

⁶⁵ Consultar levantamento das soluções construtivas tradicionais com incorporação de madeira no capítulo IV.

compressão e as suas propriedades térmicas, acústicas e minimizador da reverberação quando utilizado como revestimento de superfícies. O facto de ser combustível é a sua maior desvantagem. Depois do *boom* nos anos 80 do século XX, e de entrar quase em desuso, a indústria da cortiça tem vindo a recuperá-la numa lógica diferente, com aplicações em pavimentos combinados com superfícies lisas onde a resina funciona como camada de desgaste.

É na conjugação entre a transmissão oral, o saber fazer e a experimentação continuada que se situam as técnicas tradicionais de construção. Esta herança encerra também um profundo conhecimento dos materiais, na forma como são escolhidos consoante o fim a que se destinam e no modo como são trabalhados, enaltecendo as suas qualidades e minimizando as suas debilidades.

A sua utilização implica, só por si, uma grande diversidade regional em função de uma correspondente diversidade paisagística. Aliás na arquitetura vernácula, a habitação e outras estruturas são diretamente influenciadas pelo modo como se usam estes materiais. De facto, ainda que não seja fator único, o material disponível impõe um conjunto de limitações.

“À medida que um indivíduo de um grupo comunicava com o de outro, ou à proporção em que seu conhecimento ia sendo enriquecido, através da troca de experiências, maiores cuidados eram tomados com a escolha dos materiais para a construção das suas casas. A prática de vida então adquirida era transmitida às gerações futuras que, por sua vez, aperfeiçoavam o que haviam aprendido de seus antepassados em processo oral de transmissão do conhecimento.”⁶⁶ No século I a.C., os conhecimentos científicos eram baseados em empirismo e na experiência da execução. Com o desenvolvimento da escrita e a sua difusão, o conhecimento dos materiais passou a ser registado em documentos.

Os séculos XIX e XX trouxeram um desenvolvimento que se traduziu na descoberta e utilização generalizada de novos materiais e com estes novas tecnologias. Esta situação levou ao abandono sucessivo das técnicas tradicionais de construção. Ocorreu um primeiro momento em que, por vezes, se misturaram os novos materiais com os métodos construtivos já dominados. Depois, surge o completo abandono e até o

⁶⁶ SANTIAGO, Cybèle Celestino – Ob.Cit., p. 13.

desprezo pelos processos antigos. Em entrevistas conduzidas a construtores de adobe no concelho de Avis, concluiu-se que estes desprezam este material, enaltecendo as maravilhas dos processos que aparecem depois, como o betão armado, que muitos deles também utilizaram numa fase posterior da vida de construtor⁶⁷.

A difusão do cimento Portland foi um dos principais motivos de alteração da prática da construção. A primeira fábrica de cimento foi fundada em Inglaterra em 1825. Ainda que os Romanos já utilizassem uma mistura de cal, areia e material pozolânico para conseguir uma argamassa hidráulica, que endurecia mesmo em meios húmidos, a sua composição era distinta deste novo ligante.

O betão armado foi inventado em 1848, quando Luís Lambot fabricou uma barca com uma combinação de ferro e betão em substituição do material tradicional: a madeira. O registo da patente em Portugal ocorreu em 1895⁶⁸ quando foi construída a primeira fábrica de cimento portuguesa em Alhandra.⁶⁹ Uma das principais vantagens deste material é a sua resistência à compressão e a sua maior debilidade é a fraca resistência à tração. Esta debilidade é contrariada pela introdução de armaduras de ferro.

Durante o século XX, iniciou-se a construção de paredes em betão armado. Numa primeira fase a sua utilização restringiu-se às grandes edificações, como as fábricas e outros complexos, mas depressa se generalizou à construção corrente, sendo utilizado, atualmente, em qualquer habitação mais comum.

As estruturas metálicas surgiram no século XIX com a Revolução Industrial. Antes desta data, os metais eram utilizados essencialmente em ferragens. Atualmente, além das estruturas metálicas pesadas em perfis de ferro com secção em H, I ou L estão vulgarizadas as soluções metálicas leves de alumínio e em aço leve galvanizado⁷⁰.

⁶⁷ Cf. FONSECA, Inês - Arquitectura de terra no concelho de Avis: Bases para sua salvaguarda como património cultural. Évora : Universidade de Évora, 2006. Dissertação de mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico, anexo 3.

⁶⁸ TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Ob. Cit., p. 9.

⁶⁹ MENDONÇA, Paulo – Habitar sob uma segunda pele : estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados. Braga : Universidade do Minho, 2005. Tese de doutoramento. [online] [Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>], consultado a 20 de fevereiro de 2011, p. 4-14.

⁷⁰ Conhecidas por LGSF (Light Gauge Steel Framing).

Mais recentemente aparece o painel de gesso cartonado que é formado por uma alma em gesso e revestido, em ambas as faces, por papel forte. Os acabamentos para este tipo de material têm-se diversificado, podendo ser mesmo uma folha de madeira. Associado a sistemas construtivos mais leves e, por vezes, efémeros, como divisórias interiores, este material possibilita uma grande rapidez de execução. A alma de gesso pode ser melhorada nalgumas características, como, por exemplo, na sua resistência ao fogo ou à presença de humidade, com a adição de produtos químicos ou fibra de vidro.

Por último, existe um grupo de materiais que se denominam de compósitos e que se caracterizam por serem constituídos por uma matriz termo estável, como uma resina ou polímero e um material de reforço. São exemplos destes materiais as placas onduladas de fibra de vidro, tecidos de fibra de vidro, fibras vegetais e membranas de poliéster combinados com uma matriz termoplástica⁷¹.

Outra situação que se tem vindo a verificar, associada à construção efémera, é a utilização de membranas. Estas são materiais flexíveis constituídas por um tecido base e uma resina de revestimento, de espessura reduzida. As telas são fixas em perfis de aço ou alumínio, estruturas de madeira ou em cabos de aço. Quando é exigida durabilidade e resistência mecânica são fabricadas com polímeros como o ETFE (Etileno tetrafluoroetileno) e o PTFE (Politetrafluoroetileno)⁷².

A primeira aplicação de uma tela em fibra de vidro e PTFE ocorreu nos Estados Unidos da América, na construção do “Student Centre” na Universidade de La Verne, na Califórnia, numa estrutura têxtil desenhada em 1973⁷³. Em 1981, lançou-se no mercado o tecido de fibra de vidro revestido a silicone usado na Callaway Gardens, na Geórgia. A borracha de silicone é mais flexível que o PTFE, tornando o tecido mais resistente.

Atualmente é comum o uso de isolamentos com espumas plásticas como os Poliuretanos ou os Poliestirenos, em substituição dos isolamentos de fibras orgânicas e inorgânicas. Estes materiais artificiais são os que conseguem atingir os valores mais baixos de condutibilidade térmica. Esta questão aliada ao seu baixo custo, elevada durabilidade e pouca variação das suas propriedades em presença de humidade,

⁷¹ MENDONÇA, Paulo – Ob. Cit., p. 4-36.

⁷² Idem, p. 4-43.

⁷³ Idem, p. 4-50.

tornam estes materiais eleitos na construção corrente. Como aspetos negativos, são de realçar o seu comportamento pouco resistente ao fogo e a necessidade de incorporar petróleo no seu fabrico.

Em substituição do vidro surgiram produtos como o acrílico e as placas de policarbonato. O acrílico é mais leve, mais resistente e flexível que o vidro e consegue produzir o mesmo efeito. O policarbonato é utilizado na construção sob a forma de placas alveolares que possuem bom desempenho ao nível do isolamento térmico e elevada resistência quando comparada com a sua densidade. As placas de policarbonato alveolar transparentes são utilizadas em substituição do vidro em grandes superfícies.

Além das excelentes propriedades mecânicas e do baixo peso existem outras razões para preferir um material deste tipo. Possui uma elevada resistência à degradação e características únicas na transmissão da luz. Estes materiais estão em grande crescimento nos países industrializados por existir uma grande aceitação por parte dos projetistas e donos de obra na sua utilização. São produtos colocados em obra prontos a ser utilizados e instalados rapidamente, podendo vir a constituir revestimentos ou soluções estruturais. Esta questão foi incrementada com a evolução do conceito fachada-cortina em painel de base polímera⁷⁴.

Estes novos materiais são produzidos em locais específicos, depois distribuídos por todo o território e utilizados sem nenhuma ligação com o local de origem e como tal desprovidos do carácter identitário que caracterizava os tradicionais. Isto promove o declínio das técnicas construtivas locais e regionais, que são substituídas por réplicas de soluções uniformizadas um pouco por todo o território, que se vão confundindo na paisagem sendo depois difundidas como tradicionalistas.

Na atualidade, o modo como se processa a transformação de um material é bem distinta do método artesanal. O processo industrial para produzir um material obedece a regras e calibrações, que tornam rígido o processo, resultando numa homogeneização do produto final em que o consumidor sabe o que esperar do resultado.

A construção de edifícios é diretamente influenciada pelos materiais utilizados. Quer estes estejam visíveis ou ocultos sob outras camadas, a arquitetura resulta da ligação

⁷⁴ Idem, p. 4-38.

entre diferentes materiais e da sua conjugação. As matérias-primas eram encontradas localmente e, com mais ou menos engenho, o homem soube aproveitá-las para construir os seus primeiros abrigos. Primeiramente, a estrutura era o esqueleto da edificação, revestida depois com outro material, mais efémero, que era sucessivamente, renovado. Nas construções vernaculares em Portugal as paredes constituem estrutura e cerramento.

A relação entre os elementos opacos e os translúcidos é, também, consequência dos materiais e das técnicas construtivas. As aberturas – janelas e portas – fazem parte da evolução da tradição construtiva, resultando da permissão da estrutura para abrir vãos, e da possibilidade de os tapar, com elementos opacos, semi-translúcidos como as gelsias, e mesmo transparentes, como o vidro. Este último só se vulgarizou mais recentemente. As janelas de guilhotina com pequenos vidros substituem as portadas de madeira que eram a única forma de encerramento de vãos. Este elemento evoluiu até aos dias de hoje com novos desenhos, em que a área de envidraçado aumenta e os caixilhos tornam-se delgados, porque a construção contemporânea, com pilares e vigas, o permitiu. As aberturas de vãos estavam diretamente relacionadas com os métodos construtivos utilizados mas também com o meio ambiente.

A construção metálica tornou possível a abertura de grandes vãos de janela. Primeiro foi utilizada em armazéns, mas depois permitiu a abertura de montras para os arruamentos comerciais, sendo importada para a construção corrente. A crescente independência da pele exterior da sua função estrutural conduziu à completa separação desta em relação à estrutura portante. As primeiras fachadas cortina foram realizadas em edifícios industriais. Walter Gropius, em colaboração com Adolf Meyer, concebeu em 1910 uma nave industrial na fábrica de calçado “Fagus Works” em “Alfeld-an-der-Leina”⁷⁵. Nesta fábrica, a cortina não possui qualquer função estrutural.

Também as coberturas em telha de canudo vieram substituir a cobertura em colmo em diversos edifícios. Mais tardiamente, no século XIX, surge a telha marselha que permite a construção de telhados com maiores inclinações, mudando a forma das coberturas, escondendo beirados atrás de platibandas.

Com a revolução industrial os paradigmas alteraram-se, devido ao desenvolvimento

⁷⁵ Idem, p. 3-7.

tecnológico, à melhoria das vias de comunicação e à chegada do comboio a muitos locais e ainda à alteração das regras comerciais e publicitárias, que teve início com a aparição da figura do «caixeiro-viajante». Ainda hoje esta figura leva a muitos locais desertificados e isolados as últimas novidades. Esta transformação da sociedade traz consigo uma maior igualdade no acesso à cultura material, que muitas vezes não é acompanhada de outras formas de cultura. O acesso a esta em muitos locais faz-se apenas pela televisão ou pela rádio, o que promove a uniformização de gostos e atitudes, esquecendo a diversidade cultural própria e específica de cada local.

De facto, um conjunto de modificações foi ocorrendo na arquitetura vernácula, que resulta da própria adaptação da construção às matérias-primas disponíveis, da progressiva ascensão social e cultural, individual ou geral, ou da vontade de valorização estética. Desde o tempo em que o homem por sedentarismo necessita de mais que um simples abrigo efémero, surge a habitação de planta circular, que segundo vários autores surge como o modelo e construção mais primitivo⁷⁶. Esta é depois substituída pela habitação de planta quadrada ou retangular que permite crescimento, e por isso está mais adaptada à economia agrícola que dominará após a ocupação romana destes territórios. Na cidade, a casa cresce em altura por economia de espaço e rentabilização do estreito lote.

Durante o último século, a diferenciação entre a estrutura e o seu encerramento colocou-se como um problema teórico. Os materiais da estrutura aparecem assumidos e separados dos revestimentos. Neste enquadramento, aparece outra forma de olhar para as alvenarias de pedra, que supõe-se devem ser desprovidas das argamassas que as protegiam. Isto também tem repercussões na construção antiga que é sujeita a um processo de depuração com remoção de revestimentos, por vezes muito ricos em decorações, mas considerados supérfluos e desajustados.

Com o movimento moderno, a pedra como material estrutural perdeu a sua supremacia. Além da rutura que se pretendia com o passado, o surgimento de outros materiais e, conseqüentemente, diferentes métodos construtivos pressupõem uma nova linguagem estética. Desta forma, o aço, o betão e o vidro tornam-se nos materiais eleitos. Com o crescente enfoque na superfície, a natureza dos materiais torna-se um elemento

⁷⁶ Cf. OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Ob. Cit., p.367.

principal da preocupação arquitetónica. Efetivamente, o material emerge como um elemento estético, que é uma lógica distinta da arquitetura vernácula, que o protege e mascara, muitas vezes.

Os materiais tradicionais como a pedra e a madeira são redescobertos e aplicados num novo contexto. O Pavilhão da Alemanha do arquiteto Mies van der Rohe na Exposição Internacional de 1929, que decorreu em Barcelona, é um bom exemplo desta conjugação (Fig.6). É um edifício depurado, em que a cobertura plana assenta sobre oito pilares de aço muito delgados. O espaço tridimensional constrói-se através da conjugação de planos opacos revestidos a pedra mármore e áreas translúcidas com cortinas de vidro de grande dimensão que prolongam o interior para o exterior.

Também em Portugal, o arquiteto Fernando Távora utilizou materiais tradicionais numa reinterpretação da arquitetura vernácula, que Kenneth Frampton⁷⁷ refere como regionalismo crítico. O pavilhão de ténis da Quinta da Conceição em Matosinhos (Fig.6) de 1958 e a casa de férias em Ofir de 1957/1958 são bons exemplos disto. Com estruturas de betão, alvenarias de pedra e coberturas em asnas de madeira constrói-se arquitetura moderna.



Figura 6. Pavilhão da Alemanha, em Barcelona, do Arq. Mies van der Rohe⁷⁸ e Pavilhão de Ténis de Matosinhos, do Arq. Fernando Távora⁷⁹.

⁷⁷ FRAMPTON, Kenneth citado por MENDONÇA, Paulo – Ob. Cit., p. 4-5.

⁷⁸ Imagem daqui: <http://arquitecturaempessoa.blogspot.pt>

⁷⁹ Imagem daqui: <http://arquitecturaempessoa.blogspot.pt>

Outra questão contribuiu para o abandono da pedra ou da terra enquanto materiais estruturais que constituíam paredes portantes. Os programas de cálculo para estruturas estão preparados para a utilização de betão armado ou aço e as escolas de arquitetura e engenharia não dão a devida atenção aos materiais e técnicas vernáculas. A madeira também tem sido esquecida, tendo vindo a ser recuperada nas últimas décadas por via do desenvolvimento e crescimento da utilização de madeiras lameladas coladas.

Não querendo menosprezar a importância que a tecnologia e os novos materiais possam trazer à qualidade construtiva, é necessário refletir sobre a real necessidade de os utilizar, substituindo soluções tradicionais experimentadas largamente. Efetivamente é necessário conseguir uma eficaz combinação técnica, entre diferentes materiais e técnicas ao invés de uma cisão entre tradicional e moderno.

No caso de uma recuperação de uma cobertura, que implique a substituição total ou parcial do revestimento e estrutura, esta deve ser projetada de forma a melhorar o seu desempenho, ao nível da estanquidade e comportamento térmico. Nestes casos devem aliar-se as técnicas tradicionais com novos materiais e soluções, sem complexos, introduzindo isolamento térmico, sub-telhas flexíveis e forros em contraplacado ou outro tipo de placa de derivado de madeira. Quando o estado de conservação dos edifícios exige uma intervenção profunda, que inclua a substituição de pavimentos e coberturas, deve ser assegurado o uso de materiais e técnicas tradicionais melhoradas, nomeadamente no encontro dos elementos de madeira com a alvenaria porque constituem pontos frágeis deste tipo de construção.

Um fator importante nesta dialética de novos produtos com os artesanais prende-se com uma questão de moda. A tendência de enaltecer o produto do artesão tem vindo a crescer e ocorreu uma revalorização dos materiais e produtos tradicionais, não só nos produtos da construção. Existe ainda uma ideia romântica de promover “tradições”, no sentido lato, que favorece a banalização de muitos produtos, por vezes bastante distantes do que de facto é tradicional.

As construções antigas exigem inspeções e reparações periódicas e o consumidor não lida bem com estas necessidades, por isso, ilusoriamente, dá preferência aos novos materiais e técnicas construtivas que parecem mais duradouras e resistentes. Muitas

vezes, as antigas construções estão também associadas às casas dos avós e a momentos de carência económica.

Desta forma, os novos materiais resultantes da industrialização, como os contraplacados, os aglomerados, os fibrocimentos, os painéis plásticos, metálicos e as chapas distendidas e perfuradas ganham importância na utilização como revestimento de superfícies exteriores e interiores de paredes. Estes produtos, aliás, vão ao encontro das aspirações de promotores e usufruidores da habitação, que desejam uniformidade, livre de defeitos, e uma maior facilidade na execução de manutenção.

CAPÍTULO IV – A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

4.1 A MADEIRA

O termo madeira representa o tecido lenhoso existente nas partes aéreas de uma árvore e que inclui tronco, pernadas e ramos. A madeira vai desde a medula – tecido parenquimatoso que representa a primeira fase de crescimento da árvore – ao câmbio vascular que delimita o início da casca. Este câmbio é o responsável pela criação de novas células de lenho e assim encontramos a madeira recentemente formada junto à periferia do tronco. O exame macroscópico da secção transversal de um tronco, permite observar a medula no centro da secção à volta da qual se distribuem os anéis de crescimento. Estes anéis são constituídos por camadas que alternam lenho de início de estação, ou de primavera, e lenho de final de estação, ou de outono. Os anéis de crescimento são particularmente visíveis nas Resinosas de climas temperados. Nestes casos, o lenho de primavera apresenta um tom mais claro e o lenho de final de estação um tom mais escuro (Fig.7). Desta forma, é possível observar variações no ritmo de crescimento na largura dos anéis de crescimento ou a ocorrência de fenómenos extremos, como por exemplo um incêndio.



Figura 7. Secção transversal de um tronco⁸⁰.

⁸⁰ CACHIM, Paulo Barreto – Construções em Madeira: A madeira como material de construção. Porto: Publindústria, 2007, p. 49.

Desta forma. O facto das árvores sujeitas a climas temperados, com algumas exceções, formarem um anel de crescimento por ano suporta o método científico designado por Dendrocronologia (Fig.8). Esta ciência permite datar uma peça de madeira a partir da análise conjunta da sequência de anéis de crescimento, dos mais recentes junto à casca, aos mais antigos junto à medula, e das condições atmosféricas a que foi sujeita ao longo da vida. Neste último caso, designa-se por dendroclimatologia. A influência do clima na formação dos anéis tem vindo a suportar os estudos na área da dendrocronologia.

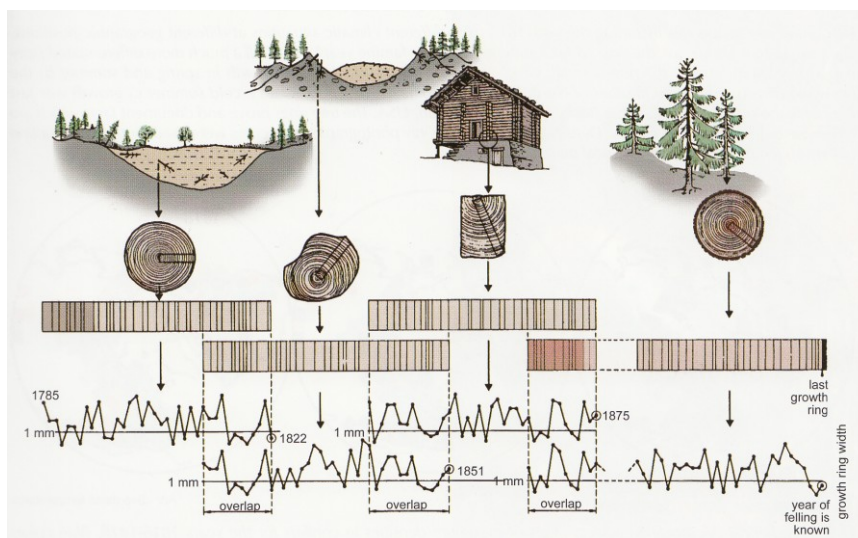


Figura 8. Bases para Dendrocronologia⁸¹.

Nalgumas espécies é igualmente possível observar uma zona interior mais escura que constitui o designado cerne e junto à periferia do tronco, uma zona mais clara que se designa por borne.

O cerne de algumas espécies é de qualidade superior ao borne em termos de durabilidade face a agentes xilófagos. A razão para esta maior durabilidade prende-se com a formação e depósito de compostos orgânicos, designados, genericamente por

⁸¹ SCHWEINGRUBER, F.H.; BORNER, A.; SCHILZE, E.-D. – Atlas of woody plant stems. Evolution, structure and environmental modifications. Springer, 2008, p. 1.

extrativos⁸² junto das camadas mais antigas do lenho. Para além da maior durabilidade, estes compostos são igualmente responsáveis pela menor permeabilidade do cerne relativamente ao borne⁸³.

4.2 A GÉNESE DA MADEIRA COMO MATERIAL ESTRUTURAL

A madeira, a pedra e o aço constituem os principais materiais estruturais de origem natural. Destes, apenas a madeira tem na sua génese, ou seja, no seu processo de formação no interior da árvore, o propósito de constituir um material estrutural. De facto, este intuito está traduzido na composição química, no arranjo celular e na tridimensionalidade da estrutura da madeira, que lhe permite de forma astuta adaptar-se a diferentes ações mecânicas e ambientais a que a árvore se encontra exposta ao longo da sua vida.

A capacidade de adaptação e versatilidade estrutural das árvores, das quais a madeira é um tecido essencial, permitem-lhes apresentar uma grande longevidade, que é em parte condicionada por fatores genéticos. As bétulas, desta forma, podem ir dos 80 aos 200 anos, os carvalhos entre os 700 e 1000 anos e as sequoias gigantes podem ir além dos 3000 anos. As árvores mais antigas pertencem a pinheiros da espécie *Pinus aristata* que crescem a uma altitude de 3000m na Califórnia e no Nevada, nos Estados Unidos da América (EUA). O estudo dendrocronológico de uma destas árvores permitiu atribuir-lhe a idade de 4600 anos⁸⁴.

Os registos existentes também mostram que as árvores mais altas encontram-se entre as sequoias (*Sequoia sempervirens*) nas florestas da Califórnia, nos EUA com alturas de aproximadamente 112m (Fig.9). Um eucalipto (*Eucalyptus regnans*) existente no condado de Victoria, na Austrália, foi registado como a árvore mais alta em 1872. Nesta data, a árvore tinha 132,60m julgando-se que quando do seu abate teria cerca de 150m.

⁸² MACHADO, José Saporiti (coord.) – Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira. Lisboa: Ed. VERLAG DASHÖFER, 2009.

⁸³ Idem.

⁸⁴ Cf. THOMAS, Peter – Trees: Their Natural History. Cambridge University Press, 2000, p. 256-257.

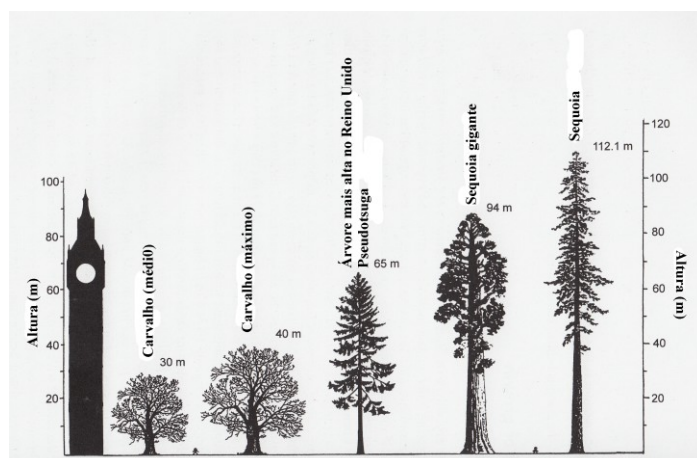


Figura 9. Alturas identificadas das árvores mais altas por espécies, comparadas com o BigBen⁸⁵.

Para que as árvores atinjam esta longevidade é necessária uma elevada capacidade de adaptação da estrutura do tronco, que permita manter a função de transporte de matérias-primas (água, minerais, nutrientes) e de suporte à copa necessárias à sua sobrevivência num ambiente de variações edafoclimáticas por vezes significativas.

A madeira (lenho ou xilema) é o tecido responsável pela função de suporte e transporte de matérias do solo à copa. A que é utilizada industrialmente provém na sua maioria do tronco de uma árvore. As árvores desenvolvem o tronco de forma a resistir às solicitações externas, como a esforços de flexão, introduzido por exemplo pela ação do vento e de compressão (ações gravíticas) a que estão sujeitas durante o seu crescimento. Também se adaptam às características internas, como os fatores genéticos. O lenho diferencia-se assim de outros materiais, como a alvenaria, suportando quer esforços de tração quer de compressão.

A adaptação a fatores externos traduz-se, por exemplo, na formação de lenho de reação. Este lenho resulta da formação de lenho de compressão (no caso das Resinosas) ou de tração (no caso das Folhosas) devido à exposição a ventos dominantes ou crescimento em encostas.

⁸⁵ Idem, p. 158.

Esta dupla função, em conjunto com as modificações resultantes da influência de fatores externos e internos, torna a madeira num material de origem natural heterogéneo e de elevada variabilidade. Este apresenta ainda uma estrutura tridimensional descrita pelos planos (secções) fundamentais de madeira: o plano longitudinal paralelo ao eixo longitudinal do tronco; o plano radial paralelo aos raios lenhosos; o plano tangencial normal ao plano radial (tangencial às camadas de crescimento). A madeira apresenta nestes três planos (secções) um conjunto diferenciado de propriedades físicas e mecânicas, determinando o comportamento anisotrópico da madeira (Fig.10).

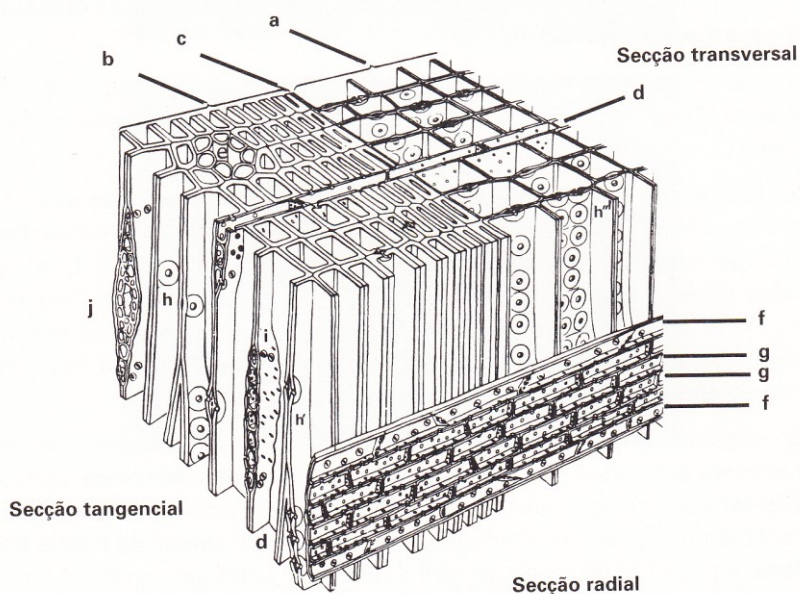


Figura 10. Estrutura tipo de madeira resinosa⁸⁶ (a - lenho inicial; b - lenho final; c - limite da camada de crescimento; d - raio lenhoso; e - canal de resina; f - traqueídos radiais; g - células de parênquima; h - pontuação areolada; h' - pormenor do corte tangencial de pontuação areolada; h'' - pontuações areoladas bisseriadas; i - pontuações de campo de cruzamento; j - raio lenhoso com canal de resina.).

⁸⁶ CARVALHO, Albino de – Madeiras Portuguesas: Estrutura anatómica, propriedades, utilizações. Lisboa: Instituto Florestal, Vol. I, 1996, p. 59.

O tronco apresenta assim do ponto de vista fisiológico uma dupla função. A primeira é relativa ao necessário transporte de água e sais à copa (folhas), para que por fotossíntese sejam formados os compostos orgânicos necessários à sua sobrevivência, e ao transporte da copa às raízes trazendo os nutrientes necessários à sustentabilidade da árvore. A segunda, já referida, diz respeito ao suporte mecânico da árvore de forma a possibilitar o acesso da copa à luz solar.

De forma a compreender o comportamento mecânico da madeira é preciso entender o seu processo de formação. Este inicia-se no câmbio vascular, que produz um conjunto de elementos celulares (em geral agrupados em traqueídeos, fibras, vasos e parênquima) diferenciados quanto à sua estrutura e função no tronco da árvore. Para o exterior o câmbio produz um tecido designado por floema, responsável pelo fluxo de nutrientes da copa para a raiz e casca.

Tendo em consideração as diferenças significativas de estrutura anatómica, condicionada pela atividade do câmbio vascular, as madeiras são divididas em dois grupos – Folhosas e Resinosas. Esta diferenciação reflete-se igualmente nas suas propriedades mecânicas, sendo depois transpostas na normalização europeia de madeiras para fins estruturais, como por exemplo norma europeia NP EN 1912:2013. As Resinosas são constituídas por células de traqueídeos, que assumem as funções de transporte e de suporte, e pelo parênquima, que constitui uma reserva de nutrientes. Nas Folhosas existe uma maior especialização celular, existindo os vasos que asseguram a condução, as fibras que possuem a função de suporte e o parênquima que, também, assegura a reserva de nutrientes. No grupo das Folhosas incluem-se o carvalho, o castanho e o eucalipto, e nas resinosas incluem-se o pinho bravo e a casquinha.

De uma forma simples designam-se por fibras ambos os elementos celulares responsáveis pela função de suporte, dado apresentarem uma parede celular com uma estrutura similar. São estas fibras que asseguram a resistência mecânica da madeira.

A fibra pode ser vista como um nano compósito formado pela árvore em função da necessidade de garantir a resistência face a esforços externos e internos. A parede celular da fibra é responsável pelo seu comportamento mecânico e é maioritariamente composta por celulose, hemicelulose e lenhina. As microfibrilas de celulose encontram-se embebidas numa matriz composta de hemicelulose e lenhina. O comportamento mecânico deste compósito pode ser comparado ao do betão armado, sendo a resistência à tração assumida pela celulose e a resistência à compressão assumida pela matriz (hemicelulose + lenhina).

A parede celular caracteriza-se por uma estrutura em três camadas que engloba a parede primária, a parede secundária e a parede terciária (Fig.11 e 12). Entre estas surgem variações de composição na proporção dos três constituintes básicos e na disposição das microfibrilas relativamente ao eixo longitudinal da fibra. A parede primária e terciária apresentam uma distribuição aleatória das microfibrilas de celulose levando a um comportamento isotrópico. Estas duas paredes apresentam uma estrutura e espessura semelhante entre fibras, não influenciando significativamente a variação das propriedades mecânicas na árvore, entre árvores e entre espécies de madeira. A parede secundária pelo contrário apresenta variações muito significativas, quer em estrutura quer em termos de espessura, que condicionam as variações das propriedades mecânicas que as diversas peças de madeira limpa mostram.

A parede secundária apresenta microfibrilas de celulose orientadas segundo o eixo longitudinal da fibra, fazendo com este um ângulo que varia entre 10° a 30°. Esta distribuição implica um comportamento anisotrópico da fibra e, considerando a orientação preferencial ($\approx 90\%$) das células lenhosas segundo o eixo longitudinal do tronco, traduz-se no comportamento anisotrópico da madeira em termos mecânicos. Este fenómeno, mais uma vez, salienta o aspeto de um material que é otimizado pela natureza atendendo à sua função no interior de um ser vivo (organismo sujeito maioritariamente a esforços axiais).

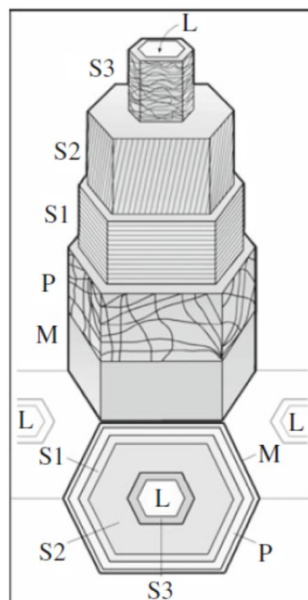


Figura 11. Estrutura de uma fibra⁸⁷. (L – Lamela média; P – Parede primária; S – Parede secundária (constituída por três camadas – S1, S2 e S3); L – Lúmen da célula).

A parede secundária, ao contrário das restantes, permite à árvore adaptar-se às diversas solicitações a que se encontra exposta. Assim, de fibra para fibra existem diferenças quanto à espessura e inclinação das microfibrilas de celulose. No lenho de compressão a parede celular adapta-se a um esforço de compressão localizada no tronco da árvore. Esta adaptação faz-se através do aumento da espessura da parede secundária, da proporção de lenhina face à celulose e da inclinação das microfibrilas face ao eixo das fibras, que pode chegar aos 45°⁸⁸.

Por fim, as fibras encontram-se ligadas entre si por uma camada designada por lamela média que é, quase em exclusivo, constituída pela matriz. As propriedades da madeira são consequência das necessidades biomecânicas da árvore, demonstrando uma elevada resistência ao longo do eixo das fibras (compressão e tração paralela às fibras)

⁸⁷ SHAH, Darshil U. – Developing plant fibre composites for structural applications by optimising composite parameters: a critical review. *Journal of Materials Science*, 28:6083-6107, 2013.

⁸⁸ DESCH, H. E.; DINWOODIE, J. M. – *Timber: Structure, properties, conversion and use*. Palgrave Macmillan, 1996, p. 47.

e uma fraca resistência na direção perpendicular às fibras ou na interface entre fibras (esforço de corte).

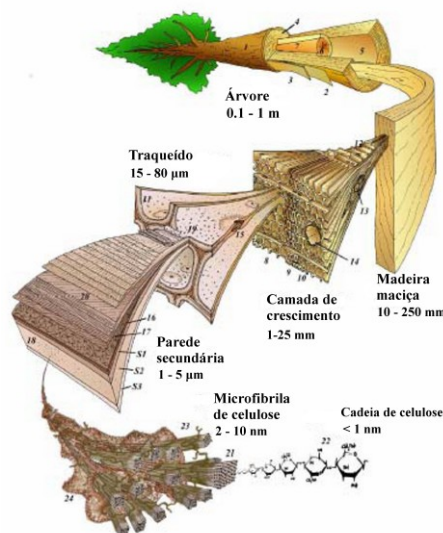


Figura 12. Esquema de formação da estrutura de uma árvore⁸⁹.

4.3 OUTRAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

A madeira é um material higroscópico sendo que a entrada e saída de moléculas de água da parede celular é responsável pelas variações dimensionais (retração/inchamento) e de propriedades mecânicas da madeira. A estrutura tridimensional incluiu vazios (lúmens das células). Após o corte da árvore, a madeira começa a secar lentamente, evaporando-se a água livre que existia no interior das cavidades celulares. Neste processo a madeira perde humidade até valores próximos dos 30% de teor de água, que se denomina de Ponto de Saturação das Fibras (PSF). Abaixo deste valor, a secagem provoca a remoção de moléculas de água do interior das paredes das fibras de madeira, acarretando alterações geométricas, de resistência

⁸⁹ University of Canterbury, 1996. Artwork by Mark Harrington

e rigidez⁹⁰.

Esta característica da madeira é muito importante para uma boa prestação do material em serviço pelo que não deve ser descurada. Muitas das anomalias registadas, como empenos e fendas, que poderão afetar o comportamento da madeira, resultam do facto de não se ter em conta este aspeto aquando da escolha do material. Deste modo, a madeira deve ser aplicada com um teor de água que se considere em equilíbrio com o local para onde se prevê a sua utilização, reduzindo a sua tendência para mudar de geometria e tamanho com a absorção ou a libertação de água⁹¹.

A madeira é um material poroso e por isso um mau condutor de calor. Assim, a condutibilidade térmica da madeira pode variar entre 0,057 e 0,29 W/(m.°C), sendo muito inferior a materiais como o aço ou o alumínio que apresentam valores de 60 e 200 W/(m.°C), respetivamente. Contudo, este valor varia consoante a densidade da madeira, do teor de água e da temperatura sendo que a balsa apresenta valores próximos de um material isolante⁹².

4.4 OUTROS ASPETOS PARA UMA CORRETA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA

A compreensão do comportamento da madeira é importante para uma utilização correta do material, minimizando prejuízos que decorrem de uma aplicação deficiente. A compreensão da génese da madeira levou durante séculos a uma escolha na floresta do tronco e/ou pernada que melhor se ajustasse aos esforços mecânicos a que estaria sujeito em obra. Esta utilização era complementada pelo conhecimento empírico do mestre carpinteiro.

Atualmente, a realidade mudou bastante. Para além de não se possuir o mesmo conhecimento empírico, que se foi perdendo com a utilização de outros materiais, os intervenientes no processo de construção são inúmeros e com formações diferentes. A

⁹⁰ Idem.

⁹¹ LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL – M1: Especificação de madeiras para estruturas. Lisboa: LNEC, Janeiro 1997.

⁹² Isolante térmico é o material de condutibilidade térmica inferior a 0,065 W/(m.°C). Cf. SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís – Coeficientes de Transmissão Térmica de elementos da envolvente dos edifícios (ITE 50). Lisboa: LNEC, 2006, p. 3.

madeira pode também ser aplicada em situações tão distintas, que podem incluir diferentes funções, mas também ambientes tão diversos que a sua escolha, desenho e tratamento deve ter em atenção todos os aspetos que influenciarão o seu comportamento em serviço. As exigências funcionais de conforto e de segurança também aumentaram pelo que é necessário que a aplicação do material seja acompanhada de normativos que orientem e suportem o projeto.

Para isto muito têm contribuído os estudos desenvolvidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), desmistificando algumas ideias pré-concebidas que têm afastado consumidores e projetistas do material e potenciado uma incorreta utilização da madeira. Mais recentemente têm surgindo diversos trabalhos de novos grupos de investigação ligados a Instituições Universitárias, por exemplo, da Universidade de Coimbra e da Universidade do Minho. No LNEC podemos destacar o trabalho pioneiro de Tomás Mateus⁹³ que desenvolveu o primeiro sistema de classificação do Pinho bravo.

Enquanto alguns autores referem a importância da época de corte da árvore para a qualidade da madeira, estudos mais recentes têm comprovado que não se pode estabelecer uma relação direta. De facto, quando se dá o abate da árvore a sua resistência mecânica já se encontra determinada pelas circunstâncias passadas na sua formação, como já ficou visto anteriormente.

Esta associação de ideias entre a época de corte e a sua durabilidade resulta do facto de, em determinadas alturas, ser mais propício o ataque da madeira por insetos xilófagos e fungos. Se o abate ocorrer na fase de abrandamento de crescimento, coincidente com temperaturas do ar baixas, limita o crescimento de fungos e evita a infestação por carunchos⁹⁴. O que deve ser garantido, para promover um melhor comportamento das peças, é que a secagem seja feita logo após o abate.

Ao contrário, a idade da madeira já é um aspeto relevante para condicionar a sua qualidade, uma vez que, com a idade, o cerne, parte mais durável da peça, atinge uma dimensão maior, se comparado com o borne. Também, num tronco maior ocorre uma

⁹³ MATEUS, Tomás – Ob. Cit.

⁹⁴ MACHADO, José Saporiti; CRUZ, Helena; NUNES, Lina – Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios. Lisboa: LNEC, 2003, p.3.

maior dispersão de defeitos⁹⁵.

A existência de nós, que resultam de pequenos ramos cortados junto ao tronco principal, altera a homogeneidade das fibras em seu redor, reduzindo a resistência da madeira. Este facto é mais visível no caso das Resinosas, pela dimensão que os nós podem atingir. Efetivamente, a dimensão e a localização dos nós pode ser importante quando a peça de madeira tem que responder a uma solicitação muito exigente. Outro defeito são as bolsas de resina que apresentam desvantagens semelhantes aos nós, mas que também acarretam problemas de ordem estética.

Pelo que ficou exposto, uma correta escolha da madeira deverá ser feita com base na norma de classificação para fins estruturais, que limita a variabilidade natural da madeira e a presença de defeitos. Nas últimas décadas, o LNEC levou a cabo um trabalho com vista à publicação da Norma portuguesa 4305:2005, criando um sistema de classificação visual da madeira de Pinho bravo. Estas classes de qualidade visuais suportam a identificação pela fiscalização da qualidade da madeira empregue em obra.

Ainda, para a aplicação do material, importa também conhecer a durabilidade natural da madeira. Cada espécie apresenta uma durabilidade natural diferente⁹⁶. Esta diferenciação das espécies é importante uma vez que cada madeira deve ser entendida como um material distinto a tratar. A durabilidade natural representa a capacidade de determinada espécie de resistir sem qualquer tipo de tratamento ao ataque por agentes xilófagos como os fungos e os insetos. Os fungos atacam o borne mas também o cerne de grande parte das madeiras correntes em Portugal. A atividade deste agente é potenciada pela presença da humidade pelo que, na sua ausência, a madeira não sofre ataque de fungos.

No grupo dos insetos, as térmitas atacam a madeira quando os níveis de humidade atingem valores acima dos 22%⁹⁷. Como estas atacam o interior da peça, deixando o exterior intacto, por vezes não se deteta imediatamente a infestação, mas aquela pode estar muito desenvolvida. Também, os carunchos atacam a madeira e são identificáveis

⁹⁵ Idem, p. 4.

⁹⁶ A classificação de diversas madeiras quanto à durabilidade natural é apresentada na Norma Europeia EN 350-1:1994 e EN 350-2:1994.

⁹⁷ “ Em geral, valores inferiores a 22% impedem o mecanismo de acção que conduz à degradação a madeira.” NUNES, Lina – Bases para a monitorização do risco de degradação na construção de casa de madeira in P.B. Lourenço, et al. – Seminário Casas de Madeira, LNEC, Lisboa, 2013, p. 30.

pelo barulho e pelo serrim que se acumula. As térmitas podem atacar a madeira quer esta apresente valores elevados de teor de água – térmitas subterrâneas – quer quando a madeira se apresente seca – térmita da madeira seca.

Depois de conhecer a durabilidade natural de determinada espécie importa também conhecer a sua classe de impregnabilidade. Esta característica indica a facilidade com que determinada espécie pode ser penetrada por um produto preservador, por exemplo.

Por último, a utilização de uma peça de madeira pressupõe a classificação da situação, função e ambiente de serviço, definindo-se assim uma classe de risco de ataque biológico. A Norma NP EN 335 1:2011 definiu cinco classes de risco, desde a classe 1, onde não se prevê a possível humidificação da madeira, à classe 5, caso em que a madeira estará em contacto permanente com a água.

Deste modo, a escolha de uma determinada espécie de madeira deve articular a classe de risco em causa, a durabilidade natural da madeira e a eventual necessidade de se aplicar um produto de tratamento.

Importa conhecer, ainda, o comportamento da madeira quando colocado sob a ação do fogo. Esta é uma questão sempre premente quando se pensa em utilizar este material na construção. Existem ideias incorretas sobre este assunto, uma vez que a resistência ao fogo de certas estruturas de madeira é superior, por vezes, à de estruturas realizadas com o aço⁹⁸. Este, apesar de ser considerado incombustível, tem pouca resistência à ação do fogo, deformando-se.

Deste modo, pode afirmar-se que a madeira possui algumas características que lhe conferem uma boa resistência ao fogo. Sob a ação do fogo, a superfície exposta arde, formando-se uma camada calcinada isolante – o carvão – que possui uma condutibilidade térmica cerca de 1/6 inferior à da madeira original. Desta forma, a camada de carvão não se despega da peça e protege o interior do elemento, mantendo-o a uma temperatura baixa. Disto resulta uma taxa de deterioração moderada da peça, mantendo genericamente as suas propriedades, ainda que afetada

⁹⁸ Cf. LOPES, Duarte B. – Ação do fogo na madeira. *Arquitetura e Vida* (fevereiro 2003), p. 79.

pela perda de material consumido, uma vez que vê a sua secção reduzida.

4.5 A UTILIZAÇÃO DE MADEIRA NA CONSTRUÇÃO AO LONGO DOS TEMPOS

A madeira deverá ter sido um dos primeiros materiais utilizados pelo homem em estruturas simples. A primeira viga que o Homem utilizou terá sido mesmo um tronco de árvore para atravessar um riacho de margem a margem⁹⁹.

A primeira estrutura de madeira surge na forma mais elementar de todas: dois paus inclinados e cravados no solo que se cruzam nas extremidades onde se ligam entre si (Fig.13). Este tipo de estrutura seria já utilizada no Paleolítico e ainda hoje serve como proteção em climas quentes em sociedades nómadas e pastoris¹⁰⁰. Estes abrigos são estruturas rudimentares que constituem pequenas cabanas do género cobertura-parede. Nestas, as paredes e coberturas constituem um elemento único não diferenciado coberto com um revestimento de giesta, estevas e, por vezes, ramagens de árvores.

Desta forma simples, as estruturas tornam-se mais elaboradas e exigentes até às utilizadas na atualidade. Depois do Neolítico aparece uma maior diversidade de estruturas¹⁰¹. A partir de construções elementares como as cabanas redondas, o habitat vai-se desenvolvendo. Nesta altura, introduzem-se na construção a pedra e o barro, associados à utilização da madeira como estrutura das paredes.

As cabanas feitas com estacas onde se entrelaçavam ramos mais finos revestidos com terra constituem uma evolução do modelo mais primário. Nestas, as paredes tornam-se verticais, onde assenta uma cobertura inclinada de duas águas num modelo elementar que perdurou até à atualidade em cabanas para os usos mais variados, onde se incluem as habitações de pescadores.

⁹⁹ MATEUS, Tomás – Ob. Cit., p.1.

¹⁰⁰ OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Ob. Cit., p. 31.

¹⁰¹ Ibidem.

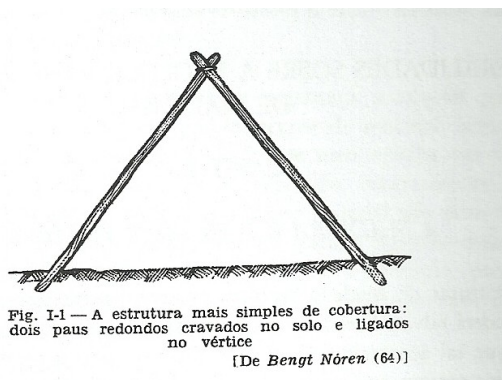


Figura 13. Estrutura elementar de madeira¹⁰².

Da civilização Minóica ficaram vestígios da utilização de estruturas de madeira num sistema anti-sísmico¹⁰³. De facto, investigadores referem que esta civilização utilizou um reticulado de madeira que se colocava nas faces exteriores da alvenaria de pedra, ancorada nas extremidades em paredes resistentes, mais espessas, evitando o desmoronamento de toda a parede por ações sísmicas.

No Século I, os Romanos na construção de cidades como Pompeia e Herculano também utilizaram madeira na construção de paredes exteriores em habitações. Eram sistemas mistos que consistiam numa estrutura de madeira em que os vãos eram preenchidos com alvenarias de pedra e toda a estrutura era revestida com argamassas argilosas¹⁰⁴.

Na Idade Média, a madeira foi largamente utilizada na construção como comprova a documentação existente¹⁰⁵. De facto, e apesar de ser corrente a utilização de outros materiais de construção como a pedra ou a terra, nomeadamente na construção de pisos térreos, a madeira possuía uma posição predominante. “As madeiras extraídas localmente – o castanho, o sobreiro, o carvalho, o pinho e outras – eram de larga

¹⁰² MATEUS, Tomás – Ob. Cit., p. 4.

¹⁰³ THE HISTORY CHANNEL, “Lost World: Atlantis”, s.d.

¹⁰⁴ ADAM, Jean-Pierre – La Construcción Romana, Materiales y Técnicas. Madrid: Editora de los Oficios, 1996, citado por RAMOS, Luis F. – Análise Experimental e numérica de estruturas históricas de alvenarias. Universidade do Minho, 2002, Dissertação de mestrado, [online] [disponível em <http://hdl.handle.net/1822/14>] (consultado em 12 de agosto de 2010).

¹⁰⁵ TRINDADE, Luísa – A Casa Corrente em Coimbra: Dos Finais da Idade Média aos Inícios da Época Moderna. Coimbra: Câmara Municipal de Coimbra, 2002, p. 86.

utilização na construção comum [...] em paredes ou repartimentos de taboado.”¹⁰⁶ E não apenas na construção corrente, como comprova a Casa da Câmara, no Porto, que em meados do século XIV era construída em madeira¹⁰⁷.

Também, as igrejas Góticas possuíam estruturas na cobertura em madeira, onde assenta o revestimento exterior. Sob esta estrutura são executados tetos de abóbadas mais elaborados, sendo que nalgumas obras esta serve de apoio à elevação de material para a construção da abóbada (Fig.14).

A convergência das populações para as cidades, fugindo às dificuldades de uma vida rural muito dura e aproveitando a concentração de riqueza por causa das rotas comerciais, aumentou a necessidade de alojamento. Disto resultou a construção em altura sobre lotes estreitos, em núcleos urbanos excessivamente densos. Assim, aparecem as construções com vários pisos que caracterizam a arquitetura dos bairros históricos de diversas cidades portuguesas. Nestas, a madeira é utilizada em paredes exteriores e interiores nos designados «frontal de tavao»¹⁰⁸, «taipa de ripa»¹⁰⁹ e «repartimentos de taboado»¹¹⁰.

Nesta época já estaria vulgarizado o uso da telha nas coberturas. Contudo, existem referências a coberturas com revestimentos com colmo ou palha, por exemplo, nas cidades de Guimarães, Tomar ou Torres Novas¹¹¹. Ainda no século XIV, também existem registos da utilização da madeira como acabamento exterior de coberturas em Ávila¹¹². Em 1605, a Câmara de Guimarães declara obrigatório o uso da telha, possivelmente por causa de fogos que constituíam um flagelo na cidade medieval.

Com a introdução de um revestimento cerâmico nas coberturas em construções que se pretendiam mais duráveis e resistentes, foi necessário repensar a estrutura que o

¹⁰⁶ CONDE, Manuel Sílvio Alves – Uma paisagem humanizada: O médio Tejo nos finais da Idade Média. Cascais: Património Histórica, 2000, p. 312.

¹⁰⁷ Cf. OSÓRIO, Maria Isabel Noronha – Cidade, plano e território : Urbanização do plano intramuros do Porto, século XIII, primeira metade do século XIV. Universidade do Porto, 1992, Dissertação de mestrado. Citada por TRINDADE, Luísa – Ob. Cit., p. 88.

¹⁰⁸ Esta denominação era uma referência a paredes exteriores com utilização de madeira. Idem, p. 86.

¹⁰⁹ Referência ao tabique ou à taipa de fasquio. Idem, p.84.

¹¹⁰ Idem, p. 86.

¹¹¹ Idem, p. 93.

¹¹² Idem, p. 86.

suportava. Desta forma, com o abandono dos materiais vegetais em edifícios menos perecíveis foi necessário o reforço da estrutura de cobertura. Por toda a Europa surge um movimento para substituir os materiais mais facilmente combustíveis, caso da palha, e que se estendeu à construção em madeira. Isto é comprovado quando, em 1502, D. Manuel ordena a destruição de balcões e sacadas nas ruas de Lisboa e a reconstrução dos «frontais» de madeira em tijolo, justificando a norma com os fogos que ocorriam¹¹³.

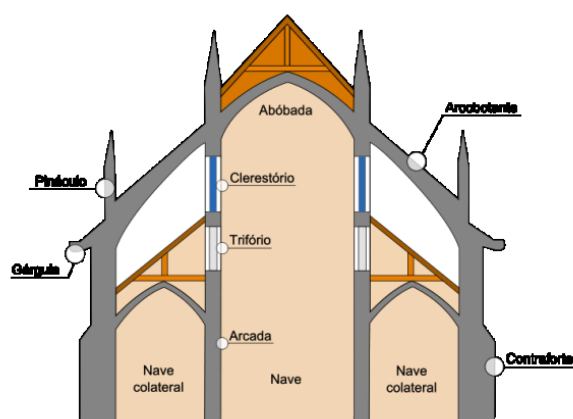


Figura 14. Corte transversal de uma igreja gótica, onde são visíveis as estruturas de madeira¹¹⁴.

Contudo, a construção com o recurso a madeira manteve-se até meados do século XX, como testemunham os numerosos exemplos de construção anónima em zonas urbanas e rurais com recurso a tabiques, taipa de fasquio ou outros sistemas, que chegaram à atualidade, talvez por constituírem sistemas construtivos económicos e funcionais.

O expoente da edificação em madeira em Portugal ocorreu após o grande sismo de 1755, com a construção de um reticulado de elevada flexibilidade aliada a uma enorme

¹¹³ CARITA, Hélder – Lisboa Manuelina e a formação de modelos urbanísticos da época moderna (1495-1521). Lisboa: Livros Horizonte, 1999, p. 67 e 182.

¹¹⁴ <http://sumateologica.wordpress.com/2009/12/21/a-arquitetura-gotica/>

capacidade de dissipação de energia, essencial para se obterem características antissísmicas¹¹⁵.

Frei Manuel da Epifania, sobre os estragos causados em Lisboa pelo terramoto de 1755, constata que os edifícios construídos com alvenarias de pedra vieram abaixo, ao contrário daqueles que possuíam os pisos elevados em madeira. Esta constatação terá certamente influenciado a escolha do sistema construtivo utilizado na reconstrução da cidade de Lisboa¹¹⁶. O próprio D. José I viria a instalar-se numa construção de madeira, após o terramoto, a que chamaram “Barraca Real”.

Também, em 1826, uma notícia de Constantinopla chegava através da *Gazeta de Lisboa*¹¹⁷, relatando a mudança, após a ocorrência de três terremotos, do cônsul Geral de França naquela cidade para as casas de madeira que existiam no jardim.

Nos tempos de reconstrução da capital verificou-se a importação de madeira de casquinha e de Pitespaine para edifícios nobres¹¹⁸. De facto, o incremento da construção, aliada à perceção dos defeitos do pinho nacional, veio incrementar a importação de madeiras como as casquinhas e abetos do Centro e do Norte da Europa bem como outras da América, da Índia e de África. Teresa de Campos Coelho cita contratos de construção de edifícios após o terramoto de 1755, onde se podem ler várias referências à utilização de madeira de pinho da Flandres¹¹⁹.

Em Portugal, no Norte usou-se mais a madeira de castanho e de carvalho, por oposição ao Centro e Sul onde se utilizou o pinho. A utilização de madeira tem uma expressão maior a Norte. De facto, a Sul, esta é muitas vezes substituída por abóbadas nos

¹¹⁵ APPLETON, João – A conservação e Reabilitação de Estruturas de madeira: Metodologias de Intervenção. In GECORPA - Estruturas de madeira: reabilitação e inovação. Lisboa: GECORPA, 2000, p. 35.

¹¹⁶ “(...)No terremoto do primeiro de Novembro, vio-se que os Templos, e casas de abobedas mais depressa se precipitáraõ ; as casas feitas de paredes fortes, isto he, de pedra, e de cal vieraõ abaixo, destruiaraõ os bens, e tiraraõ as vidas. Pelo contrario, as casa feitas de paredes até a primeiro andar. E dahi para cima de frontal, resistiraõ muito mais. (...)” Frei Manuel da Epifania citado por COELHO, Teresa de Campos – A utilização de madeira na construção pombalina: alguns exemplos. In: GECORPA – Estruturas de madeira: reabilitação e inovação. Lisboa: GECORPA, 2000, p. 112.

¹¹⁷ *Gazeta de Lisboa*, n.º 83, segunda-feira (10.04.1826).

¹¹⁸ APPLETON, João (2000) – Ob. Cit., p. 36.

¹¹⁹ COELHO, Teresa de Campos – Ob. Cit., p. 114.

pavimentos e em paredes, onde o tijolo abundava. Contudo, identificou-se nesta região a construção de paredes interiores em tabiques fasquiados e em estruturas de madeira com preenchimento em alvenarias.

A partir do século XX, passam a utilizar-se outros materiais, principalmente nos aspetos estruturais da construção. De facto, a vulgarização do tijolo furado no século XIX, fez com que se passasse a executar paredes divisórias neste material com espessuras delgadas. Pela consulta da revista portuguesa “Construção Moderna” publicada nos primeiros anos do século XX, percebe-se a evolução da utilização dos materiais. No ano de 1900, a revista explica a um leitor como este pode executar um terraço utilizando vigas de madeira que servem de suporte a uma arcaria em tijolo furado¹²⁰. Esta é uma situação pouco comum, sendo que neste tipo de estruturas em terraço é comum a utilização de vigas em I de ferro. A disponibilidade na utilização de ferro e o aumento da sua produção, que faz reduzir o seu custo, promoveram a substituição da madeira por este material. Este permitia vencer vãos maiores com uma estrutura mais esbelta, e, por isso, mais económica.

Reforçando esta tendência, o Ministério do Fomento faz publicar em 1912¹²¹ um normativo onde se pretende limitar o uso da madeira na construção, aparentemente, resultado de uma praga de térmitas que foi identificada. Assim, se para os edifícios a recuperar se determina a limitação do uso de madeira, para os novos edifícios a normativa proíbe mesmo o uso de madeira em edifícios do Estado, devendo mesmo a madeira ser substituída por ferro na caixilharia. Este material também é o eleito para a construção de pavimentos com abobadilhas de tijolo e para a estrutura da cobertura. Este documento faz ainda referência à parede de gaiola e aos tabiques. Sobre estes últimos, refere-se que devem passar a ser executados em tijolo, gesso armado ou cimento armado.

Com este normativo, conjugada com a novidade da construção em ferro e com a possibilidade já encarada de uso ilimitado do betão armado, reafirmou-se a crença que a madeira era um material precário, de reduzida durabilidade e de capacidades estruturais limitadas, que condicionava os projetistas.

¹²⁰ Cf. «Construção Moderna», 1900, n.º 16, p.7-8.

¹²¹ MINISTÉRIO DO FOMENTO, Direcção Geral de Obras Públicas e Minas, DR n.º 282. (30.11.1912).

O betão armado veio permitir executar pavimentos de compartimentos onde a humidade era um problema, como cozinhas e instalações sanitárias, substituindo a madeira. Com o tempo, deu-se a vulgarização deste material, e este passou a ser usado em toda a construção e em todo o território nacional, tendo-se estendido às ações de reparação ou reabilitação de edifícios.

Contudo, o uso de lajes em betão como alternativa às de estruturas de pavimento ou coberturas em madeira na reabilitação acarreta problemas de ordem material. De facto, não existem substitutos para elementos estruturais em madeira, dado o peso reduzido deste material combinado com uma resistência mecânica elevada. Quando comparado, um pavimento de madeira, incluindo a estrutura de suporte e o soalho de revestimento, pesa cerca de 70kg/m^2 enquanto uma laje de betão, sem qualquer revestimento, pesa cerca de 250kg/m^2 , ou seja quase quatro vezes mais¹²². Todavia, ainda se assiste à substituição de estruturas de madeira por betão.

A década de 90 do século passado começou, timidamente, a abrir portas à recuperação de estruturas de madeira. Foram publicadas as primeiras versões do Eurocódigo Estrutural sobre Estruturas de Madeira. Com a construção do Pavilhão Atlântico na Expo 98, em Lisboa, e apesar dos olhares de desconfiança que suscitou, relançou-se o uso da madeira em grandes estruturas, nomeadamente por via da madeira lamelada colada.

Atualmente existe uma forte tendência para a reintrodução da madeira no edificado, não apenas da madeira maciça, mas sobretudo por via dos produtos seus derivados, cujas propriedades, por vezes, muito superiores à madeira maciça e com acabamentos mais uniformizados, têm despertado novas utilizações, nomeadamente, na indústria da construção. Existem um pouco por todo o país, polidesportivos, picadeiros e piscinas com tetos e coberturas em estruturas de madeira lamelada colada.

No entanto, a construção corrente mantém muitas reservas na utilização deste material, nomeadamente no que diz respeito à garantia de níveis de segurança ou devido aos problemas de durabilidade da madeira aos ataques por fungos e insetos xilófagos.

¹²² GARCIA, João Leite – A madeira estrutural na construção tradicional. *Arquitectura Ibérica* 26, 2009, p.14.

Atualmente, são prementes também as questões relacionadas com o cumprimento de níveis de ruído e condições térmicas ou a segurança contra incêndio.

E, se à desconfiança na utilização da madeira em estruturas se juntar más intervenções o resultado é desastroso. Efetivamente, será muito pior usar a madeira de forma errada do que não a utilizar, porque promoverá um afastamento maior quer de projetistas quer da população em geral. E é esta última que decide muitas vezes o que aplica na própria habitação.

A utilização da madeira em Portugal tem sofrido com a perceção da fraca qualidade do pinho bravo e com o mercado único europeu que tem potenciado a importação de outras resinosas dos países nórdicos. Contudo, estudos efetuados têm comprovado que esta madeira possui qualidade para ser considerada na execução de estruturas, sendo uma alternativa válida a outras resinosas¹²³.

Efetivamente, a madeira tem-se vindo a afirmar como um material bastante durável, desde que utilizada corretamente e quando protegida da água, que potencia ações de degradação. E, ao contrário do caso português, nos países da península Escandinávia, nos Estados Unidos da América, no Japão ou no Canadá, a tradição do uso da madeira na construção foi incrementada, tendo-se desenvolvido muito o conhecimento na otimização do seu uso enquanto material de construção.

Com a eventual publicação do Eurocódigo 5 (EN1995-1-1:2004+AC2006), acompanhado do Documento Nacional de Aplicação pode considerar-se eliminada a carência de regulamentação para aplicar no projeto de estruturas de madeiras. A falta de regulamentos de cálculo de estruturas de madeira, aliada à falta de técnicos com formação nesta área, tornava a execução de estruturas de madeira numa coisa rara.

Ainda, do ponto de vista ecológico, a madeira surge como um material de eleição, porque a produção de 1 tonelada de cimento lança para a atmosfera 1,2 toneladas de CO₂¹²⁴ e a extração de britas e areias degradam a paisagem. Ainda, o consumo

¹²³ MACHADO, José Saporiti – Produtos de Madeira Maciça para a Construção: Desafios da Qualidade. Silva Lus, dez. 2004, vol.12, n.º.2 [online]. [Disponível na Internet via <http://www.scielo.oces.mctes.pt>], consultado em 03 de julho de 2009, p.2.

¹²⁴ GECORPA – Estruturas de Madeira: Reabilitação e Inovação. Lisboa: GECORPA, 2000, p.9.

energético associado à transformação da madeira é de seis vezes menor que o aço e 40 vezes menor que o alumínio¹²⁵.

Portugal dispõe de cerca de três milhões de hectares de mancha florestal¹²⁶ (Fig.15) o que equivale a cerca de um terço do território nacional. Isto significa que a madeira existe em abundância para se tornar numa matéria-prima de eleição para a construção e justifica uma forte aposta económica. Acresce a isto a indústria emergente dos novos produtos desenvolvidos através de matérias recicladas ou dos resíduos da madeira, que se encaixam na tendência do “desenvolvimento sustentável”.

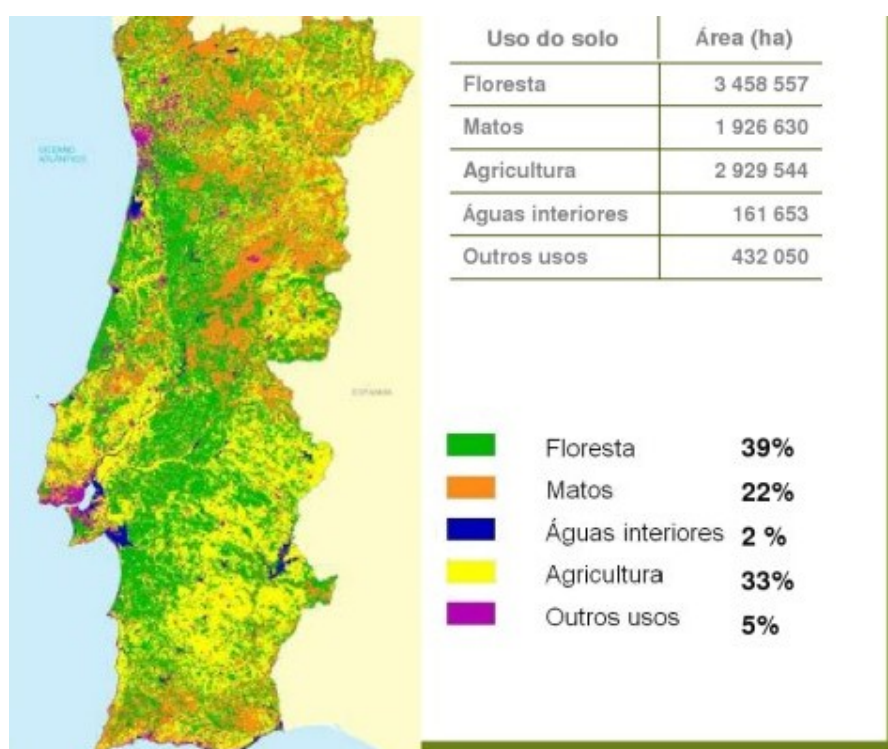


Figura 15. Mapa de uso do solo no território nacional (s.d.)¹²⁷.

¹²⁵ NERO, Gaspar – A madeira como material de construção. In *Arquitectura e Vida* (maio 2001), p. 90-96.

¹²⁶ Direcção Geral dos Recursos Florestais – Estratégia Nacional para as Florestas, 2006 [online] [disponível em <http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/gestao-florestal/ppf/enf>] (consultado em 12 de maio de 2010).

¹²⁷ <http://floresta4all.blogspot.pt> (consultado em 20 de junho de 2013)

Ainda, a comercialização da madeira é um fator fundamental para a fixação de populações em zonas rurais e, desta forma, contribui para uma organização equilibrada do território nacional. De facto, o êxodo rural tem provocado problemas muito diversos quer na multiplicação de áreas suburbanas quer no abandono de práticas agrícolas essenciais para a prevenção de incêndios.

Contudo, para que a madeira em Portugal possa concorrer com outros materiais é fundamental que a indústria prepare e classifique o produto com características para determinado fim com um desempenho expectável e que possa responder com uma oferta de qualidade que satisfaça projetistas e utilizadores. Torna-se, também, fundamental o empenho das escolas para o ensino às próximas gerações de projetistas, nomeadamente no campo da reabilitação, onde a incompatibilidade entre materiais é uma questão sempre presente.

A madeira pelas suas características desempenhou um papel importante na construção em Portugal, atingindo soluções muito diversas em paredes exteriores e interiores, pavimentos e coberturas, como se verá de seguida. Com efeito, uma elevada resistência mecânica combinada com a possibilidade de resistir à tração e à compressão, a sua leveza e a sua abundância no país tornaram-na num material apetecível. Assim, podemos afirmar que Portugal possui uma forte tradição ligada à utilização deste material e um enorme conhecimento que não deve ser desaproveitado.

4.6 *SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS TRADICIONAIS COM INCORPORAÇÃO DE MADEIRA*

Na edificação de abrigos, habitações, andares de ressalto, trapeiras, varandas, coberturas e pavimentos, a madeira foi utilizada de diferentes formas que permitiram um sucessivo aperfeiçoamento das técnicas construtivas e do seu modo de utilização (Fig.16). Efetivamente, o uso deste material permitiu conhecê-lo, minimizando as suas fragilidades e protegendo-o, quando necessário, com revestimentos diversos, por vezes, imitando pedras nobres.

Esta caracterização enfatizará as soluções construtivas com recurso a madeira de paredes, uma vez que o presente trabalho dará uma maior relevância à aplicação dos Produtos Técnicos da Madeira nestes elementos. Para a inventariação e caracterização dos sistemas construtivos tradicionais com incorporação de madeira consultaram-se diferentes estudos sobre a construção tradicional. Destes, destaca-se pela sua abrangência o trabalho pioneiro de Ernesto Veiga de Oliveira, Fernando Galhano e Benjamin Pereira reunido no livro *Construções Primitivas em Portugal*, onde existe um texto dedicado ao «tabique» que os autores definem como parede construída em madeira e materiais leves, revestida de argamassa¹²⁸.



Figura 16. Vistas de Santa Comba Dão e de Lamego e pilastra a imitar pedra na Covilhã.

No mesmo texto descrevem outro sistema construtivo, que existe em certas zonas da Beira Alta, que denominam de «taipa», que consiste numa grade de barrotes a prumo preenchida com «barro amassado com palha», fazendo referência à utilização pontual de cacos de telha nesta argamassa. Também, referem que se encontra o mesmo sistema no Centro Litoral, a sul do Mondego, mas com o nome de «Enxaimel»¹²⁹. Esta designação é atribuída por Augusto Leitão a uma técnica construtiva semelhante que

¹²⁸ OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Ob. Cit., p. 314.

¹²⁹ «Enxaimel» também é a designação de cada uma das peças laterais de um taipal. Isto deve estar na origem da denominação atribuída a este sistema construtivo. Também na execução da «taipa beiroa» ou «frontal à galega» são usadas tábuas pregadas às ripas, que depois se retiram, e servem de cofragem.

leva o nome de «Frontal à galega» e que o mesmo autor compara ao que é executado na Beira, onde é conhecido por «Francezas»¹³⁰.

Ainda, descrevem um outro sistema construtivo, que difere do tabique, e denominam de «tipo de Fachwerk» semelhante ao executado no Norte da Europa, em que os vãos entre barrotes são preenchidos com tijolo maciço.

O livro *Arquitectura Tradicional em Portugal* também faz referência à «casa de tabique»¹³¹ como uma construção anterior ao século XVII, onde por vezes não se usa o fasquio. Também aquele descreve uma solução construtiva mista que conjuga prumos de madeira com alvenarias de tijolo¹³². Ainda, surgem referências ao tabique exterior nos núcleos urbanos da Beira Baixa que denominam de «taipa beiroa»¹³³.

Na bibliografia consultada surgem várias referências a «taipa» que é utilizada em diferentes zonas do país correspondendo a técnicas de construção distintas onde a madeira é empregue como elemento construtivo, seja de apoio ou estrutural¹³⁴. A palavra «taipa» também designa tapume, ou seja, divisória de madeira¹³⁵.

Existem, ainda, trabalhos dispersos sobre a utilização da madeira na execução de paredes de «tabique»¹³⁶ no Vale do Douro e no Alto Tâmega, onde os autores

¹³⁰ LEITÃO Luís Augusto – *Curso Elementar de Construções*. Lisboa: Escola Central da Arma de Engenharia do Estado Maior do Exército, 1896, p. 297.

¹³¹ OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando – *Arquitectura Tradicional Portuguesa*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 2000.

¹³² “ (...) quando não se usa o fasquio, o sistema de construção aproxima-se talvez do «Fachwerk» dos países germânicos, Inglaterra e França, em que o tabique é feito por sectores compreendidos num esqueleto de madeira com barrotes horizontais e a prumo, cortados por diagonais, e com os vãos cheios com cacos de barro e tijolos metidos na argamassa, por vezes, à vista, dispostos decorativamente em espinha ou de outro modo.” Idem, p. 336.

¹³³ Cf. Idem, p. 149.

¹³⁴ Efetivamente, no Sul do país «taipa» designa o material empregue e a técnica de construção que utiliza uma cofragem em madeira – o taipal – dentro do qual a terra é batida e que depois era removida; ao invés no Norte esta referência designa uma estrutura formada por um reticulado em madeira preenchido e unido por uma argamassa de terra.

¹³⁵ Cf. TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – *Ob. Cit.*, p. 66.

¹³⁶ CARVALHO, Joana; et al. – *Construções em Tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro*. Cinpar 2008 – 4th International Conference on Structural Defects and Repair. Civil Engineering Department – University of Aveiro. Portugal. 25-28, junho 2008.

realizaram um levantamento exaustivo¹³⁷ destas construções para a caracterização do material utilizado nas argamassas de revestimento. Estes artigos permitem perceber a extensão da aplicação desta técnica construtiva. Na cidade do Porto também se conhece o uso deste sistema construtivo em paredes interiores e em andares superiores, revestidos com ardósias e chapas onduladas¹³⁸. O livro Diálogos da Edificação refere-se ao mesmo sistema construtivo, mas atribui-lhe a designação de «taipa de fasquio»¹³⁹. Ainda, para a cidade de Bragança, o mesmo sistema é denominado de «taipa de rodízio» por outros autores¹⁴⁰. Contudo, este termo é utilizado, na região de Guimarães, para outro método de construção, em que se preenche os vãos entre barrote com alvenarias de tijolo e que, por vezes, se assemelha à parede de «gaiola» com a «cruz de santo André» que a construção pombalina difundiu.

Sobre o sistema utilizado na reconstrução da cidade de Lisboa existem diversos estudos dos quais se pode destacar o trabalho de Jorge Mascarenhas onde se percebe a complexidade do sistema de construção dos edifícios de rendimento da Baixa Pombalina¹⁴¹, registando os pormenores da edificação, desde as estruturas de madeira às ferragens utilizadas. O CORPUS Project¹⁴² identificou na região do vale do Tejo, e, também, em áreas no Algarve a utilização de estruturas de madeira preenchidas com

¹³⁷ Por exemplo para a região do Alto Tâmega, realizaram o levantamento de 100 construções nos concelhos de Montalegre, Chaves, Boticas, Valpaços, Vila Pouca de Aguiar e Ribeira de Pena. Cf. CEPEDA, Armando, et al. – Estudo do material terra aplicado na construção de tabique existente no Alto Tâmega, 6ATP, 9.º SIACOT, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010.

¹³⁸ Cf. PIRES, André Manuel Chéu – Análise de paredes de tabique e de Medidas de Reforço Estrutural: Estudo Numérico. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, especialização em Estruturas (policopiado).

¹³⁹ Cf. TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Ob. Cit., p. 62.

¹⁴⁰ LUSO, Eduarda; LOURENÇO, Paulo B.; ALMEIDA, Manuela – Centro Histórico de Bragança: Caracterização do Edificado, Aspectos Arquitectónicos e Anomalias. 2004. [online] [Disponível em <http://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/1381>] (consultado em 07 de março de 2010), p. 2

¹⁴¹ MASCARENHAS, Jorge – Sistemas de Construção: V – O Edifício de rendimento da baixa Pombalina de Lisboa; Materiais Básicos (3.ª parte): o vidro. Lisboa: Livros Horizonte, 2005 (2.ª edição).

¹⁴² MESTRE, Victor; FERNANDES, Maria – A9: Woodframe Wall [Online] [disponível em http://www.meda-corpus.net/eng/gates/PDF/F2/A09_POR.PDF] (consultado em 16 de março de 2008)

alvenaria. À primeira vista, estes sistemas construtivos aproximam-se do referido «Frontal à galega».

Quadro 1. Tipos de sistemas construtivos identificados na edificação de paredes exteriores e interiores

SISTEMA CONSTRUTIVO	ESTRUTURA	ENCHIMENTO	REVESTIMENTO	DENOMINAÇÕES ENCONTRADAS	LOCAL NO EDIFÍCIO
Madeira revestida com materiais vegetais	Madeira	Materiais vegetais	Materiais vegetais / Reboco	Paredes de colmo Barracas Cabanas	Pisos térreos
Madeira com revestimento em tabuado	Madeira	-----	Tabuado Ardósias Chapa		Pisos térreos Pisos elevados
Madeira com revestimento em argamassa	Madeira	Tabuado	Ripado e reboco Caniço e reboco Telha canudo Ardósias	Tabique Taipa de fasquio Frontal à Francesa Taipa de ripa	Pisos elevados
Madeira com enchimento em argamassa	Madeira	Argamassa	Reboco Chapa Ardósias	Terra sobre engradado Tabique não fasquiado Enxaimel Francezas Fachwerk Taipa beiroa Pallabarro	Pisos elevados
Madeira com enchimento em alvenaria	Madeira	Alvenaria de tijolo Alvenaria de pedra	Reboco Chapa Ardósias Telha canudo	Taipa de Rodízio Frontal à galega Frontal Tecido Cruz de Santo André Parede de Gaiola	Pisos térreos Pisos elevados

Ainda, sobre a utilização de madeira na construção tradicional foi realizado um inventário dos povoamentos existentes na bacia do rio Tejo¹⁴³. Referem os autores que estas construções foram erguidas por populações migratórias da zona de Vieira de Leiria, da Murtosa e de Ovar, o que justifica a proximidade destes sistemas construtivos com outros que ainda podem ser encontrados na costa atlântica portuguesa. Também no livro *Arquitectura Popular em Portugal* se identificou e descreveu estas

¹⁴³ GASPAR, Pedro Manuel dos Santos Lima; PALLA, João - Construções palafíticas da bacia do Tejo: levantamento e diagnóstico do património construído da cultura Avieira. Artitextos. Lisboa: CEFA; CIAUD. N.º 8 (2009), p. 153-174.

construções¹⁴⁴, em que as paredes eram revestidas com materiais vegetais ou com tabuado, em época mais recente.

Pela enorme variedade de denominações encontradas para as paredes construídas com madeira, optou-se por sistematizá-los consoante o modo como este material é utilizado e dependente dos que são adicionados às estruturas, conforme se discrimina no quadro 1.

4.6.1 Paredes

4.6.1.1 *Madeira revestida com materiais vegetais*

Este tipo de estrutura, muito comum em habitações de pescadores (Fig.17), consiste num reticulado de madeira revestido com materiais vegetais. Fernando Pinho chama a estas estruturas “Paredes de Colmo”, certamente pela utilização deste material de revestimento, e descreve-as como uma característica de regiões piscatórias¹⁴⁵. Contudo, estas assemelham-se em tudo às cabanas que se encontram disseminadas no povoamento rural, que outros autores identificaram em diferentes áreas do interior¹⁴⁶.

Este tipo construtivo era frequente até meados do século passado, nomeadamente nas áreas de Alcácer do Sal, Comporta e Santo André, mas também no Algarve, em Monte Gordo, Tavira e Faro. A utilização deste sistema aparece associada a um tipo arquitetónico muito elementar de planta retangular com cobertura inclinada de duas águas. O colmo, que também pode ser caniço ou estorno, é preso a uma armação em madeira.

A estrutura principal desta construção é constituída por uma série de prumos («espeques» ou «esteiros»¹⁴⁷) de pinho, enterrados na areia cerca de 0,50m, e afastados cerca 0,60m uns dos outros. Quando colocados nas empenas laterais, dá-se

¹⁴⁴ OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando – Ob. Cit., p.256-278.

¹⁴⁵ Cf. PINHO, Fernando F. S. – Paredes de Edifícios Antigos em Portugal. Lisboa: LNEC, 2000, p. 145.

¹⁴⁶ Ver por exemplo, OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Ob. Cit., p. 216-219.

¹⁴⁷ Idem, p. 217.

o nome de «forquilhas»¹⁴⁸. Existem registos de afastamentos de 0,70m nas fachadas de menor dimensão e 0,90m nas outras. No topo superior destes prumos pregavam-se, pelo interior, frechais horizontais onde assenta a cobertura.

Sobre os prumos verticais colocava-se um ripado de cana com afastamentos na ordem dos 0,40m. Tanto na fachada principal como no tardo, as peças centrais que suportam a peça que perfaz a empena terminam em forca ou em V. Exteriormente, o revestimento é o caniço que é colocado com a rama para cima e é suportado por canas exteriores que se amarram a uma estrutura interior semelhante.

Noutras áreas, o estorno é rematado exteriormente com pranchas horizontais de madeira, pregadas aos prumos que, por vezes, eram pintadas de branco, conferindo um aspeto pitoresco a estas construções. Estes paramentos eram preenchidos entre prumos com camarinheira, que se colocava quando se ia fazendo o revestimento interior, ou seja, pregando canas na horizontal com afastamento de 0,15 a 0,18m. Este enchimento reveste-se da maior importância na melhoria do desempenho térmico e acústico da construção.



Figura 17. Habitação no Carvalhal, Grândola.

Na Carrasqueira, no concelho de Alcácer do Sal, as paredes interiores são uma estrutura de madeira com canas pregadas na horizontal em ambas as faces com afastamentos de cerca de 4cm onde são assentes as argamassas. Os pregos são mal

¹⁴⁸ BRUNO, Patrícia; FARIA, Paulina – “Cabanas de materiais vegetais na Herdade da Comporta: Tradição construtiva e novas abordagens” – 6ATP/9 SIACOT, Universidade de Coimbra, 2010, p.2.

batidos para melhorar a aderência destas. O interior é cheio com junco que funciona como um bom isolante acústico.

Nas habitações de pescadores da zona de Santo André, no início da década de 40 do século XX, os paramentos eram revestidos pelo interior com uma argamassa de terra¹⁴⁹, que posteriormente seria pintada com uma tinta de cal. Este revestimento podia ser realizado sobre uma estrutura de caniço pregada que depois era revestida com argamassa de barro. Outro tipo de solução para o interior, passava pela execução de uma espécie de taipa (de espessura mais reduzida que o normal) justaposta à parede de madeira. Com uma tábuca, que se vai deslocando amparada por escoras, são aplicadas sucessivas camadas de terra, até ao alto.

Em Mértola também se registam estes sistemas construtivos com canas rebocadas em ambas as faces. Consistiam numa armação de canas ao alto onde atavam outras deitadas transversalmente¹⁵⁰.

Há referências documentais a cabanas deste tipo assentes sobre um estrado de madeira, que por sua vez era suportado por estacas de madeira cravadas no lodo¹⁵¹. Este tipo de estrutura não foi identificado. A solução construtiva encontrada que é suportada por palafitas é aquela que se descreve de seguida e que utiliza um revestimento exterior com tabuado.

4.6.1.2 *Madeira com revestimento em tabuado*

Este sistema construtivo consiste num tabuado vertical pregado a uma estrutura reticulada, por vezes em ambas as faces, sobrelevado do pavimento por estacas, também de madeira, ou sobre “sapatas” de alvenaria. Alguns autores defendem que este sistema construtivo é uma evolução do anterior.

Estas construções podem ser encontradas em zonas costeiras como, por exemplo, Ílhavo, Santo André, Cantanhede, Mira. Mas, também, foram edificadas nas margens do rio Tejo (Fig.18), desde Alhandra a Santarém e no rio Sado, na área de Alcácer do

¹⁴⁹ Cf. PINHO, Fernando – Ob. Cit., p. 145.

¹⁵⁰ VARANDA, Fernando – Mértola no Alentejo: tradição e mudança no espaço construído, Lisboa: Assírio e Alvim, 2002.

¹⁵¹ Cf. OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando, Ob. Cit., p.267.

Sal. Estes últimos povoamentos referidos são o resultado de movimentos migratórios de zonas costeiras, como Vieira de Leiria ou Murtosa, em busca de rendimentos adicionais que compensassem a impossibilidade de pescar no mar nos meses de inverno¹⁵².



Figura 18. Habitações em Escaroupim, Salvaterra de Magos.

Em povoações costeiras a estrutura era, muitas vezes, edificada sobre areia com uma estrutura de estacas que elevam o pavimento. Esta solução permitia o movimento normal da areia nas praias. Contudo, com o crescimento das necessidades familiares estas áreas junto ao solo foram muitas vezes forradas com um tabuado e utilizadas como um complemento à habitação de área reduzida. Em edificações mais recentes, o estrado de madeira é suportado por sapatas de alvenaria. Esta alteração resulta, por vezes, da mudança do local de implantação inicial do povoamento. Ao reposicionar a construção num local mais favorável a sapata é refeita em alvenaria.

Para suporte do soalho de pavimento espetam-se vigas na vertical com 0,10x0,13m de secção. Nas situações encontradas, estas vigas tinham sido substituídas por sapatas em alvenaria que elevam a construção 0,80m do solo, protegendo a estrutura de madeira. Aqui a construção não é feita sobre areias, o que justifica a alteração da solução de suporte do soalho.

Sobre o soalho pregam-se vigas horizontais e verticais com dimensões de 0,1x0,05m e

¹⁵² Cf. GASPARGASPAR, Pedro Manuel dos Santos Lima; PALLA, João – Ob. Cit., p.153-174

0,08x0,05m constituindo um gradeamento que é fechado exteriormente por um tabuado largo com 0,22m colocado na vertical. Sobre este são colocadas ripas de secção retangular de 0,05x0,02m, também na vertical, que fecham as juntas e resguardam o interior do vento e da água (Fig.19).

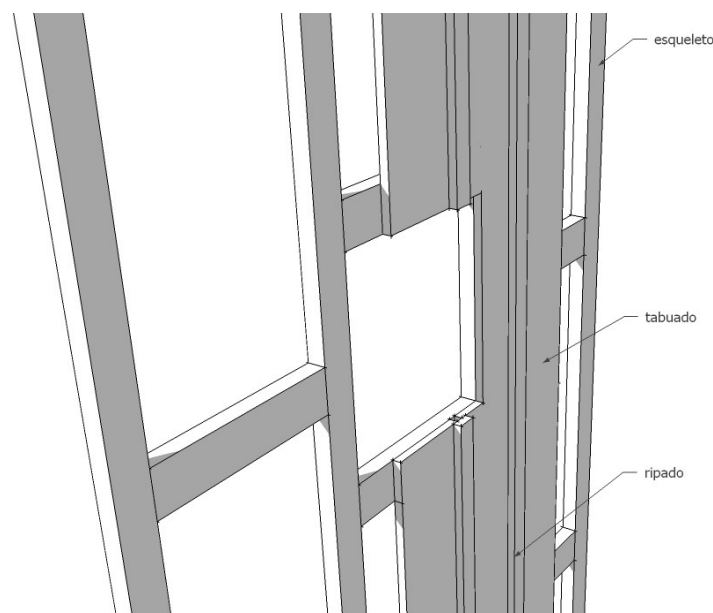


Figura 19. Sistema construtivo encontrado – desenho esquemático.

Outra solução de revestimento exterior é a colocação do tabuado na horizontal em escama. Noutras situações, é um ripado exterior pregado sobre o tabuado, para fechar as juntas horizontais. Os beirados salientes constituem um elemento importante nesta estrutura. O ripado de madeira de suporte da telha da cobertura fica saliente da parede mais de 0,30m o que protege os paramentos contra a escorrência das águas da chuva.

A cobertura destas construções é feita em telha cerâmica (canudo ou marseilha) que é aplicada sobre o ripado tradicional, muitas vezes no sistema de telha vã, sem forro interior. Estas são soluções de construção mais recente. Existem registos de situações com telhados de materiais vegetais¹⁵³.

¹⁵³ Cf. OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Ob. Cit., p. 194.

Outra situação identificada com a utilização de tabuado é um revestimento numa empena triangular sobre uma parede de alvenaria de pedra na localidade de Travanca, em Armamar, distrito de Viseu (Fig.20). Sobre o tabuado colocado na vertical pregaram-se duas camadas de fasquiado na diagonal com orientações opostas constituindo uma interessante quadrícula, onde se deixaram abertas duas áreas de respiração interior. A empena triangular é dividida em seis nembos pela introdução de peças de madeira na vertical onde rematam as peças do fasquiado diagonal. Sobre esta empena, a cobertura do imóvel, também de madeira, possui uma saliência significativa com um forro inferior em tabuado estreito justaposto.



Figura 20. Vista do imóvel e pormenor, Travanca, Armamar.

Ainda, há notícia de se utilizar um tabuado simples sobre uma estrutura em sótãos acessíveis, em construções com masseiras e trapeiras, mas também nas paredes de compartimentação em construções mais populares. Estas divisórias são soluções de grande simplicidade constituídas por tábuas, por vezes, não aplainadas, alinhadas lado a lado, pregadas a duas vigas horizontais, uma de teto e outra de pavimento, conseguindo-se desta forma dois compartimentos distintos. Nas áreas urbanas, estas soluções eram correntes, havendo registo de paredes executadas desta forma sobre pavimentos de madeira elevados, onde os fatores mais importantes são o pouco peso da estrutura e a reduzida espessura da parede.

4.6.1.3 *Madeira com revestimento em argamassa*

Na construção de paredes exteriores e interiores utilizava-se um sistema que recebe o nome genérico de tabique. Em certas regiões é denominado por «taipa de ripa» ou «taipa de fasquio»¹⁵⁴, que se deve ao fasquiado colocado para receber a argamassa de revestimento. Este sistema pode ser encontrado em Trás-os-Montes e no Vale do Douro na construção de paredes exteriores e interiores. Ainda, aparece associado a uma construção mais erudita um pouco por todo o país na execução de paredes interiores, nomeadamente na cidade de Lisboa.

Na zona da Maia, Penafiel e Paços de Ferreira, os autores da Arquitectura Tradicional Portuguesa encontraram um tipo de chaminé com alguma dimensão que possui duas laterais feitas em alvenaria de granito e duas outras executadas em «tabique» revestido a telha caleira¹⁵⁵. Também na região do Alto Tâmega foram edificadas chaminés de fumeiro em «tabique», protegido por uma argamassa¹⁵⁶.

O «tabique» ou «taipa de fasquio» é uma estrutura de madeira constituída por tábuas costaneiras colocadas na vertical onde, depois, é pregado um fasquiado que recebe o reboco ou outro acabamento. Esta estrutura só é utilizada a partir do piso térreo que é executado com uma alvenaria de pedra e que evita que a madeira sofra com a humidade ascensional.

O livro Diálogos da Edificação descreve um tipo de «taipa de fasquio» utilizado pelo Gabinete Técnico Local de Guimarães em obras de reabilitação, que difere um pouco das situações registadas em outros locais. Sobre a alvenaria são colocadas peças de madeira que servem de suporte ao vigaamento do soalho e às paredes verticais de madeira. As vigas, na horizontal, que servem de suporte às paredes – *as vigas soleiras*¹⁵⁷ – terão uma secção de cerca de 0,10x0,13m. O pé-direito e a localização e

¹⁵⁴ Por exemplo, em Guimarães. Cf. FERREIRA, Maria da Conceição Falcão – A casa comum em Guimarães, entre o público e o privado (finais do século XV) [online] [disponível em <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/4895.pdf>.] (consultado em 12 de julho de 2010), p. 288.

¹⁵⁵ Cf. OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando – Ob. Cit., p. 34.

¹⁵⁶ Cf. CEPEDA, Armando; et al. – Ob. Cit., p.3.

¹⁵⁷ TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Ob. Cit., p. 62.

dimensão dos vãos são definidos pela colocação de outras vigas na vertical com a altura pretendida.

Para os vãos definem-se umas caixas delimitadas com aros de madeira que receberão a caixilharia de madeira. O enchimento da parede é feito pela introdução das tábuas costaneiras¹⁵⁸ com 0,03x0,20m dispostas com uma folga de 0,04m. Sobre estas prega-se uma estrutura de reforço na diagonal, começando pelo meio para travar a estrutura. Por último, prega-se o ripado, na horizontal, com 0,02x0,02m com 0,02/0,03m de afastamento.

É este fasquiado que recebe o reboco que possui 0,015m de espessura. Sobre este reboco aplica-se o acabamento final. Quando constitui paredes exteriores, é comum sobre o reboco encontrar-se soluções de revestimento com ardósias e telhas de canudo na vertical, argamassadas. Mais recentemente, é usual o revestimento com chapas onduladas de fibrocimento. O lado interior da parede recebe, depois do reboco, um acabamento estanhado com 0,01m. Estas argamassas eram realizadas com uma mistura com cal aérea e terra (por vezes apenas areia). Alguns autores referem que a argamassa de revestimento pode ser feita com cal hidráulica¹⁵⁹, mas esta será uma solução recente, utilizada em soluções de reconstrução.

Foram identificados diversos exemplos que não possuem as peças intermédias na diagonal, sendo que o fasquiado é pregado diretamente sobre as tábuas verticais (Fig.21 e 22). Talvez porque os vãos são mais reduzidos, não necessitando de travamentos. Ainda, as tábuas costaneiras podem apresentar larguras variáveis desde 0,10 a 0,17m, que resulta do aproveitamento de árvores disponíveis e, certamente, numa obra menos onerosa. Os afastamentos entre as ripas do fasquiado podem chegar aos 0,06m.

Muito comum é a utilização destas estruturas em construções mais eruditas na edificação de trapeiras e águas furtadas revestidas por telha cerâmica de canudo ou por lousa em escama (Fig.23) e rematadas com beirados salientes e trabalhados.

Este sistema continuou a ser utilizado até aos anos 50 do século XX, nomeadamente

¹⁵⁸ Ou não aplainadas.

¹⁵⁹ Cf. TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Ob. Cit., p. 62.

em paredes divisórias interiores que, como acabamento final, possuía uma argamassa de cal, areia e gesso. Neste caso, o sistema deve ter pouca espessura para não roubar espaço interior.



Figura 21. Tabique exterior em Tarouca e tabique interior com caniço em Lagos.

O modo de execução é igual ao tabique exterior, mas a espessura é reduzida. Augusto Leitão regista uma espessura de 0,18x0,05m para as tábuas costaneiras não limpas, pregadas e com um afastamento mínimo de 0,01m. As fasquias horizontais possuem 0,03m e são pregadas diretamente nas costaneiras, como nos sistemas mais simplificados de tabiques exteriores. Mais recentemente, o fasquio era executado com peças de secção trapezoidal com 0,03m de largura no lado maior¹⁶⁰. O lado menor é aquele que encosta às tábuas verticais de modo a reter a argamassa nos intervalos.

Ainda, há referência à utilização para a execução do fasquiado de “ramos de castanheiro rachados ao meio”¹⁶¹ pregados às tábuas costaneiras. Para assegurar a aderência da argamassa de revestimento, os ramos eram colocados com o lado arredondado para dentro e face para o exterior.

Podem construir-se estas paredes interiores sem que estas se apoiem no soalho. A esta solução construtiva, chama-se «tabique aliviado ou suspenso»¹⁶². Augusto Leitão relaciona esta estrutura com a construção pombalina, sendo construído antes da execução do soalho e aquando da montagem das restantes estruturas de madeira da

¹⁶⁰ LEITÃO, Luís Augusto – Ob. Cit., p.298.

¹⁶¹ COSTA, J. Pereira da – Enciclopédia Prática de Construção Civil. Lisboa: Edição de autor, 1955, Caderno 26, p.2.

¹⁶² PINHO, Fernando – Ob. Cit., p. 170.

«gaiola»¹⁶³. Neste caso, sobre as *costaneiras* prendem-se duas peças na diagonal – as *aspas* - distribuindo o peso sobre os paramentos laterais do compartimento.

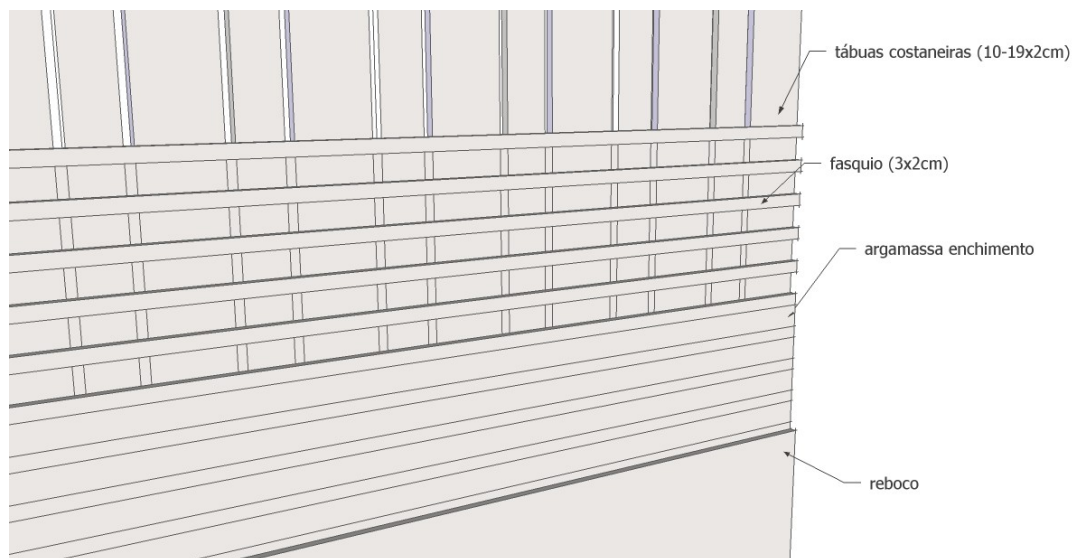


Figura 22. Tabique com acabamento final em reboco – desenho esquemático.

No Algarve, em Lagos e São Brás de Alportel, foi identificado um tabique interior onde, em vez do ripado, é utilizado um caniço (Fig.21). Neste sistema é feita “uma esteira de ripas de canas entrelaçadas em que as faces convexas destas, lisas e envernizadas, ficam viradas para o lado oposto ao das faces côncavas e rugosas que serviam de suporte às argamassas de reboco.”¹⁶⁴ Um sistema mais simples, consistia na execução de uma esteira de canas inteiras que não necessitavam das tábuas costaneiras nem de outra estrutura secundária, bastando uns prumos de ligação com outras paredes. É um método construtivo muito económico e rudimentar que se assemelha às estruturas com materiais vegetais já abordadas.

Ainda, Pereira da Costa¹⁶⁵ faz referência a outro sistema de construção que se assemelha ao «tabique» que denomina de «Frontal à francesa» que consiste num sistema de prumos, na vertical, a definir o pé-direito, travessanhos, na horizontal, e

¹⁶³ LEITÃO, Luís Augusto – Ob. Cit., p.299.

¹⁶⁴ GTAA Sotavento – Materiais, sistemas e técnicas de construção tradicional. Porto: Edições Afrontamento, 2008, p. 77.

¹⁶⁵ COSTA, F. Pereira – Ob. Cit., Caderno 26, p.2.

escoras, na diagonal, constituindo uma cruz. Esta estrutura é forrada com tábuas, na diagonal, onde é pregado o fasquiado que recebe a argamassa de revestimento.

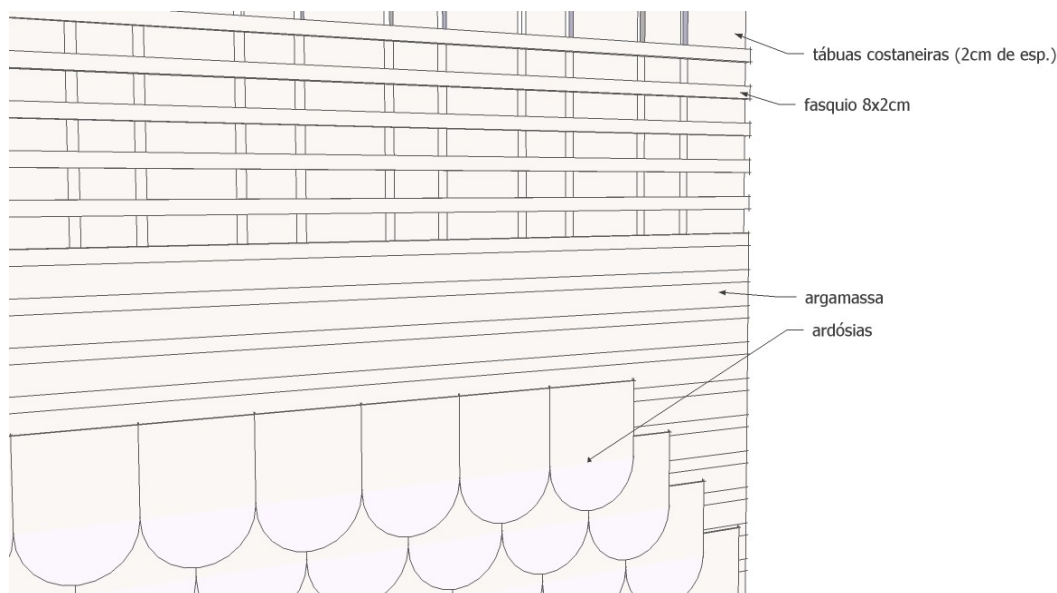


Figura 23. Tabique com acabamento final em ardósias em escama – desenho esquemático.

Numa parede exterior foi identificado um sistema construtivo, no concelho de Armamar, onde a ardósia é pregada, diretamente, sobre o tabuado. Nestas situações não é utilizada argamassa pelo exterior, o que faz com que a construção perca muita qualidade, porque a reduzida espessura destas paredes não protege o interior devidamente do calor e do frio.

4.6.1.4 Madeira com enchimento em argamassa

Outro sistema construtivo que existe em Portugal, mas também no norte de Espanha, consiste numa estrutura de madeira que forma um reticulado que é preenchido com uma argamassa de terra, por vezes, com adição de palha. Alguns autores referem que o reticulado é uma trama de madeira constituída por ramagens¹⁶⁶, «encanastrado de

¹⁶⁶ ARAÚJO, Geraldo - Terra sobre engradado em Portugal. In AAVV – Arquitectura de Terra em Portugal. Lisboa: Argumentum, 2005, p. 57.

varedo»¹⁶⁷ ou «entrançado de madeira»¹⁶⁸ que serve de suporte à argamassa.

Este tipo de estrutura aparece sempre acima do piso térreo sobre um embasamento em pedra que a protege da humidade ascendente e também de possíveis embates. No Douro, em Trás-os-Montes e entre o Douro e o Minho encontra-se este tipo de construções com utilização de madeira do tipo carvalho, castanho e outras folhosas.

O engradado é composto pelos pilares principais, vigas de piso e o teto e/ou cobertura em madeira. Entre os pilares principais são colocadas peças de madeira, na vertical, afastadas cerca de 0,25m que são preenchidas de ambos os lados com peças de secção mais reduzida, colocadas na horizontal. O afastamento varia muito, podendo ser diminuto, na ordem dos 0,03m, ou bastante mais largo, com 0,10m. Em diversos pontos das estruturas aparecem peças inclinadas, a formar um V, que reforçam a estrutura, nomeadamente sob os vãos de janela.

Na região de Tarouca, em Salzedas, existem várias habitações onde esta técnica construtiva possui características de execução bastantes toscas. Nesta povoação a maioria das estruturas não possui revestimentos exteriores. Ao invés, em Alpedrinha, no Fundão, podem ser vistas estruturas destas com uma execução mais cuidada (Fig.24).



Figura 24. Habitações em Salzedas, Tarouca e em Alpedrinha, Fundão.

¹⁶⁷ OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Ob. Cit., p. 315.

¹⁶⁸ AAVV – Arquitectura Popular Portuguesa. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2004, 1.º volume, p.144.

Exteriormente estas estruturas eram revestidas com um reboco à base de cal (Fig.25). Mas muitas situações apresentam diferentes revestimentos em lousa, telha de canudo e chapas de zinco, que protegiam a estrutura da ação do vento e das águas da chuva.

Ainda, existe um sistema de construção de paredes interiores que Eduarda Luso¹⁶⁹ denomina de «tabique não fasquiado» que se encontra na cidade de Bragança. Este consiste numa estrutura de madeira em que os espaços são preenchidos com argamassa de terra com palha. As argamassas são rebocadas, ficando a estrutura de madeira à face com esse reboco. No final seria tudo pintado, uniformizando o seu acabamento.

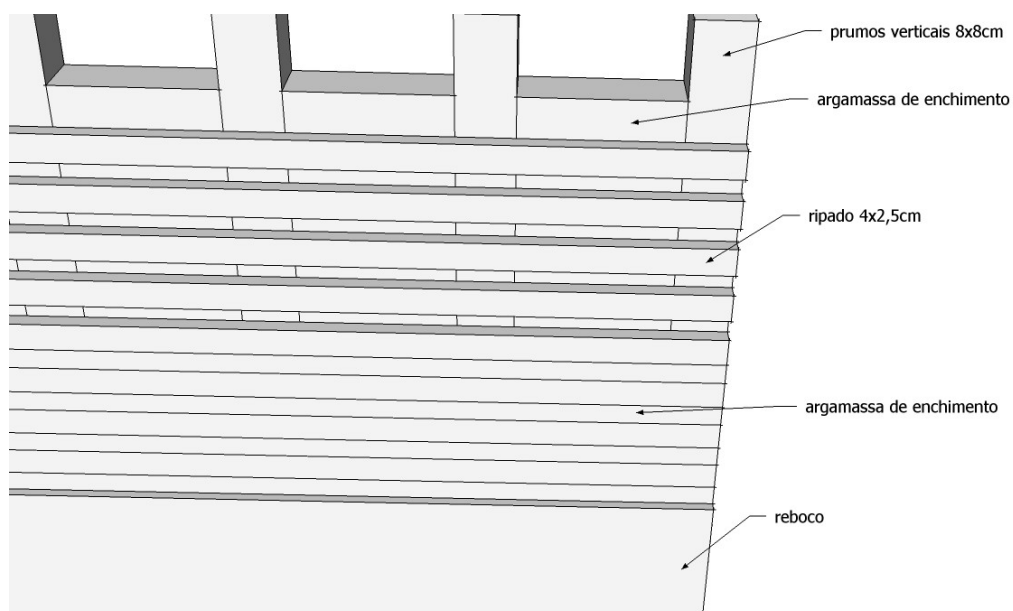


Figura 25. Madeira com enchimento e revestimento em argamassa de terra – desenho esquemático.

Em Espanha, esta técnica construtiva, que se pode encontrar na Galiza, remonta à Idade Média e denomina-se de «Pallabarro»¹⁷⁰. É utilizada em paramentos interiores e exteriores e consiste numa armação vertical de madeira formada por tábuas com 0,10 a 0,20m de largura por 0,03 ou 0,04m de espessura que se chamam *fitoiras*. Estas peças

¹⁶⁹ LUSO, Eduarda; LOURENÇO, Paulo B.; ALMEIDA, Manuela – Ob. Cit., p. 2.

¹⁷⁰ DE LLANO, Pedro – Arquitectura Popular en Galicia Razón e construción. A Coruña: Fundación Caixa Galicia / Xerais, 1984, p.90.

são unidas umas às outras através de tábuas mais estreitas e finas, chamados *bitoques*. Num dos lados da estrutura prende-se outra estrutura de *fitoiras* presas através de *bitoques*. Os nembos vazios são preenchidos depois com uma argamassa de barro com palha. Toda a estrutura é revestida com uma argamassa de cal e a sua aderência às peças de madeira faz-se através de incisões feitas nas tábuas. Os paramentos são depois acabados com uma pintura de cal.

4.6.1.5 *Madeira com enchimento em alvenaria*

Existem vários sistemas construtivos que utilizam um reticulado de madeira, como estrutura de suporte, associado a alvenarias de pedra ou tijolo, inteiros, ou em pedaços miúdos, que podem incluir desperdícios de telha.

Na região de Guimarães, a esta técnica dá-se o nome de «taipa de rodízio»¹⁷¹ e consiste na utilização de uma estrutura de madeira em que os nembos vazios são preenchidos com tijolo cozido assente com argamassa. Sobre a parede de alvenaria que constitui o piso térreo, assentam-se as vigas de madeira na horizontal que, normalmente, são troncos de grande espessura que servem em simultâneo de suporte para o soalho do piso superior, tal como no processo construtivo anterior. Depois de definidos o pé-direito e as caixas para os vãos, prega-se na vertical no topo e na base, vigas com secção de 0,12x0,12m equidistantes 0,50m. Os nembos podem possuir peças na diagonal de reforço da estrutura (Fig.26).

Nesta técnica, também, antes de aplicar o reboco, e para que este agarre melhor, dão-se golpes na madeira com um pequeno machado e, também com o mesmo propósito, pregam-se pregos de caibrar dobrando-lhe depois as cabeças¹⁷². Por fim, aplica-se o reboco de argamassa de cal com 0,015m.

De notícia mais recente são as paredes divisórias descritas no projeto para a “casa do Ex.mo Sr. D. Luiz de Castro” na Rua do Prior, em Lisboa¹⁷³, que consistem numa estrutura simplificada de prumos de casquinha com 0,11x0,075 afastados cerca de 1,00m com um *travessanho* a meia altura. Neste, o enchimento é feito com alvenaria de

¹⁷¹ Cf. FERREIRA, Maria da Conceição Falcão – Ob. Cit., p. 289.

¹⁷² Também conhecidos por pregos n.º 7. Cf. TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Ob. Cit., p. 66.

¹⁷³ «Construção Moderna», 1900, n.º 1, p.2.

tijolo furado. Esta parede possuiria 0,07m de espessura no limpo, sendo depois rebocada e estucada de ambos os lados.

Mas, na região de Santarém, nas margens do rio Tejo, encontra-se outro sistema construtivo que combina, também, uma estrutura em madeira com alvenarias. Este é uma solução de cariz mais popular que utiliza para além do tijolo, pedra de calcário ou seixo rolado. É encontrado em paredes interiores de construções de taipa e adobe, e ao contrário do anterior, foi identificado em situações de piso térreo (Fig.27 e 28).

É uma estrutura de madeira que combina prumos verticais com alvenaria. As secções variam entre 0,08x0,08m e 0,14x0,14m e apresentam com afastamentos entre os 0,30 e os 0,65m. Sobre estes prumos é pregada, de um lado e de outro do paramento, um ripado de madeira com cerca de 0,05x0,02m de secção e afastamentos que variam entre os 0,13 e os 0,24m. Estas duas fiadas são desencontradas entre cada lado da estrutura primária.

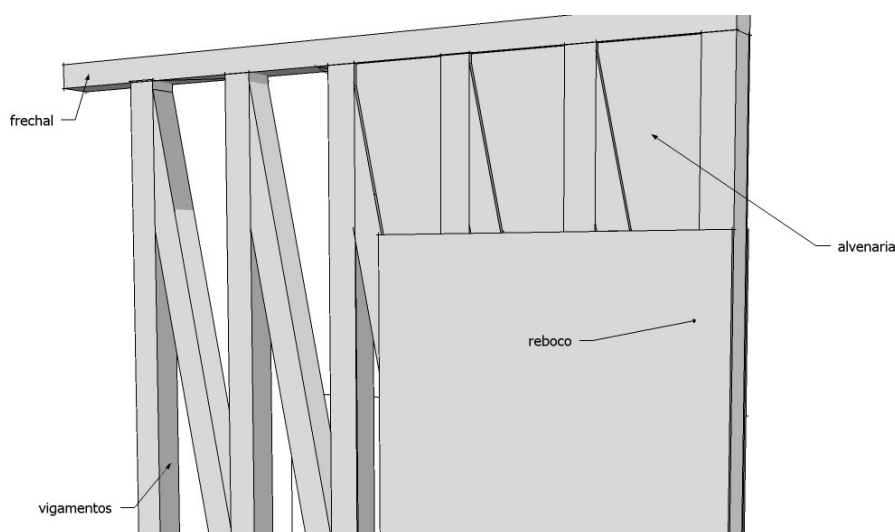


Figura 26. Sistema construtivo com vigamentos na vertical e na diagonal e enchimento em alvenaria.

Os nembos vazios são cheios com uma alvenaria feita de tijolo cozido ou pedra ligados por argamassa. Entre as ripas, dos dois lados, é visível uma argamassa grossa que

preenche estas áreas. O acabamento é feito com um reboco de terra ou de cal e areia com cerca de 0,015m. Por vezes aparecem duas camadas de argamassa. A primeira é mais grosseira sobre a estrutura de madeira. A segunda é uma argamassa mais fina e, por vezes, estuque.

Este sistema construtivo também foi identificado na região de Lagos na edificação de paredes e na construção de chaminés. Aqui os afastamentos entre elementos de madeira da estrutura primária são superiores ao referido. As paredes exteriores são de alvenaria de pedra ou taipa e estas estruturas de madeira aparecem em andares elevados (Fig.27).

A uma técnica construtiva semelhante alguns autores denominam «frontal à galega», cuja construção é idêntica à do «enxaimel»¹⁷⁴ da Beira¹⁷⁵, em que a estrutura de madeira é preenchidoacom uma alvenaria constituída por uma argamassa e pequenas pedras. Também nesta solução, como nos casos registados na zona de Coruche, as peças de madeira horizontais de uma face alternam com as de outra, estando desencontradas. Esta solução deve estar relacionada com a forma como se executa o enchimento destas paredes.



Figura 27. Exemplos em Azinhaga, na Golegã, em Azervadinha, em Coruche, e em Lagos.

Se na «taipa de rodízio» a execução não conhece taipais laterais, no «Frontal à

¹⁷⁴ O mesmo que enxaimel, já referido anteriormente.

¹⁷⁵ LEITÃO, Luís Augusto – Ob. Cit., p.297.

galega» a existência de taipais seria necessária para auxiliar o enchimento com alvenarias pobres, algumas executadas com calhau rolado. Para se fazer o enchimento é referido o uso de tábuas pregadas às peças horizontais, que depois são removidas¹⁷⁶, tal como na taipa do Sul, executada dentro de taipais de madeira que depois se retiram quando a terra seca.

Foram, ainda, utilizadas estruturas mistas de madeira e alvenarias na reconstrução da Baixa Pombalina, no “sistema de resistência sísmica mais avançado do século XVIII”¹⁷⁷. A sistematização da edificação com recurso à prefabricação é a novidade, “talvez porque beneficiou da circunstância, quase única, de se estar numa época de construção maciça.”¹⁷⁸ Os métodos de construção utilizados são semelhantes aos já referidos. Contudo, estes foram melhorados, criando um sistema padronizado.

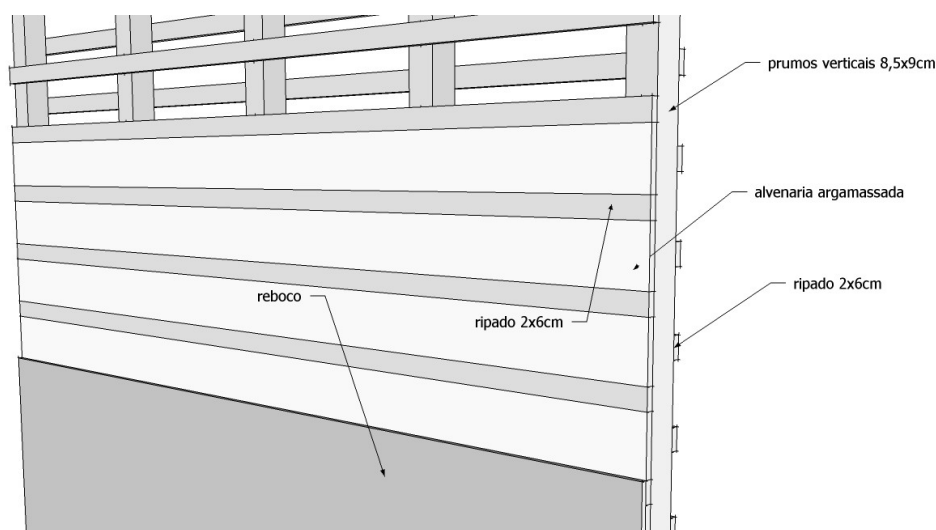


Figura 28. Sistema construtivo identificado em Coruche – desenho esquemático.

Nestas construções, a madeira com a sua elevada resistência à tração veio desempenhar um papel importante na construção antissísmica. O sistema pombalino é uma estrutura tridimensional ortogonal composta por três tipos de paredes: a «gaiola»

¹⁷⁶ Idem, p.297.

¹⁷⁷ TROBINER, Stephen – Compreender a importância da gaiola Pombalina, o sistema anti-sísmico mais avançado do século XVIII. In Pedra e cal n.º 11, 2001, GECORPA, p.13.

¹⁷⁸ APPLETON, João – Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. Amadora: Edições Orion, 2003, p. 54.

na face interior das paredes de fachada; os «frontais» nas paredes interiores com função de suportar os pavimentos, e os «tabiques» nas paredes interiores divisórias.

As paredes de «gaiola» estavam na face interior da parede exterior de alvenaria de pedra, de forma que esta protegia as primeiras da humidade e aquelas garantiam a unidade da estrutura do edifício. Consistem numa estrutura de madeira na vertical, horizontal e na diagonal, em que os espaços vazios são preenchidos com alvenaria de tijolo maciço cozido e ambas as faces são rebocadas, numa espessura total de 0,20m. A parede «de gaiola», também denominada de «cruz de Santo André», é em tudo semelhante à «taipa de rodízio».

Também as paredes de «frontal» são estruturas de madeira com enchimento em alvenaria rebocadas nas faces, mas aparecem no interior da estrutura e suportam pavimentos. Estas paredes também são denominadas de «frontal tecido»¹⁷⁹. Os seus prumos podem ter 0,16m de espessura em construções de melhor qualidade. As ligações são feitas com entalhes reforçados com pregos. Também podem apresentar espessuras na ordem dos 0,20m¹⁸⁰, o que é bastante mais que outros sistemas construtivos semelhantes.

As paredes de «tabique» são paredes divisórias iguais às que já foram referidas anteriormente¹⁸¹ são interligados à restante estrutura. Estas podem não ter a mesma importância estrutural que as paredes de «gaiola» ou de «frontal», mas não deve ser descurado o seu valor no travamento de toda a estrutura.

Os pavimentos e as asnas de coberturas são também de madeira. As diferentes peças são entalhadas para se ajustarem entre si, sendo pregadas também aos frechais que se ligam à estrutura do pavimento. As madeiras mais usadas nestas construções são a casquinha e o castanho¹⁸².

Nos edifícios multi-habitacionais, as escadas comuns, também executadas em madeira, possuem um papel importante na consolidação do conjunto. São constituídas por três paredes paralelas em gaiola, travadas pelas peças de degrau na horizontal¹⁸³.

¹⁷⁹ Cf. COSTA, F. Pereira – Ob. Cit, Caderno 26, p.3.

¹⁸⁰ Cf. GARCIA, João Leite – Ob. Cit., p. 12.

¹⁸¹ Cf. Ponto 4.6.1.3. - Madeira com revestimento em argamassa

¹⁸² Cf. APPLETON, João (2003) – Ob. Cit., p. 56.

¹⁸³ Cf. PINHO, Fernando – Ob. Cit., p. 163.

Constitui um sistema sólido e de grande estabilidade, nomeadamente no que diz respeito ao seu desempenho face à ação dos sismos. Na construção mais erudita ou apoiada em projetos pode constatar-se uma grande regularidade neste esqueleto¹⁸⁴. Nestes casos, observa-se um cuidado nítido na localização dos vãos para portas e janelas. Ao contrário, uma arquitetura mais popular apresenta peças e nembos de dimensões muito variadas o que sugere a improvisação na execução da obra.

Na construção da parede de «gaiola»¹⁸⁵ (Fig.29), como nos outros sistemas referidos, ao longo das paredes de alvenaria, que constituem o piso térreo, colocava-se uma peça de frechal com 0,10x0,14m¹⁸⁶. Nesta eram pregadas na vertical outras peças de madeira equidistantes cerca de 0,90m que definem o pé-direito. Na horizontal, agarrando os prumos verticais através de entalhes a meia madeira e pregos¹⁸⁷, colocavam-se os «travessanhos» que possuíam 0,14x0,08m. Sobre os elementos em cruz, colocavam-se peças, também, na horizontal, - as vergas - que por sua vez eram pregadas ao frechal superior através dos «pendurais» com 0,10x0,07m.

Na construção destas paredes usavam-se peças auxiliares como tábuas costaneiras que seguram a estrutura para que esta não oscile, e que eram removidas à medida que a execução avançava. Depois de a estrutura estar montada os vãos são preenchidos com alvenarias de tijolo argamassado. Existem registos da existência deste preenchimento ser feito com alvenaria de pedra miúda argamassada¹⁸⁸. Leitão refere o uso de peças de madeira denominadas «mãos»¹⁸⁹ que estão encaixadas nos «prumos» e «travessanhos», mas outros autores fazem referência à utilização de peças metálicas de ligação entre a alvenaria e a parede de «gaiola».

¹⁸⁴ Cf. APPLETON, João (2003) – Ob. Cit., p. 54.

¹⁸⁵ Augusto Leitão denomina esta parede de «frontal» e as interiores de «frontal tecido» ao contrário de outros autores que chamam «gaiola» à parede exterior e «frontal» às paredes interiores que suportam pavimentos. Cf. GARCIA, João Leite – Ob. Cit., p. 12 e LEITÃO, Luís Augusto – Ob. Cit., p. 292.

¹⁸⁶ LEITÃO, Luís Augusto – Ob. Cit., p. 292.

¹⁸⁷ Fernando Pinho faz referência a “pregos do telhado”, pregos quadrados com 4,5mm de lado e 2,54cm de comprimento. Cf. PINHO, Fernando – Ob. Cit., p. 166.

¹⁸⁸ APPLETON, João (2003) – Ob. Cit., p. 56.

¹⁸⁹ LEITÃO, Luís Augusto – Ob. Cit., p.296.

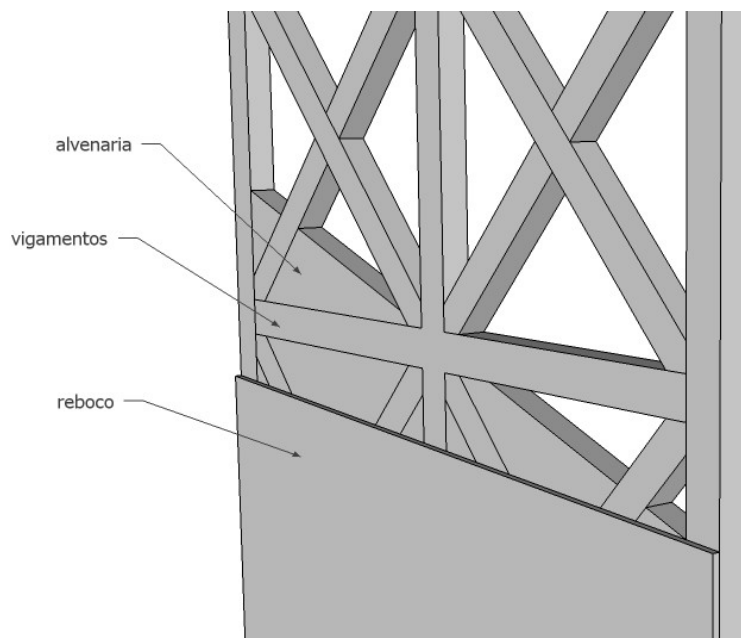


Figura 29. Sistema construtivo "gaiola pombalina" – desenho esquemático.

A parede de «frontal» ou «frontal tecido» possui uma estrutura semelhante ao descrito. Contudo, a geometria apresenta variações. Os «travessanhos» e os «prumos» são reforçados e interligados pelas «escoras» colocadas na diagonal fazendo uma cruz. As peças encaixam através de entalhes e consolidam-se também com pregos.

A sul, identificou-se uma estrutura que combina madeira com alvenaria semelhante à parede de «gaiola» no Mosteiro de São Bento de Avis. É uma estrutura de madeira em cruz em que os nembos são preenchidos com uma alvenaria de tijolo maciço. As paredes em causa constituem uma área do dormitório primitivo e um frontão triangular que marca a ligação entre os dormitórios e o acesso ao claustro Norte. Nas áreas dos entreforros, as paredes não apresentam revestimento, o que permitiu a sua identificação.

Também, a construção de Vila Real de Santo António nos finais do século XVIII, por

ordem de Marquês de Pombal, foi realizada com recurso a sistemas construtivos que combinam pedra e alvenarias, beneficiando da experiência de reconstrução da Baixa Pombalina¹⁹⁰.

4.6.2 Coberturas

As coberturas dos edifícios antigos são maioritariamente inclinadas, podendo apresentar formas diversas com várias águas onde se podem incluir mansardas e trapeiras (Fig.30). Estas coberturas utilizam estruturas de madeira que suportam o revestimento. O grau de inclinação varia consoante a solução construtiva, a localização geográfica ou a forma do lote. As soluções em terraço aparecem associadas a abóbadas e abobadilhas de tijolo ou tijolo conjugado com ferro, ainda que haja notícia da execução de um terraço com suporte em vigas de madeira, como já foi referido.



Figura 30. Trapeiras – vista da estrutura interior e vista exterior; Avis e Castro de Aire.

Quanto mais simples for o desenho de uma cobertura, mais económica é a sua execução, mas também mais fácil se torna a sua manutenção, porque se reduzem os pontos sensíveis, como caleiras, algerozes e rincões, que necessitam de maiores cuidados. As coberturas identificadas com utilização de madeira podem ser estruturas simples de uma ou duas águas que derivam diretamente da cabana primitiva com duas

¹⁹⁰ MENDES, A.R. – Vila Real de Santo António e o Urbanismo Iluminista. VRAS: Câmara Municipal de Vila Real de Santo António, 2010.

vigas inclinadas e cravadas no pavimento. Nestes casos, a cobertura é uma estrutura de vigas dispostas paralelamente, de secção apropriada para vencer os vãos existentes.

Mas, as coberturas também podem ser executadas com recurso a asnas, quer por necessidade de vencer um vão maior que a estrutura simples de madre e barrote não consegue, quer porque o telhado previsto, nomeadamente pelo número de águas, exige uma estrutura mais elaborada.

As asnas podem apresentar soluções muito diferentes que vão desde a denominada *Asna pequena sem pendural* até à *Asna fabril composta*¹⁹¹. A asna mais comum (Fig.31) é constituída por uma estrutura triangular constituída por duas *pernas*, inclinadas, que definem a inclinação da cobertura, e uma *linha*, na horizontal, que vence o vão. Dividindo o comprimento das pernas em duas, partem as *escoras* que se juntam ao *pendural* na sua extremidade inferior. Sobre o *pendural* aplica-se uma nova peça de madeira – a *fileira* – na horizontal e sobre as *pernas* aplicam-se as madres.

Quando os vãos possuem mais que 9 m, já não é possível utilizar a asna simples descrita. Neste caso, é preconizada a utilização de uma *asna composta*¹⁹². O esquema é muito semelhante ao anteriormente descrito, contudo o comprimento das *pernas* é dividido em três partes iguais, onde serão colocadas as madres e onde a *escora*, na diagonal, é agarrada à *linha* através de um tirante de ferro, na vertical. A construção de lanternins, trapeiras e mansardas na cobertura requer uma estrutura mais elaborada que a asna mais simples, o que se faz pela introdução de elementos de madeira à estrutura primária.

As ligações entre as várias peças de madeira que compõem a estrutura de uma asna são feitas através das samblagens e apertadas através de ferragens desenhadas para o efeito, principalmente nas realizadas a partir do século XIX. Estas podem ser pregadas ou aparafusadas à madeira. Na *linha* e no *pendural* abrem-se umas mechas para receberem as respigas das *pernas* e, nestas e no *pendural* também se abrem mechas para as respigas das *escoras*. As ferragens colocam-se nas duas faces das

¹⁹¹ COSTA, F. Pereira – Ob. Cit., Caderno 1, p.2.

¹⁹² Idem, p.10.

peças de madeira e são fixadas e apertadas através de parafusos de porca.

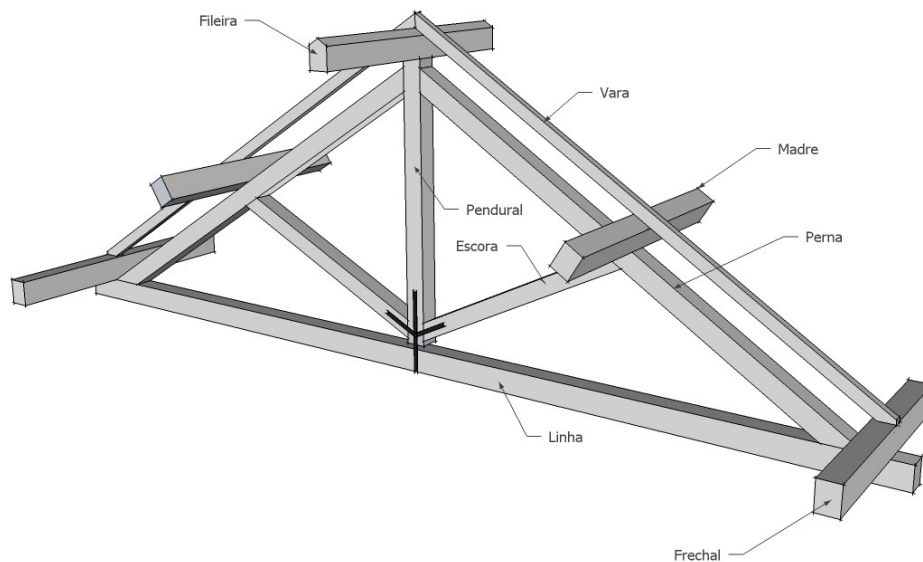


Figura 31. Exemplo de asna simples.

Contudo, também se identificaram estruturas mistas de coberturas e teto, onde a mesma estrutura assume a inclinação das águas da cobertura e suporta, por baixo, uma estrutura que constitui o teto dos espaços. Uma das situações identificadas destas diz respeito ao teto de uma nave superior do Claustro do Convento de São Bento de Avis (Fig. 32), onde o teto com cerca de 50 metros de comprimento é uma abóbada única de canhão executada com um fasquiado que se suporta na estrutura da cobertura. No interior, este é rematado com um fasquiado, semelhante ao da taipa de fasquio, revestido com uma argamassa à base de cal.

A estrutura da cobertura de madeira é constituída por duas peças inclinadas que se apoiam uma na outra através de uma samblagem. O teto é composto por peças encaixadas umas nas outras através de entalhes, perfazendo a curvatura da abóbada. Lateralmente a esta estrutura curva, aparece uma peça na horizontal que está pregada às peças do teto e aos dois barrotes inclinados da cobertura. A cobertura possui dois forros. O primeiro assenta sobre os barrotes inclinados e cobre toda a área. Sobre este

assenta um ripado de suporte da telha de canudo. O segundo, mais tosco, é colocado sobre uma segunda estrutura que apoia em cima do primeiro forro e faz a inclinação pronunciada da cobertura até ao beirado.

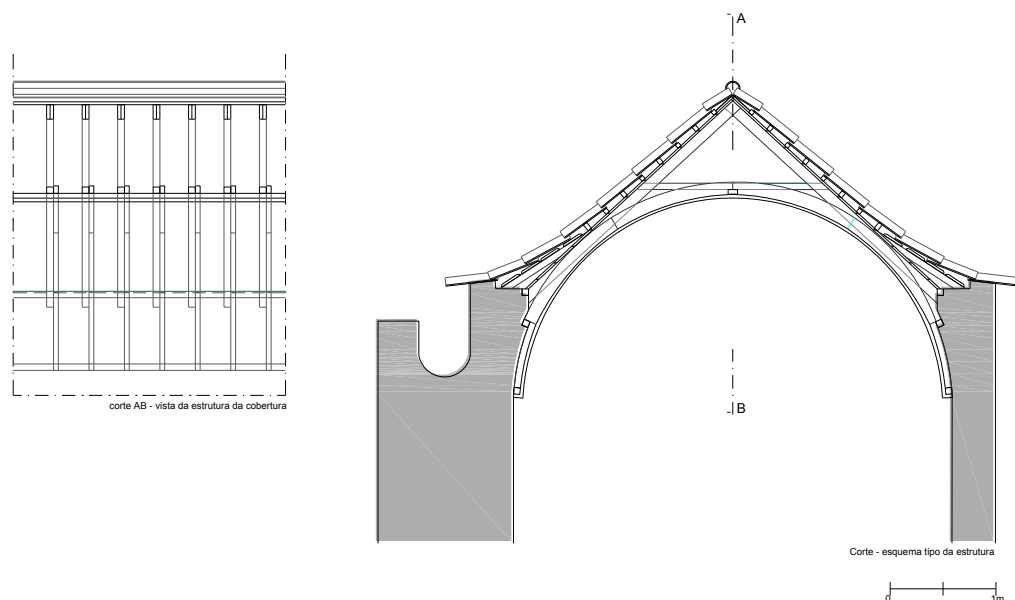


Figura 32. Cobertura e teto da ala Sul do claustro do Convento de São Bento de Avis.

4.6.3 Tetos

A construção mais popular não conhece tetos, sendo que estes constituem a estrutura da cobertura. Nesta situação, o teto é uma simples cobertura em telha vã, em que esta assenta sobre um ripado simples de madeira. Muitas vezes, em vez do ripado, o teto é constituído por um forro, colocado em escama sobre os barrotes que constituem a estrutura.

Mas a construção erudita conhece diversas formas de esconder a estrutura da cobertura, tornando mais confortáveis os espaços habitacionais. Por vezes, estes desvãos são visitáveis e constituem acessos a mansardas. Uma das formas de

construir um teto em madeira é de um modo semelhante ao «tabique» com um fasquiado (Fig. 33). Este é pregado numa estrutura secundária de suporte ao ripado. O fasquiado recebe uma argamassa feita à base de cal e gesso que uniformiza a superfície onde por vezes surgem florões e outras decorações.

Com recurso a tábuas de madeira é usual a execução dos tetos de «saia/camisa» (Fig.33). Neste as tábuas estão desencontradas, umas por cima das outras, em fiadas sobrepostas. As tábuas utilizadas possuem espessuras de 0,01 a 0,02m e larguras entre os 0,10m e os 0,20m.



Figura 33. Teto de «saia camisa» e teto de fasquiado com argamassa de gesso.

Mais raros e de execução mais trabalhada são os tetos de «maseira», que possuem a forma de uma caixa virada ao contrário. Nestes, os barrotes aparelhados colocam-se inclinados com 0,40m de distância entre eles e depois quebram e ficam na horizontal, ao centro, na zona mais alta. Por vezes, os apoios dos barrotes são feitos numa cornija de madeira trabalhada que remata a execução e embeleza o conjunto¹⁹³.

¹⁹³ Cf. OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando – Ob. Cit., p. 48.

4.6.4 Pavimentos

Até à introdução do betão armado na construção, a madeira como material estrutural desempenhou um papel fundamental na construção de pavimentos elevados. Estes eram executados com uma estrutura de madeira sob um forro - o soalho. Na construção mais elaborada a estrutura era encoberta, colocando por baixo um teto como os descritos anteriormente.

A solução corrente era orientar as vigas segundo o vão menor a vencer, que podia ir até aos 4m. Aquelas eram encastradas nas paredes resistentes. Para vãos superiores, utilizam-se soluções mais complexas com vigas principais onde assentam os barrotes, dividindo o vão em dois ou mais (Fig. 34).

Na sua forma mais elementar, os pavimentos constituem estruturas simples de madeira em que o forro – pavimento – assenta sobre uma estrutura de barrotes, tradicionalmente, de secção redonda, paralelos entre si e afastados entre eixos de 0,20 a 0,40m.

Uma regra comum de dimensionamento das estruturas de pavimento nos edifícios antigos consiste em definir as medidas do afastamento igual à largura da própria viga¹⁹⁴. Para uma viga de 0,15m de largura, a distância entre eixos seria 0,30m. Excepcionalmente, podemos encontrar pavimentos com vigas afastadas entre si 0,60m “nos piores exemplares dos gaioleiros do início do século XX”¹⁹⁵.

Mais recentemente e em construções mais elaboradas, os barrotes passam a possuir uma secção retangular em que a altura é superior à largura. Nestas, os elementos possuem alturas de 0,14/0,16m ou de 0,20/0,22m com larguras que variam entre os 0,08m e os 0,14m.

Para evitar empenos e oscilações excessivas, entre vigas colocam-se, entalhados, os «tarugos». Estas peças de secção igual aos vigamentos, são colocadas, geralmente, a meio do vão, de baixo para cima, apertadas e pregadas. A sua localização prende-se com a necessidade de promover um impulso para cima na estrutura no centro do

¹⁹⁴ APPLETON, João (2003) – Ob. Cit., p. 35.

¹⁹⁵ Cf. APPLETON, João (2000) – Ob. Cit., p. 37.

espaço, que constitui a zona mais frágil.

O Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)¹⁹⁶ define 0,16x0,08m como secção mínima para barrotes de um pavimento e um afastamento entre eixos não superior a 0,40m. Ainda, recomenda o uso de tarugos em vãos superiores a 2,5m. Este normativo tentava evitar estruturas de pavimento demasiado ligeiras e esbeltas que podiam por em causa a segurança estrutural.



Figura 34. Vista inferior de estrutura de pavimento.

O encaixe dos barrotes nas paredes é, correntemente, feito de modo bastante simples com um simples encastramento e abertura nas paredes. Para estes casos, o RGEU determina que os topos das vigas das estruturas dos pavimentos ou coberturas, introduzidas nas paredes de alvenaria, devem ser protegidos com induto ou revestimento apropriado que impeçam o seu apodrecimento¹⁹⁷.

Contudo, por vezes esta abertura é reforçada com uma pedra sob a madeira ou com uma caixa executada em tijolo cozido. Também são visíveis barrotes encastrados longitudinalmente no paramento – a peça de «frechal» - onde apoiam os outros perpendicularmente. Estas peças possuem, por norma, 0,10x0,10m. Os vários «frechais» ligam-se entre si à «meia-madeira» e de «malhete»¹⁹⁸. Desta forma, evita-se que uma pressão pontual excessiva ponha em causa a estabilidade da alvenaria,

¹⁹⁶ Cf. RGEU – DECRETO-LEI n.º 38 382., artigo 37.º

¹⁹⁷ Cf. Idem, artigo 40.º

¹⁹⁸ COSTA, F. Pereira – Ob. Cit., Caderno 7, p. 4.

funcionando o «frechal» como distribuidor das cargas por uma área maior. Ainda, uma boa ligação das peças de «frechal» faz com que o pavimento funcione como um conjunto.

Sobre os vigamentos é pregado o soalho que é constituído por tábuas com 0,02m de espessura média e largura variável que depende muito do tipo de encaixe adotado e da qualidade construtiva. No chamado soalho «à portuguesa» as tábuas possuem larguras entre os 0,14 e os 0,22m, enquanto no «à inglesa» as tábuas possuem 0,10m.

As junções destas tábuas umas às outras podem ser por simples encosto, mas também pode adotar soluções mais perfeitas em «meio-fio». Este sistema consiste na execução de uns dentes nas tábuas até meia espessura, que constitui uma junta rebaixada designada correntemente por “meia madeira”, promovendo o encaixe de umas nas outras. Pode ser feito de duas maneiras. Uma delas consiste em executar os dentes de modo diferente nas tábuas, sendo que umas são as de «espera» e as outras de «cobrir»¹⁹⁹ (Fig.35a). As primeiras ficam com os dentes por baixo e as outras assentam por cima. Neste sistema depois de pregada a tábua de baixo, coloca-se a de cima, pregando novamente. Outro modo de encaixe de soalho a «meio-fio» consiste em fazer o rebaixo e o dente de encaixe em cada lado da mesma tábua, sendo que cada tábua assenta sobre a outra do lado (Fig.35b).

Também pode ser utilizado o referido soalho «à inglesa» e consiste no sistema «macho-fêmea» (Fig.35c). Em cada tábua é feito um dente a meio da espessura, com um terço da espessura total, que encaixa numa ranhura. Num lado da tábua é feito o dente e do outro lado abre-se a ranhura. Neste caso, o prego é colocado sobre o macho, antes do encaixe da tábua seguinte.

Por vezes, o forro superior é substituído por tijoleiras retangulares de pouca espessura. Neste caso, o afastamento entre barrotes é inferior, possuindo cerca de 0,15/0,20m e sobre a primeira camada de tijoleira é colocada uma segunda na posição contrária, de forma a reforçar o pavimento.

¹⁹⁹ Idem, p.10.

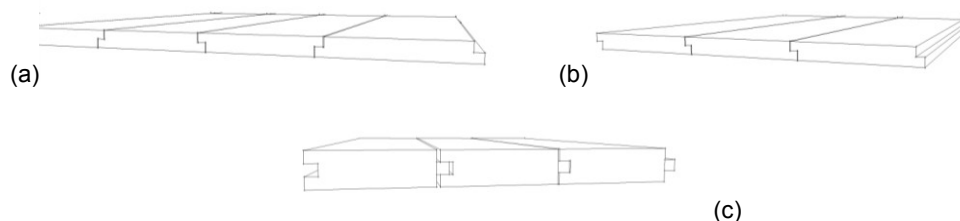


Figura 35. Sistemas de encaixe do soalho – «meio-fio» (a e b) e «macho-fêmea» (c).

Uma forma interessante de executar um pavimento é descrito na revista *Construção Moderna* e servia “para vigar um espaço grande e não se disponha senão de madeira curtas”²⁰⁰. Conforme se representa na figura 36 para vencer um vão maior do que o vigamento que se possui usa-se um sistema que consiste em reduzir o vão suportando a viga na parede e numa outra viga disposta perpendicularmente. Procede-se do mesmo modo para os quatro lados e divide-se depois cada espaço com elementos mais pequenos encaixados nas vigas principais e na parede ou num «frechal». Para o quadrado central faz-se a mesma divisão e encaixes.

A construção mais popular não conhece o uso da madeira em pavimentos térreos. Contudo, alguns edifícios de habitação de arquitetura mais erudita e os edifícios públicos como, por exemplo, as escolas utilizaram pavimentos de madeira em pisos térreos. Contudo, estes pavimentos são sempre elevados do solo sobre uma caixa-de-ar que é sempre ventilada transversalmente.

²⁰⁰ «Construção Moderna», agosto de 1900, Ano I, n.º22.

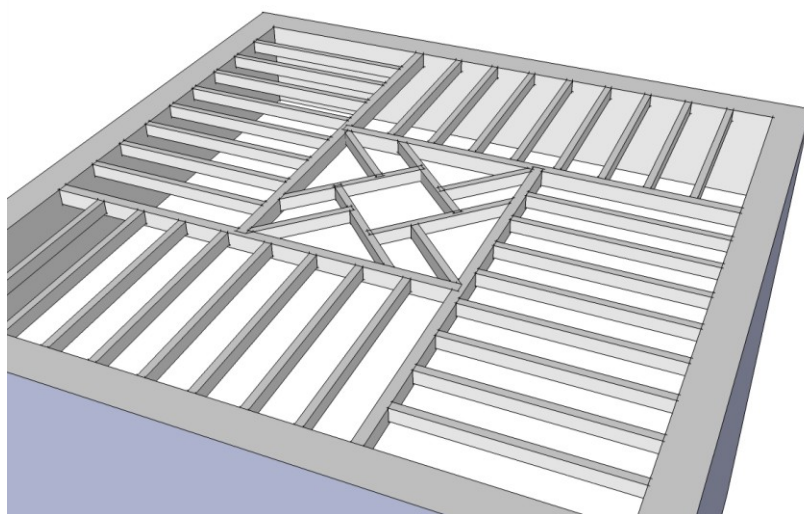


Figura 36. Estrutura de pavimento.

4.7 ANÁLISE AOS PRINCIPAIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS E SUA ADEQUAÇÃO ÀS EXIGÊNCIAS NORMATIVAS

Os sistemas construtivos que se identificaram assumiram um papel importante na construção do património edificado em Portugal, não só nas áreas urbanas mas também em zonas rurais. O estado de degradação de muitas das construções identificadas denuncia o abandono a que este património tem sido votado. No entanto, é interessante verificar que as construções permanecem razoavelmente conservadas, ainda que sobre estas não tenha havido nenhum cuidado especial, o que revela a sua qualidade construtiva.

A observação de algumas intervenções permite concluir que estas estruturas de paredes, pavimentos e coberturas são substituídos por soluções diferentes que, na maior parte das vezes, se revelam incompatíveis. Importa perceber a razão de se alterarem os sistemas construtivos. Por um lado, faltam executores com capacidade para dar resposta a obras de conservação e reparação de estruturas de madeira. Por

outro, vendem-se soluções em tijolo e betão como a resolução para os problemas construtivos que algumas situações apresentam.

Se nas intervenções nas coberturas se assiste a um ressurgir da substituição pontual de elementos degradados, as paredes exteriores são frequentemente substituídas por tijolo furado e as interiores por soluções em gesso cartonado. Estas opções podem também resultar da falta de adequação de algumas das soluções construtivas às exigências normativas atuais. Procurou-se, assim, caracterizar as estruturas no que diz respeito aos coeficientes de transmissão térmica, ao isolamento aos sons aéreos e na reação ao fogo.

O coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa²⁰¹, por isso importa conhecer os valores deste parâmetro para as diferentes soluções construtivas.

Algumas soluções não se encontram tabeladas, pelo que se tentou calcular os coeficientes de transmissão térmica (U) com base nos melhores dados das publicações que o LNEC elaborou para o efeito²⁰².

Para a solução construtiva com revestimento em materiais vegetais, não se conhecem dados para determinar o referido coeficiente. Contudo, o colmo deve apresentar um bom desempenho neste domínio. Na Alemanha e na Áustria, o valor da condutibilidade térmica da palha é de $0,045\text{W/m}\cdot\text{°C}$ ²⁰³, o que equivale a um isolamento térmico nos termos do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos

²⁰¹ Cf. DECRETO-LEI n.º 118/2013. «D.R. I A Série» 159 (20.08.2013) 4988-5005, artigo 2.º.

²⁰² Cf. SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís, Ob. Cit. e SANTOS, Carlos A. Pina dos; RODRIGUES, Rodrigo – Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios: Soluções construtivas de edifícios antigos: Soluções construtivas das Regiões Autónomas (ITE 54). Lisboa: LNEC, 2009.

²⁰³ Cf. PINTO, Catarina; CARDOSO, Eduardo – Construção Ecológica com Fardos de Palha, Jornadas LNEC: Lisboa, 2012, p.2. [online] [disponível na Internet via <http://jornadas2012.lnec.pt/>], consultado em 23 de julho de 2012, p.2.

Edifícios²⁰⁴. Desta forma, se juntarmos, um revestimento interior em argamassa à base de cal com 2cm, concluiu-se que o coeficiente (U) desta solução construtiva é 0,94 W/(m².°C) (Quadro2). Este tipo de construção situa-se no litoral português ou seja numa zona climática de inverno I1²⁰⁵, pelo que o coeficiente máximo (U) para elementos exteriores em zonas opacas verticais (paredes) é 1,75 W/(m².°C).

Quadro 2. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com revestimento em materiais vegetais

Madeira revestida com materiais vegetais (parede exterior)

ext.	Camada	λ (ver tab.) W/(m.°C)	espessura (m)	R (m ² .°C)/W
	Palha	0,045	0,04	0,89
	Estrutura primária (madeira e canas)	-	-	-
	Reboco de cal e areia (ITE 50)	0,80	0,02	0,03

int.

Rse - Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)	0,04
Rsi - Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)	0,13

Totais

1,06

$$U = \boxed{0,94} \text{ W/(m}^2\text{.°C)}$$

em que λ é a condutibilidade térmica do material, R a resistência da camada ($R=esp/\lambda$) e U é o Coeficiente de Transmissão Térmica ($U= 1/\sum R$)

NOTA: A estrutura primária de madeira e canas horizontais não é considerada neste cálculo, uma vez que não constitui uma camada homogénea.

No caso das estruturas com revestimento a tabuado, o desempenho em termos de comportamento térmico é muito inferior à solução anterior, não respeitando os mínimos definidos (Quadro 3). Neste caso, o coeficiente ficará dependente da densidade da madeira e da espessura do tabuado. Não é de estranhar que esta solução fique aquém da anterior, uma vez que estas paredes são constituídas apenas por um tabuado de

²⁰⁴ Isolante térmico é o material de condutibilidade térmica inferior a 0,065 W/(m.°C), ou cuja resistência térmica é superior a 0,30 (m².°C)/W. Cf. SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís, Ob. Cit., p.3.

²⁰⁵ Nos termos do Regulamento de Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, o país divide-se em três zonas de Inverno (I1, I2, I3). Zona Climática I1 corresponde ao sul e alguns concelhos da faixa litoral centro/norte. Cf. DESPACHO n.º 15793-F/2013 «D.R. II Série» 234 (03.12.2013) 35088(26)-35088(31).

madeira, justaposto, que até apresenta fissuras, que são tapadas por outras peças, mas que não evitam a transmissão de calor entre o interior e o exterior dos espaços.

Quadro 3. Cálculo do valor do Coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com revestimento em tabuado

Madeira com revestimento em tabuado (parede exterior)				
ext.	Camada	λ (ver tab.) W/(m.°C)	espessura (m)	R (m2.°C)/W
	placa de madeira semi-densa (ITE 50)	0,18	0,02	0,11
int.				
	Rse - Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)			0,04
	Rsi - Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)			0,13
Totais				0,28
		$U = 3,56 \text{ W/(m2.°C)}$		

em que λ é a condutibilidade térmica do material, R a resistência da camada ($R = \text{esp}/\lambda$) e U é o Coeficiente de Transmissão Térmica ($U = 1/\sum R$)

NOTA: A estrutura primária de madeira não é considerada neste cálculo, uma vez que não constitui uma camada homogénea.

Também se calculou o coeficiente de transmissão térmica para as paredes com enchimento em argamassa de terra e de cal (Quadros 4 e 5). Os revestimentos exteriores destas soluções podem ser ardósias ou chapas de fibrocimento, que devido à sua baixa espessura não apresentam resistência significativa à transmissão de calor. A chapa de fibrocimento apresenta um valor de condutibilidade térmica de $0,65 \text{ W/(m.°C)}$, que é inferior à ardósia, contudo não o suficiente para que estes sistemas construtivos fiquem dentro de valores aceitáveis para cumprimento do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios²⁰⁶.

²⁰⁶ Cf. PORTARIA N.º 349-B/2013 «D.R. I Série» 232 (29.11.2013) 6624(18)-6624-(29).

Quadro 4. Cálculo do valor do Coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de terra

Madeira com enchimento em argamassa de terra (parede exterior)

Ext	Camada	λ (ver tab.) W/(m.°C)	espessura (m)	R (m2.°C)/W
	placas de ardósia (ITE50)	2,2	0,006	0,003
	enchimento de terra (ITE50)	1,10	0,10	0,09
	reboco de cal e areia (ITE50)	0,80	0,02	0,03

In

Rse - Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)	0,04
Rsi - Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)	0,13

Totais

0,29

$$U = \boxed{3,46} \text{ W/(m2.°C)}$$

em que λ é a condutibilidade térmica do material, R a resistência da camada ($R = \text{esp}/\lambda$) e U é o Coeficiente de Transmissão Térmica ($U = 1/\sum R$)

NOTA: A estrutura primária de madeira não é considerada neste cálculo, uma vez que não constitui uma camada homogénea.

Quadro 5. Cálculo do valor do Coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de cal

Madeira com enchimento em argamassa de cal (parede exterior)

Ext	Camada	λ (ver tab.) W/(m.°C)	Espessura (m)	Ri (m2.°C)/W
	placas de ardósia (ITE50)	0,20	0,006	0,003
	enchimento de argamassa de cal (ITE50)	0,80	0,10	0,13
	reboco de cal e areia (ITE50)	0,80	0,102	0,03

In

Rse - Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)	0,04
Rsi - Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)	0,13

Totais

0,32

$$U = \boxed{3,10} \text{ W/(m2.°C)}$$

em que λ é a condutibilidade térmica do material, R a resistência da camada ($R = \text{esp}/\lambda$) e U é o Coeficiente de Transmissão Térmica ($U = 1/\sum R$)

NOTA: A estrutura primária de madeira não é considerada neste cálculo, uma vez que não constitui uma camada homogénea.

Recentes investigações desenvolvidas pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro²⁰⁷ calcularam o coeficiente de transmissão térmica para uma parede de madeira com revestimento em argamassa de cal em 3,14 (W/m².°C). No caso das paredes que combinam estruturas de madeira com alvenarias de pedra e tijolo, os coeficientes podem ser calculados com base na alvenaria que serve de enchimento. Assim, caso de trate de uma alvenaria de calcário, o valor U é 2,30 (W/m².°C)²⁰⁸. Se o enchimento for uma alvenaria de tijolo maciço, o valor de U seria 2 (W/m².°C)²⁰⁹.

Estes dados atestam a necessidade de estes sistemas construtivos sofrerem uma atualização e melhoria no que diz respeito ao comportamento térmico. Também no que diz respeito ao isolamento acústico, apesar de não haver valores tabelados para estas soluções, pode-se concluir que a falta de massa de algumas soluções não contribui para um bom desempenho neste domínio. Para este aspeto foram calculados os valores de redução da transmissão sonora de elementos de compartimentação homogéneos em função da sua massa superficial (Fig.37)²¹⁰.

Da análise ao quadro 6 e enquadrando no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios²¹¹, verifica-se que algumas soluções se aproximam dos valores mínimos regulamentares, contudo não respeitam os limites definidos para habitação. Deste modo, também neste domínio estas soluções construtivas têm que ser melhoradas para conforto na utilização dos espaços.

²⁰⁷ Cf. Pinto, Jorge; et al – Caracterização de Paredes Tradicionais de Tabique in: Paredes Divisórias: Passado, presente e futuro, P.B. Lourenço et al., Ed. Universidade do Minho, Porto, junho 2011, p.31.

²⁰⁸ Cf. SANTOS, Carlos A. Pina (ITE54), quadro I.7.2., p. I.27.

²⁰⁹ Cf. Idem, quadro I.10.2., p. I.37.

²¹⁰ Cf. PATRICIO, Jorge –Acústica em Edifícios. Lisboa: VERLAG DASHOFER, 2008, p.82.

²¹¹ DECRETO-LEI n.º 129/2002. «D.R. I A Série» 109 (11.05.2002) 4421-4428.

Quadro 6. Quadro resumo do cálculo da redução da transmissão sonora de elementos de compartimentação homogéneos, simples, em função da sua massa superficial

Sistema construtivo	Massa volúmica aparente seca ²¹² (Kg/m ³)	Espessura (m)	Massa superficial (kg/m ²) ²¹³	Índice de redução sonora a sons aéreos (dB)
Revestimento com tabuado (madeira semi-densa)	650	0,02	13	27
Madeira com enchimento em argamassa cal/ terra (+2cm de reboco em cada lado)	1600-2000 + 1600 (x2)	0,10 + 0,02 (x2)	160-200 + 32 (x2) = 224-264	46-48
Madeira com enchimento em alvenaria tijolo maciço/pedra calcária (+2cm de reboco em cada lado)	2000 + 1600 (x2)	0,12 + 0,02 (x2)	240 + 32 (x2) = 304	49

NOTA: Não foram calculados estes dados para os sistemas construtivos em que as camadas de materiais não são homogéneas, caso do sistema de revestimento em argamassa que fica intercalada com as peças trapezoidais em madeira.

Apesar disto, as paredes com enchimento em alvenaria de tijolo ou pedra aproximam-se dos valores mínimos, sendo que dependendo da localização na envolvente do edifício e da área onde se localize o edifício (urbana ou rural) estas podem satisfazer as necessidades de isolamento a sons aéreos. Contudo, desconhece-se o comportamento destas paredes no que diz respeito à transmissão de sons por percussão.

²¹² Dados retirados do ITE 50.

²¹³ Massa superficial = massa volúmica x espessura da solução construtiva (m)

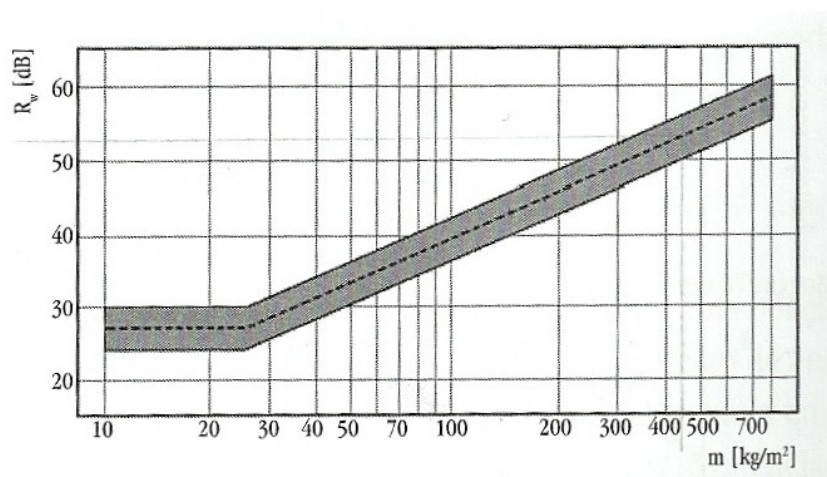


Figura 37. Redução da transmissão sonora de elementos de compartimentação homogéneos, simples, em função da sua massa superficial²¹⁴ em R_w é o coeficiente de redução e m é a massa superficial da parede.

As soluções de reforço para melhorar o conforto térmico dos espaços também influenciarão o desempenho da parede em relação ao isolamento acústico, pelo que estes dois fatores devem ser avaliados em conjunto.

Por último, surgem as preocupações com a resistência ao fogo destes sistemas construtivos. Quando o revestimento é um tabuado de madeira maciça a classe de reação ao fogo é D-s2,d0²¹⁵. Os que apresentam revestimentos em argamassa possuem um desempenho superior na resistência ao fogo, uma vez que as argamassas com ligantes inorgânicos estão incluídas na classe A1 (material não combustível)²¹⁶. Contudo, e apesar dos revestimentos em argamassa constituírem uma barreira à propagação do fogo, a sua espessura é muito reduzida, e a estrutura interna é madeira, que apresenta classificação D-s2,d0.

No caso da solução construtiva que apresenta alvenarias de tijolo ou pedra, a sua resistência ao fogo também é superior, apesar dos prumos em madeira da estrutura

²¹⁴ PATRÍCIO, Jorge – Ob. Cit., p.82.

²¹⁵ Cf. SANTOS, Carlos A. Pina dos – Classificação europeia de reacção ao fogo dos produtos de construção (ITE 55). Lisboa: LNEC, 2011, p. I.11.

²¹⁶ Cf. Idem, p. I.5.

primária. Esta solução construtiva também possui argamassas de revestimento incluídas na classe europeia A1 (material não combustível)²¹⁷.

Já anteriormente se fez referência às características da madeira para apresentar uma boa resistência ao fogo. De facto, no que diz respeito à capacidade resistente e à baixa condutibilidade térmica a madeira apresenta alguma resistência em caso de incêndio. Contudo, a dimensão da secção do elemento é muito importante uma vez que o bom comportamento está dependente desta. Na maioria das situações registadas de paredes as secções da estrutura primária não ultrapassam os 0,10x0,12m, sendo que muitas rondam os 0,07x0,08m, o que não permite obter a margem de segurança para que parte do material possa ser consumido, sem que ocorram colapsos.

²¹⁷ Cf. *Ibidem*.

CAPÍTULO V – PRODUTOS TÉCNICOS DA MADEIRA

A utilização da madeira como material de construção é a melhor forma de garantir a sustentabilidade das áreas florestais, porque a preservação das florestas não pode ser conseguida apenas com recurso a medidas protecionistas. Efetivamente, a criação de reservas naturais, desligadas da função produtiva, tornará o material refém de apoios governamentais e, apesar do elevado valor ecológico paisagístico, estas representam uma ínfima parte das áreas florestais existentes. De facto, a mancha florestal nacional representa cerca de um terço do território, mas apenas uma pequena percentagem diz respeito a áreas não plantadas.

A produção florestal aciona a limpeza das matas, evitando incêndios e promovendo a segurança destas áreas, muitas vezes habitadas. Ainda, a utilização de madeira fomenta a criação de emprego local qualificado e especializado por via da plantação, recolha e transformação da matéria-prima. Esta questão torna-se fundamental para o mundo rural, evitando fenómenos de desertificação e de migração de indivíduos para as grandes urbes. Além disto, as árvores são sequestradoras de dióxido de carbono. Desta forma, a madeira é encarada como um material amigo do ambiente.

Com a escassez anunciada das energias fósseis, a madeira terá novamente um papel relevante na construção, enquanto matéria-prima renovável e a atividade florestal poderá vir a ganhar um novo impulso. Neste sentido, importa reforçar o uso da madeira, tanto na construção como na produção de mobiliário, para se conseguir um incremento da atividade florestal e justificar investimentos neste sector.

Por outro lado, o crescimento das árvores não pode ser acelerado e ainda que a produção possa ser aumentada por meio de repovoamentos florestais, não é possível abastecer com madeira maciça todas as necessidades, que têm claramente vindo a crescer. Atualmente, a madeira não chega a atingir as dimensões de outrora e quando atinge estes exemplares estão inseridos em reservas naturais onde lhes é permitido crescer, estando contudo o seu corte interdito. Por isto, e porque importa criar valor de mercado para o material, as árvores são cortadas com dimensões menores. Desta

forma, o surgimento de produtos que permitem utilizar ramos, lenhas e toros de pequeno diâmetro bem como desperdícios de madeira como aparas e serraduras das serrações, tem vindo a ser incentivado²¹⁸.

Aos produtos que resultam do aproveitamento e exploração da madeira através de um processo de fabrico controlado, dá-se o nome de Produtos Técnicos de Madeira (PTM) (Fig.38). A expressão resulta da tradução do inglês Engineered Wood Products (EWP) e designa um conjunto de produtos resultantes da junção de fragmentos de madeira e de um elemento que funciona como ligante.

A maior parte dos PTM conduz a um uso optimizado de recursos da floresta cultivada e pode ser fabricado com recurso a qualquer tipo de madeira, incluindo as que possuem menor qualidade como as resinosas de crescimento rápido. Estes dados promovem a reflexão sobre a necessidade de importar madeira e voltam a atenção para o aproveitamento dos recursos locais, evitando gastos desnecessários de energia em deslocações e transportes.



Figura 38. Produtos Técnicos de Madeira.

Para além do ligante, para melhorar o comportamento do material pode ser adicionado um aditivo como por exemplo um produto hidrófugo, ignífugo ou preservador. Alguns autores também inserem nos PTM a madeira com tratamento termo-higro-mecânico²¹⁹

²¹⁸ MORGADO, Telmo; et al – Bending and compression strength of Portuguese maritime fine small-diameter logs. *Forests Products Journal*. 54:5 (2009), p. 23-28.

²¹⁹ MORLIER, Pierre, *Produtos Técnicos à Base de Madeira* in *GECORPA - Estruturas de Madeira: Reabilitação e Inovação*. Lisboa: GECORPA, 2000, p. 138.

imposto à madeira maciça que modifica as suas características. Neste caso, a madeira não é transformada, mas apenas tratada para se tornar mais estável do ponto de vista dimensional e alegadamente possuir uma maior resistência à degradação causada por fungos de podridão. O processo consiste na modificação molecular da madeira, efetuado apenas com vapor de água e alta temperatura, com total ausência de produtos químicos.

Os PTM surgem da necessidade da indústria em aproveitar recursos florestais, devido à escassez de matéria-prima de qualidade, e fornecer produtos que ultrapassam algumas das limitações reconhecidas à madeira maciça. Estes conseguem ser mais homogéneos que a matéria-prima original, sendo as suas propriedades mais previsíveis.

Estes produtos poderão constituir um incentivo à continuidade da utilização de madeira na construção. Pela forma como se comportam, os PTM ajudam a desmistificar preconceitos de que a madeira não dá garantias de longevidade ou não possui características que se adequem a prestações mais exigentes. Efetivamente, estes podem mesmo possuir comportamentos superiores à madeira maciça.

Os PTM têm-se conseguido implementar no mercado ainda que timidamente quando se fala da construção corrente. Em obras com alguma dimensão, como os equipamentos de utilização coletiva, é visível que estes produtos têm tido aceitação por parte dos técnicos projetistas. A normalização que tem sido publicada para a produção destes materiais e sua correta utilização tem contribuído para isto.

Se a madeira se tornar um material escasso e de aplicação pontual, deixará progressivamente de ser utilizada, caindo em desuso e tornando qualquer intervenção demasiado onerosa. Se esta questão nunca se colocou na indústria do mobiliário que tem vindo a responder positivamente a novos desafios, na construção a madeira passou a ser utilizada apenas em grandes realizações ou em intervenções patrimoniais de grande valor histórico, tendo sido substituída na construção corrente por outros materiais.

Quando está em causa a substituição de elementos construtivos do património construído, a madeira é um material a considerar pelas inerentes questões de compatibilidade. De facto, para estas situações a madeira apresenta um desempenho

superior a outros materiais. Para além das questões relacionadas com a identidade física das construções, este material possui características para ser eleito como elemento que confere conforto ao interior do espaço, pelo seu comportamento ao nível térmico, de absorção sonora e na redução das transmissões sonoras por vibração.

Ainda, a utilização da madeira na construção quer por via da matéria-prima original quer dos seus derivados preserva a tradição da carpintaria e marcenaria. Estes ofícios têm sofrido com a quebra na utilização destes materiais, sendo que existe cada vez menos mão-de-obra qualificada, tornando-se necessário realizar algum investimento neste domínio.

Importa também salientar o valor de inovação na utilização dos produtos e subprodutos florestais onde o desenvolvimento técnico e o controlo de qualidade andam de mãos dadas²²⁰, afastando critérios empíricos na escolha dos materiais. De facto, a indústria tem sido capaz de resolver problemas relacionados com a prestação, a durabilidade e a manutenção que em tempo tinham sido razões para questionar a utilização de produtos de madeira na construção.

A madeira é um material com uma grande carga histórica e emocional pela importância que possuiu ao longo dos tempos. Contudo, mantém-se a ideia pré-concebida de que se usava madeira por não existir outra forma de executar, associada à habitação velha, com poucas condições de habitabilidade, em que a falta de recursos não permitia fazer melhor. Também, o facto das habitações em madeira serem comuns em países subdesenvolvidos tem ajudado a propagar a ideia de que é um material pobre.

Por outro lado, os PTM podem corresponder às expectativas de modernidade a que o cliente dá preferência. Com as suas superfícies monocromáticas e brilhantes, revestidas com melaminas, estes tornam a madeira num material livre de “defeitos” visuais que por vezes afastam os consumidores dos produtos. Desta forma, podem competir com outras soluções de revestimento, sendo exemplo disto os soalhos flutuantes, que têm tido bastante adesão.

Os PTM permitem produzir placas e vigas de dimensões específicas para a obra em causa ou a necessidade do cliente, que são independentes da forma ou dimensão da

²²⁰ BENEDETTI, Cristina – Timber Buildings low-energy constructions. Terni (IT): Bozen-Bolzano University Press, 2010, p.6.

madeira ou da árvore que serve de matéria-prima para produzir estes materiais. De facto, ao contrário do que acontecia na construção antiga, em que se procurava uma árvore que permitisse vencer aquele vão, com as vigas de madeira lamelada colada é possível desenhar estruturas de madeira para vencer vãos generosos, também com recurso a curvaturas que aumentam o pé-direito possível e embelezam o espaço.

As placas de derivados de madeira possuem maior estabilidade dimensional, uma vez que a estrutura cruzada das fibras limita as variações dimensionais no plano e reduz o grau de anisotropia relativamente à madeira maciça.

A forma de produção destes materiais faz com que se consigam elementos mais homogéneos no que diz respeito às propriedades mecânicas que variam muito de árvore para árvore quando se trata de madeira maciça. Quanto maior for o grau de transformação da estrutura lenhosa do tronco, menores serão as partículas para produção e menor é a variabilidade das propriedades da peça. Por exemplo, o coeficiente de variação das propriedades mecânicas no contraplacado de fibras é apenas de 5 a 10%. Na madeira maciça varia entre os 15 e os 40%²²¹.

Por outro lado, a resistência mecânica diminui numa relação direta com a dimensão dos constituintes do material, com exceção para as placas de elevada massa volúmica, como é o caso do produto que utiliza o cimento como ligante.

Por fim, a produção de PTM permite aproveitar grande parte dos desperdícios lenhosos da serração, por exemplo para preparação de tábuas ou vigas e ainda utilizar a casca, reduzindo o desperdício. Os produtos como as placas de aglomerado de partículas de madeira longa e orientadas (OSB) e a madeira microlamelada colada (LVL) permitem a utilização de espécies lenhosas com baixo ou mesmo nenhum valor comercial.²²²

²²¹ MACHADO, José Saporiti – Placas de derivados de madeira. Tipos de placas e sua especificação. Lisboa: LNEC, 2005, p. 2

²²² SMULSKI, Stephen – Engineered Wood Products: A Guide for specifiers, designers and users. Wisconsin: PFS Research Foundation, 1997, p.4.

5.1 BREVE EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PTM

O primeiro registo da utilização de folhas de madeira laminadas coladas surgiu em objetos decorativos e mobiliário no Egito há 3500 anos²²³. Mas o contraplacado com a forma atual foi apresentado em 1905 no Oregon, nos Estados Unidos da América, e, desde essa altura, foi largamente utilizado na execução de portas e mobiliário, uma vez que a grande dimensão e a estabilidade dimensional da placa se adequavam a estes elementos. As folhas para a produção de contraplacado foram, de início, serradas manualmente. Mas, em 1818 foi patenteada a primeira serra elétrica para a produção de folhas de madeira²²⁴. Em 1934, uma resina à prova de água foi produzida permitindo a produção deste material para utilizações no exterior.

Em 1933 foi criada uma associação para a promoção e expansão do uso do contraplacado. Contudo, e apesar de ter alcançado alguma expansão durante a década de 50 quando ocorreu um súbito crescimento na construção de habitações unifamiliares, este material não foi aceite sem alguma relutância porque absorvia humidade, degradando-se muito por inchamento e/ou delaminação.

A madeira lamelada colada é outro dos materiais mais antigos realizados com base em madeira. Esta foi utilizada pela primeira vez na construção de um auditório em Basel na Suíça em 1893²²⁵. No início do século XX, com o surgimento das colas orgânicas de grande resistência, este produto conseguiu um outro impulso para o seu uso na construção civil²²⁶. Em 1934, foi utilizado na construção dos arcos do edifício do Forest Products Laboratory, em Madison, no estado de Wisconsin nos EUA.

Durante a Segunda Grande Guerra, a necessidade de executar grandes naves de edifícios militares levou a que se registasse um interesse crescente na madeira lamelada colada. Com o desenvolvimento de resinas adesivas sintéticas, durante a década de 40 do século XX, a madeira lamelada colada passou a ser utilizada no exterior. O estabelecimento de normas para a comercialização dos produtos para a

²²³ Idem, p.2-41.

²²⁴ THOEMEN, Heiko et al – Wood-based panels: An introduction for specialists. London: Brunel University Press / COST, 2010, p. 85.

²²⁵ SMULSKI, Stephen – Ob. Cit., p. 1-5.

²²⁶ www.imowood.pt

construção fez com que este material ganhasse novo impulso.

A madeira microlamelada colada (LVL) apareceu em 1968 pelas mãos da Trus Joist Corporation²²⁷. Na Europa, a madeira microlamelada colada foi produzida pela primeira vez na Finlândia em 1975 utilizando madeira de Espruce. Este material não utiliza a primeira camada de madeira do tronco, uma vez que este não é perfeitamente cilíndrico. Por isso, foi desenvolvido outro material para utilizar estas fibras que são as mais fortes, denominado de Parallel Strand Lumber (PSL). Em 1990, o Laminated Strand Lumber (LSL), um produto também à base de flocos foi apresentado como o PTM mais eficiente uma vez que utilizava 75% do tronco, sendo o seu grau de desperdício muito reduzido, se comparado com outros materiais da mesma família.

O OSB tem tido um papel fundamental como painel estrutural na construção. O primeiro OSB foi desenvolvido com base numa patente que data de 1935. Contudo, apenas em 1965 é produzido pela primeira vez. O OSB deriva do *Waferboard* que resultou da tentativa de James d'Arcy Clarke, em meados do século XX, de utilizar espécies sem valor comercial do Nordeste dos EUA.

Na Europa apareceu apenas em 1978. Contudo, existem neste continente 15 fábricas com capacidade para produzir 4 milhões de m³ por ano²²⁸. Atualmente, 70% do OSB produzido é usado na construção civil. As normas para as placas estruturais de madeira foram desenvolvidas em finais da década de 70 e inícios da década de 80 do século passado pela American Plywood Association. A placa de aglomerado de partículas é originária da Alemanha, onde a primeira referência é de 1887.

Os primeiros aglomerados de fibras de madeira brandos apareceram em 1898, em Inglaterra. O processo de fabrico deste material era semelhante ao fabrico do papel, sendo produzido a partir de um colchão de fibras por via húmida. Da mesma forma são obtidas as placas de fibras de madeira duras. Este processo origina grandes quantidades de águas residuais que é preciso tratar. Em 1914 apareceram os aglomerados de fibras brandas com propriedades isolantes.

Os processos de produção dos aglomerados de fibras por via seca foram desenvolvidos em 1950. A primeira produção deste tipo deu origem ao MDF e foi realizada no Deposit,

²²⁷ SMULSKI, Stephen – Ob. Cit., p. 6-149.

²²⁸ THOEMEN, Heiko; et al – Ob. Cit., p. 55.

nos Estados Unidos da América, em 1965. Na Europa, a primeira fábrica de MDF surgiu em 1973 na República Democrática da Alemanha.

No início do século XX, experimentaram-se painéis para paredes que combinam mais que um material. As primeiras utilizações deste tipo podem ser encontradas na década de 30 do século XX em habitações desenhadas pelo arquiteto Frank Lloyd Wright, numa tentativa de conseguir alcançar “beleza e simplicidade” em construções de baixo custo²²⁹. Todavia, estes produtos não possuíam características de isolamento. Em 1950, Alden B. Dow desenvolveu um painel estrutural com contraplacado nas faces e isolamento no interior, utilizando este material na cobertura de algumas habitações. Atualmente, estes produtos estão muito desenvolvidos na indústria da pré-fabricação e tornam a obra mais económica e célere.

A revista *Construção Moderna*²³⁰ regista a produção, no início do século XX nos Estados Unidos da América, de Pasta de Papel como “Madeira artificial” composta de celulose e amido. Esta mistura é cozida e, depois de adicionada serradura, é colocada em moldes de ferro que são arrefecidos. Este material podia ser trabalhado como a madeira, sendo serrado, aplainado ou limado.

Nas últimas décadas, o conceito de PTM tornou-se uma bandeira para relançar a madeira na construção, principalmente na América do Norte, mas também nas regiões vizinhas do Pacífico. A atenção dada a estes produtos é uma tentativa de inverter a tendência predominante do mercado para utilizar materiais como o betão ou o aço que se foram impondo por apresentarem características expectáveis e aceites pela população em geral como materiais com uma duração muito elevada e com poucas necessidades de manutenção.

Em Portugal, timidamente desde 1998, data da construção do Pavilhão Atlântico, o mercado tem acolhido propostas de utilização de Produtos Técnicos da Madeira em estruturas. Este equipamento despoletou o interesse nas estruturas lameladas/coladas. Talvez na sequência do êxito desta obra foi inaugurada, em 2003, uma fábrica em

²²⁹ Structural Insulated Panels (SIPS) in MORLEY, Michael – Building with Structural Insulated Panels: Strength and Energy Efficiency Through Structural Panel Construction. Newtown (USA): The Taunton Press, 2000, p. 8.

²³⁰ «Construção Moderna», 1905, n.º 156, p. 288.

Portugal de lamelados-colados, utilizando madeira de Espruce importada²³¹.

Mais recentemente têm surgido produtos que combinam a madeira com o cimento ou o plástico e têm sido feitos esforços para que estes materiais possam ser usados na construção. A reduzida quantidade de matéria-prima com apetência para a função estrutural, a crescente preocupação com as questões estruturais e ambientais e com a aparência dos materiais têm potenciado o aparecimento de diferentes produtos que respondam às necessidades do mercado. Muitos destes têm melhorado a construção quer em termos de segurança estrutural mas também em eficiência construtiva, minimizando gastos energéticos.

Ainda, importa salientar que estes produtos vêm permitir a utilização de uma grande variedade de espécies de madeira, e mesmo a mistura de várias espécies, o que permitirá o crescimento dos recursos disponíveis para diferentes utilizações.

Uma fileira importante desta indústria surge com a utilização de madeira reciclada. Muitos fabricantes usam esta madeira de forma a reduzir custos porque esta está mais seca que a nova, acabada de cortar, e desta forma poupa-se muita energia durante a secagem. Também surgem materiais resultantes da utilização de produtos agrícolas e resíduos vegetais das explorações agrícolas. Da utilização de resíduos de girassol ou trigo misturados com uma resina biológica feita a partir de soja²³², surgem placas com cromatismos interessantes entre o dourado da palha do trigo e veios pretos das cascas de sementes de girassol. Contudo, julga-se que ainda há muito caminho a percorrer neste domínio, uma vez que ainda não existe uma cultura de reutilização dos materiais.

5.2 OS PRINCIPAIS PRODUTOS TÉCNICOS DA MADEIRA

Como foi referido, os PTM englobam um conjunto de materiais que têm na sua génese o aproveitamento da madeira potenciando as mais-valias, contrariando as maiores debilidades e elaborados segundo sistemas de normalização que tornam expectável o

²³¹ MACHADO, José Saporiti – Evolução recente em Portugal do Mercado de Produtos Lenhosos para a construção. In Atas do 5.º Congresso Florestal Nacional, Viseu, Instituto Politécnico, 16 a 19 de maio.

²³² OLIVEIRA, Pedro Paulo – A pensar no meio ambiente. In *Arquitectura e Vida*, n.º 76 (2004), p.77.

comportamento do produto e o direcionam para uma função.

Os diferentes materiais que se conseguem produzir resultam, em primeiro lugar, do modo como é desagregado o material lenhoso retirado do tronco da árvore. Assim, a árvore pode ser transformada em tábuas, folhas, partículas, flocos ou fibras, mais pequenas e mais finas.

Seguindo a classificação dos principais grupos de placas de derivados, proposta por Machado²³³ a desagregação da madeira pode resultar de serragem, desenrolamento, destroçamento, grosseiro ou fino, e desfibramento. Da serragem do toro resultam placas de madeira maciça, que são posteriormente coladas. Do desenrolamento resultam folhas para o contraplacado ou compostas por microlamelas coladas entre si. Do destroçamento surge o OSB e os aglomerados de partículas de madeira e do desfibramento resultam os aglomerados de fibras (Quadro 7).

Quadro 7. Dimensões do material lenhoso retirado do tronco para a produção de PTM

Dimensão do material	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	PTM (designação)
Tábuas	80/120	150/500	40/50	Placas de madeira maciça colada Lamelado Colado CLT
Folhas de madeira	-	-	2/4 2,5/5	Contraplacado Placa microlamelada colada
Flocos ou Lascas	5/50	50/75	0,5	Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas
Estilha	-	10/30	0,2/0,3	Aglomerado de partículas CBPB
Fibras	-	-	≥ 1,5	Aglomerado de fibras
Serradura	-	-	<1,5	Compósito de madeira com plástico

Os produtos que se descrevem de seguida não pretendem constituir uma listagem exaustiva de todos os materiais disponíveis no mercado nacional e internacional. O que se deseja é enumerar os principais materiais que possuem valor para a indústria da

²³³ MACHADO, José Saporiti (2005) – Ob. Cit., p.1.

construção, seja para elementos estruturais ou não estruturais, revestimento, isolamento ou mobiliário, entre outros.

5.2.1 Placas de madeira maciça (SWP)

As placas de madeira maciça (SWP) resultam da colagem de réguas de madeira maciça. Podem ser fabricadas em unicamada, caso em que as réguas são coladas lado a lado ou em multicamada em que, além das réguas lado a lado, são coladas mais que uma camada face com face. As réguas podem ser ligadas por juntas denteadas coladas que permite executar elementos com grande comprimento. No caso das placas multicamadas, as réguas da camada do meio dispõem-se perpendicularmente às da face exterior.

Este produto pode ser feito com diversas espécies de Resinosas e Folhosas e as suas características aproximam-se da madeira utilizada no fabrico deste material, nomeadamente, a aparência e a trabalhabilidade. Também a massa volúmica do material e os valores para a condutibilidade térmica, o isolamento acústico ou a classe de reação ao fogo são os mesmos que a da madeira que é utilizada na produção da placa. Desta forma, uma placa produzida com uma madeira com uma massa volúmica de 500kg/m^3 , apresenta valores de condutibilidade térmica de $0,13\text{ [W/(m}\cdot\text{°C)]}^{234}$ e uma classe de reação ao fogo D-s2,d0²³⁵.

Contudo, existem algumas exceções, porque a disposição dos elementos em réguas com prévia seleção das secções mais favoráveis permite obter elementos com características superiores aos que se obteriam com uma peça maciça de madeira com igual secção, sendo a resistência e o módulo de elasticidade melhorados.

A indústria produz este material obedecendo à normalização europeia com características indicadas para uso em diferentes situações que incluem três classes de qualidade para ambientes secos, húmidos ou aplicações no exterior.

Para fins estruturais existe a norma EN 12369-3:2008 que permite o dimensionamento

²³⁴ SANTOS, Carlos A. Pina (ITE 50) – Ob. Cit., p.1.7.

²³⁵ SANTOS, Carlos A. Pina (ITE 55) – Ob. Cit., p. 1.7.

segundo o Eurocódigo 5²³⁶. Neste caso, utilizam-se placas multicamadas não sendo indicada a utilização de placas constituídas por uma única camada.

É um material que reúne características óptimas para substituir a madeira maciça em elementos não estruturais. Este é utilizado, por exemplo, na execução de régua de soalho, em que se usa o sistema multicamada, em que as duas camadas exteriores, superior e inferior, são uma peça única e a alma da peça é conseguida através da junção de vários elementos (Fig.39). Tem sido também utilizado em cofragens e caixilharia. É comercializado em placas de 5000x1200mm e com espessuras que variam entre os 14 e 60mm.



Figura 39. Régua de SWP para soalhos.

Em 2000, surgiu na Europa um material, que deriva deste, em que as folhas de madeira são coladas em duas direções distintas, cruzadas, melhorando a estabilidade dimensional que recebe o nome de *Cross Laminated Timber* (CLT). Este material é produzido tendo em vista a utilização para fins estruturais.

Os painéis maciços de madeira lamelada colada cruzada são um sistema construtivo que tem alcançado alguma visibilidade na Europa na construção nova, mas também em reabilitações. Nestes casos, o CLT constitui um elemento monolítico, capaz de executar de uma só vez paredes, pavimentos ou coberturas, acumulando funções estruturais, de compartimentação e de revestimento. Os painéis já possuem as aberturas para os vãos, quando são transportados para a obra.

²³⁶ MACHADO, José Saporiti (2005) – Ob. Cit., p.9.

5.2.2 Contraplacado (PW)

O contraplacado (PW) é uma placa que é constituída pela colagem de várias folhas de madeira dispostas com os fios cruzados (Fig.40). Normalmente, em número ímpar, a primeira e a última lâmina (superior e inferior) possuem as fibras na mesma direcção, o que garante a simetria das placas. Após a disposição das camadas de folhas de madeira estas são coladas sobre pressão através da aplicação de resinas termoenduráveis, que podem ser de ureia-formaldeído (UF) para placas para uso em ambiente interior seco. Outras resinas como as de melamina-ureia-formaldeído (MUF) e de fenol-formaldeído (PF) podem ser usadas, respetivamente, para ambientes interiores húmidos e exteriores.



Figura 40. Placa de contraplacado.

O sistema de produção de laminação cruzada confere uma maior estabilidade dimensional, rigidez e resistência, tornando a peça menos suscetível à fissuração. Por exemplo, se na madeira maciça “a existência de um nó na superfície implica a propagação negativa da sua presença às camadas internas da madeira, no caso do contraplacado o efeito do nó fica limitado somente àquela folha que o constitui.”²³⁷ A NP EN 636:2010 estabelece um sistema de classificação baseado nas propriedades à flexão do material e independente de outras características.

Além do contraplacado comum, este pode ser lamelado ou laminado que se prende

²³⁷ Idem, p. 14.

com a utilização de réguas de madeira, na alma da peça, que possuem espessuras diferentes das camadas exteriores. No primeiro caso, as réguas possuem entre 7 a 30mm e são dispostas deitadas, ou seja, com a dimensão maior no plano horizontal da peça. No segundo caso, as réguas são dispostas ao alto, ou seja, perpendicularmente à peça, e não possuem espessuras superiores a 7mm.

É um material que apresenta uma massa volúmica entre os 400 e os 700 kg/m³ que pode ser produzido com espécies como a Afzélia, Carvalho, Castanho, Cerejeira, Eucalipto, Faia, Câmbala, Mogno, Pinho ou Tola.

A massa volúmica da madeira que é utilizada para produzir o contraplacado vai condicionar o valor da condutibilidade térmica do material, que pode ser de 0,09 [W/(m.°C)]²³⁸ para placas com massa volúmica perto dos 300 kg/m³ ou 0,17[W/(m.°C)]²³⁹ para valores à volta dos 700 kg/m³. Em termos de reação ao fogo, o contraplacado apresenta valores iguais a uma placa de madeira maciça. Para contraplacados com massa volúmica de 400 kg/m³, a classe de reação ao fogo é D-S2,d0²⁴⁰.

Em relação à durabilidade da colagem, o contraplacado pode ser produzido para utilização em condições secas, húmidas e no exterior. Neste último caso é comum a referência comercial a contraplacado marítimo que oferece características biológicas de durabilidade próprias e no que diz respeito ao tipo de colagem para aplicações em contacto com a água salgada. É feito por exemplo com Ocumé e com 5 camadas ou mais.

Este material pode ser utilizado nas almas de vigas em “I” e em cofragens. Contudo, onde este material ganha mais visibilidade é em divisórias ou revestimentos interiores. No mercado encontram-se diversos contraplacados com acabamentos, cores e texturas diferentes. No que diz respeito às dimensões, existem placas com espessuras que vão desde os 4 aos 50mm, com larguras de 1200mm e valores máximos para o comprimento na ordem dos 3660mm.

Este produto permite realizar elementos com a curvatura desejada enaltecendo uma

²³⁸ SANTOS, Carlos A. Pina (ITE50) – Ob. Cit., p.1.7.

²³⁹ Ibidem.

²⁴⁰ SANTOS, Carlos A. Pina (ITE55) – Ob. Cit., p. 1.7.

característica natural da madeira que é a sua deformabilidade, tendo levado a indústria do mobiliário a desenvolver um painel que pode ter curvas e contracurvas. Neste material a alma do contraplacado é que lhe transmite estas características, porque possui cortes para permitir esta flexibilidade.

5.2.3 Placa microlamelada colada (LVL) e produtos afins

A placa microlamelada colada (LVL) resulta da colagem de lâminas de madeira que se dispõem numa única direção, a do eixo longitudinal do elemento. O sistema de transformação da madeira é igual ao do contraplacado mas as lâminas são mais finas. Neste material as lâminas possuem espessuras entre 2,5mm e 5mm. As placas que se fabricam com este processo podem atingir 20m de comprimento²⁴¹. De facto, este processo de transformação da madeira permite produzir elementos que podem possuir dimensões muito superiores ao tronco das árvores de origem da matéria-prima. Isto permite que com árvores de pequena dimensão se façam elementos de grande capacidade resistente (Fig.41).

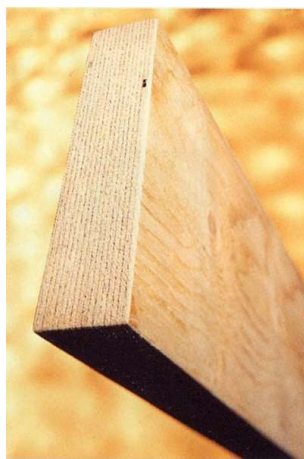


Figura 41. Viga de Madeira microlamelada colada²⁴².

²⁴¹ CACHIM, Paulo – Ob. Cit., p. 125.

²⁴² www.geradordeprecos.info (consultado a 02 de maio de 2012)

A madeira é seca em estufas antes da sua transformação o que promove a redução do aparecimento de defeitos que têm origem na secagem da madeira depois de colocada em serviço, nomeadamente a fissuração²⁴³. O desenvolvimento de resinas adesivas sintéticas permitiu o uso da madeira microlamelada colada em pontes e outras aplicações no exterior. Para a produção de placas microlameladas coladas não se utiliza a camada exterior do tronco.

A resina utilizada é resistente à humidade e o modo de execução permite a dispersão ou mesmo a eliminação dos defeitos da madeira através de uma escolha criteriosa da posição (interior ou exterior) das folhas na peça e da rejeição de algumas folhas.

Orientado para a execução de vigas, produz-se o *Parallel strand lumber* (PSL), que também se obtém através da colagem de finas lâminas de madeira com espessuras na ordem dos 3mm que são banhadas com adesivo de propriedades hidrófugas. O *Laminated strand lumber* (LSL) foi desenvolvido na década de 90 do século XX com lamelas de madeiras folhosas de rápido crescimento como o choupo²⁴⁴. As lâminas são mais finas que as do LVL, possuem espessuras entre 0,9 e 1,3mm, largura entre os 13 e os 25mm e comprimentos que podem atingir os 300mm. Depois de secas, as lâminas são envolvidas em parafina e resina, formando um colchão que é, posteriormente, prensado sob calor para promover a colagem daquelas.

Estes materiais são usados principalmente como elementos estruturais porque apresentam um comportamento mecânico e estabilidade dimensional superiores à madeira maciça classificada para fins estruturais.

O LVL apresenta valores de massa volúmica entre 410 e 480kg/m³. O coeficiente de variação de resistência e rigidez varia entre os 10 e 15%, o que fica abaixo dos valores para a madeira classificada visualmente para fins estruturais, que pode ser de 20%, mas também atingir valores na ordem dos 45%²⁴⁵. As características de condutibilidade térmica e de reação ao fogo são iguais à do contraplacado, uma vez que o modo de execução é muito semelhante, sendo que estes valores são, também, condicionados pela madeira que é utilizada no seu fabrico. De facto, para uma massa volúmica na

²⁴³ SMULSKI, Stephen – Ob. Cit., p.5.

²⁴⁴ CACHIM, Paulo – Ob. Cit., p. 127.

²⁴⁵ MACHADO, José Saporiti (2005) – Ob. Cit., p.17

ordem dos 500kg/m^3 , a condutibilidade térmica situa-se nos $0,13 [\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})]$ ²⁴⁶.

Alguns fornecedores enaltecem as vantagens deste material em relação ao aço e betão armado como mais económico por se conseguir uma maior rapidez de montagem e uma maior capacidade de carga com uma estrutura mais leve. Estas vigas também permitem vencer grandes vãos com formas complexas com um melhor comportamento térmico e acústico que os materiais mais comuns.

5.2.4 Placas de Aglomerado de Partículas de madeira longas e orientadas (OSB)

As Placas de Aglomerado de Partículas de madeira longas e orientadas (OSB) são produzidos a partir de partículas de madeira com dimensões rectangulares de 5 a 50mm por 50 a 75mm e 0,5mm de espessura (Fig.42). Estes flocos possuem dimensões maiores do que as partículas das placas de aglomerado de madeira.



Figura 42. Amostra de OSB.

Estas placas são compostas por três ou cinco camadas alternadas, sendo que as partículas são dispostas em direcções opostas entre camadas, como nos contraplacados. Este procedimento aumenta a resistência à flexão no sentido da orientação das partículas. Nas camadas exteriores as lascas são orientadas no sentido do comprimento da placa. Na alma a sua orientação é aleatória.

O OSB é um produto com valores de massa volúmica entre os 500 e os 660 kg/m^3 que

²⁴⁶ SANTOS, Carlos A. Pina (ITE50) – Ob. Cit., p.1.7.

apresenta resistência à deformação, à ruptura e à delaminação e que é fácil de usar porque pode ser serrado, lixado, aplainado e furado. Este produto apresenta valores de condutibilidade térmica de $0,13 [W/(m \cdot ^\circ C)]^{247}$ para massa volúmica de 650 kg/m^3 e insere-se na classe D-s2,d0 de reação ao fogo. Pode ser melhorado para ser inserido na classe B. Esta característica torna-o num material interessante. Ainda, pode ser mais resistente ao ataque de térmitas, se durante o fabrico for adicionado um aditivo com características termiticidas. É um material produzido em 4 classes, para utilizações gerais não estruturais ou para fins estruturais, em ambiente seco ou húmido, e em situações de grande exigência estrutural em ambiente húmido, de acordo com a NPEN 300:2012²⁴⁸.

A mesma norma define características como o módulo de elasticidade para cada classe de OSB de acordo com a EN 310. O OSB/1, que representa a classe mais baixa, apresenta valores de resistência ao inchamento pela absorção de humidade de 25% quando mergulhado 24 horas em água. Mas podem ser produzidas placas com desempenho muito superior. Neste domínio, um OSB/4 apresenta valores de 12% de acordo com o método de teste definido na EN 317.

Como este painel não apresenta o mesmo acabamento homogéneo que as placas de partículas ou de fibras de madeira, alguns fornecedores juntaram-lhe um papel fenólico numa das faces para tornar o seu aspecto mais apelativo. Contudo, a utilização de OSB é cada vez mais visível em tetos e outras superfícies que tiram partido da plasticidade do material. O OSB também pode ser aplicado nas almas de vias em "I" (I-Joists) que são destinadas a resistir a esforços à flexão. Estas vigas possuem dois banzos em madeira maciça ou, em alternativa, em LVL e a alma em OSB.

5.2.5 Placas de aglomerado de partículas de madeira (P)

As placas de partículas de madeira são obtidas a partir de restos de madeira processada mecanicamente, resultando em pequenas partículas de tamanhos variados com dimensões entre os 5 e os 15mm. Estas partículas são depois misturadas com

²⁴⁷ Ibidem.

²⁴⁸ OSB/1, OSB/2, OSB/3 E OSB/4. Cf. NP EN 300:2012: Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB). Definições, classificação e especificações, IPQ, 2012.

cola que incorpora resinas sintéticas e o conjunto é prensado a altas temperaturas. No centro do painel as partículas de madeira possuem uma dimensão maior, o que lhe confere uma maior resistência mecânica, e nas faces ficam as partículas menores, resultando num melhor acabamento. As partículas possuem orientação aleatória em todas as camadas.

É um material com valores de massa volúmica entre os 550 e 720 kg/m³ e que apresenta uma condutibilidade térmica de 0,12 [W/(m.°C)]²⁴⁹ para uma massa volúmica na ordem dos 600kg/m³. Em termos de reação ao fogo, um painel standard, sem aditivos especiais, é classificado como D-s2,d0²⁵⁰.

Consoante a resina utilizada, podem ser alteradas as propriedades deste material no que diz respeito à resistência à humidade e ao inchamento. Podem, ainda, ser aplicados aditivos para uma maior resistência ao fogo e ao ataque de agentes biológicos.

A NP EN 312:2009 define classes com características específicas para este material ser utilizado em elementos estruturais destinados à construção. As classes P4 a P7 correspondem a placas para fins estruturais em ambiente seco (P4) para fins estruturais em ambiente húmido (P5), para fins estruturais especiais em ambiente seco (P6) e para fins estruturais especiais em ambientes húmidos (P7). Esta norma também fornece valores de resistência à flexão e à tração perpendicular às faces da placa, para fins de controlo interno de produção.

No caso das classes referidas a norma apresenta, também, valores de resistência à humidade por imersão durante 24h. Neste caso, uma placa com 20 a 25mm de espessura nominal, da classe P4, apresenta valores na ordem dos 15%. Para a mesma espessura, uma placa da classe P7 apresenta valores de 8%. No caso da resistência à flexão, uma placa P5 com a mesma espessura da anterior apresenta valores de 14 N/mm² e 2150 N/mm² de módulo de elasticidade. A mesma espessura numa placa da classe P7 possui valores tabelados superiores de resistência à flexão (17 N/mm²) e de módulo de elasticidade (2800 N/mm²).

As possibilidades para este tipo de placas no que diz respeito a acabamentos são

²⁴⁹ Cf. NP EN 13 986: 2010, p.28.

²⁵⁰ SANTOS, Carlos A. Pina (ITE55) – Ob. Cit., p. I.7.

inúmeras (Fig.43) com folhas de madeira e acabamentos fantasia com colorações e imitações de pedras nobres. Por vezes são revestidos com superfícies melamínicas decorativas com acabamentos brilhantes ou mates e texturados. Em termos de espessura podem encontrar-se placas entre os 6 e os 30mm e dimensões no plano entre os 1220x2440mm e 2440x5700mm.



Figura 43. Amostra de pavimento técnico com miolo em aglomerado de partículas e revestimento em linóleo e placa de aglomerado com revestimento em folha de madeira.

5.2.6 Placas de aglomerado de madeira-cimento (CBPB)

Os aglomerados de madeira e cimento (*Cement-bonded particleboard*) são compostos por 75 a 80% de cimento e 25 a 20% de partículas de madeira. Alguns fabricantes apresentam quantidades inferiores a 70% de cimento na mistura e a nível nacional dá-se preferência à utilização de aparas de madeira de pinho bravo nacional (*Pinus pinaster* Ait).

A coesão da placa é garantida através do cimento, ao contrário de outras placas de aglomerado que usam colas sintéticas. Este material está atualmente muito desenvolvido por via do investimento que alguns fabricantes têm realizado. De facto, além das diversas soluções de juntas e fixações, apresentam também soluções distintas na coloração e no acabamento.

No caso da coloração, a introdução de pigmentação à mistura ou a utilização de cimento branco faz com que se obtenham materiais muito distintos. Se a superfície for

lixada uniformemente, esta apresenta um aspeto diferente da peça em bruto, uma vez que surgem à superfície as partículas de madeira na sua cor natural (Fig.44). Desta forma, a face passa a possuir uma superfície menos homogénea, mas mais rica em termos de coloração. O material em bruto recebe facilmente acabamento como betumes, para tapamentos de fixações, e pinturas, resultando num acabamento muito uniforme.

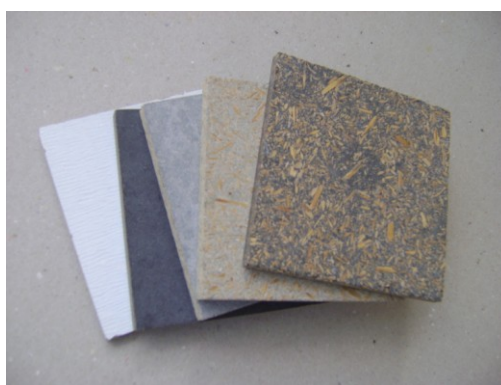


Figura 44. Amostras de diferentes placas de aglomerado de partículas de madeira-cimento com diferentes colorações e acabamentos diferentes.

É um material mais pesado que o aglomerado de partículas de madeira (P), com uma massa volúmica de cerca de 1350kg/m^3 , mas apresenta melhor comportamento à ação da água, sendo que mergulhado em água durante 24h sofreu apenas uma alteração de volume na ordem dos 1,5%. Apresenta um módulo de elasticidade elevado na ordem dos $6000\text{ (N/mm}^2\text{)}$. Também possui elevada durabilidade face a um ataque biológico, de fungos ou térmitas, o que permite que a sua utilização possa ser feita também no exterior. Aliás, para aplicação exterior foi desenvolvido um sistema de revestimento em escama que vem reinventar os processos construtivos das habitações dos pescadores da região centro de Portugal.

Em termos de reação ao fogo este material insere-se na classe B-s1,d0. Recentemente, um painel deste tipo foi classificado como incombustível (classe A2) na Alemanha segundo a norma DIN 4102²⁵¹. Este material apresenta valores de condutibilidade

²⁵¹ Cf. www.viroc.pt (consultado a 16 de maio de 2011)

térmica de $0,23 \text{ [W/(m}\cdot\text{°C)]}^{252}$, tornando-o menos eficiente neste aspeto que o aglomerado de partículas sem adição de cimento, mas apresenta valores de isolamento acústico a sons aéreos de 31-37dB. No que diz respeito à absorção sonora, este material apresenta um coeficiente de 0,10 para a gama de frequências de 250Hz a 500 Hz²⁵³. Contudo, pode ser utilizado perfurado e combinado com lã de rocha, a tardoz, para se conseguirem obter bons resultados.

É um material utilizado em revestimentos exteriores e interiores, em pavimentos elevados, substituindo os soalhos tradicionais, e em forros de coberturas. Recentemente, um fornecedor desenvolveu habitações modulares de baixo custo com paredes executadas neste material sobre uma estrutura de aço galvanizado. Em termos de espessura podem encontrar-se placas entre os 8 e os 32mm e dimensões no plano entre os 1250x2600mm e 1250x3000mm.

Outro produto que mistura partículas de madeira com cimento recebe o nome comercial de *Celenit*. É constituído em 50% da sua massa por fibras de madeira de abeto com 2mm de espessura. Os restantes são preenchidos com cimento Portland, que é o ligante das fibras, e carbonato de cálcio, proveniente do processamento de mármore²⁵⁴. A particular composição do mineral, isento de carbonato de magnésio, em conjugação com as fibras de madeira longas e emaranhadas entre si, confere aos painéis características particulares.

O tratamento mineralizante a que as fibras são sujeitas evita a decomposição. O material consegue absorver e libertar humidade como a madeira maciça, mas sem se degradar ou alterar a sua forma no processo. É um produto mais leve que o anterior com uma massa volúmica na ordem dos 570kg/m^3 .

Quando utilizado sem revestimento, com as fibras de madeira à vista, apresenta um desempenho muito superior ao CBPB no que diz respeito à absorção acústica. Mas as superfícies estão prontas a receber outro acabamento, como por exemplo estuque, graças à sua textura exterior rugosa, o que é muito útil se utilizado para corrigir pontes térmicas planas.

²⁵² SANTOS, Carlos A. Pina (ITE50) – Ob. Cit., p.1.8.

²⁵³ Cf. NP EN 13 986: 2010, p. 28

²⁵⁴ OLIVEIRA, Pedro Paulo, “Naturalmente isolante” in *Arquitectura e Vida*, n.º 60, Março 2004, p. 47.

5.2.7 Placas de aglomerado de fibras de madeira (FB)

As placas de aglomerado de fibras são produzidas a partir de fibras da madeira através da aplicação de cola, calor ou pressão. O sistema de produção destas, por via húmida ou seca, a massa volúmica do produto, o tipo e destino de aplicação, bem como o tipo de matéria-prima utilizada são responsáveis pela classificação das diversas placas de fibras. A massa volúmica pode variar entre os 230kg/m^3 e os 900kg/m^3 . Contudo, no caso dos aglomerados de fibras duros (HB) este valor pode ser superior.²⁵⁵

Os aglomerados de fibras de madeira brando (SB), semi-duro (MB) e duro (HB) são fabricados a partir de fibras lenho-celulósicas com aplicação de calor ou pressão. O fabrico é executado por via húmida sem adição de resina sintética, porque a coesão é assegurada pelo entrelaçar das fibras e pela lenhina. O seu teor de água situa-se acima dos 20% aquando da constituição do colchão de partículas.

A produção por via húmida de placas de fibras decresceu nas últimas décadas. A principal razão é que o método produtivo era limitativo, não permitindo fazer grandes espessuras. Surgiram, ainda, preocupações ambientais e a grande quantidade de água que tinha que ser tratada antes de largada no ambiente encarecia os custos de produção.

O comportamento térmico das placas de aglomerados de fibras varia com a massa volúmica do material. Quanto maior a massa volúmica maior a condutibilidade térmica do material. Assim, um semi-duro ou MDF com 800kg/m^3 apresenta valores na ordem dos $0,14\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ e uma placa branda com uma massa volúmica de 250kg/m^3 apresenta valores de $0,05\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ²⁵⁶.

Um produto que pode ser inserido na categoria de placa de aglomerado de fibras de madeira brandas (SB) (Fig.45) é um painel isolante e possui características de isolamento térmico de acordo com a EN 13171. A sua condutibilidade térmica aproxima-se dos valores de outros materiais isolantes comuns. Atualmente, é comercializado um painel com massa volúmica de 50kg/m^3 que deverá apresentar um valor de condutibilidade térmica inferior ao $0,05\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$.

²⁵⁵ EN 316: 2009 – Wood fibre boards. Definition, classification and symbols.

²⁵⁶ Cf. NP EN 13 986: 2010, p. 28.



Figura 45. Amostras de placas isolantes de fibras de madeira.

Estas placas também apresentam bom desempenho na absorção acústica de ruído, caso sejam utilizados com as fibras de madeira à vista, sem revestimento. Ao contrário, não se comportam como um isolante sonoro entre espaços distintos, porque possuem uma massa volúmica baixa. As placas de fibra com melhores características para este fim são as que possuem valores de massa volúmica elevada, associados a uma grande espessura.

Existe um processo distinto de fabricar placas de fibras sem recurso a água. Neste, a formação dá-se por via seca, sendo necessário a introdução de uma cola sintética. Neste caso, as placas possuem um teor de água inferior a 20% aquando da constituição do colchão de partículas. O colchão de fibras com cola é, posteriormente, submetido a uma secagem a quente. Desta forma são produzidas as placas de fibras de média massa volúmica (MDF). Estas são formadas, sobretudo, a partir de madeira resinosa desagregada em fibras combinadas com uma cola sintética e unidas entre si por pressão e calor. Disto resulta um produto de grande qualidade, uniforme e compacto em todas as faces, sem nós e com uma granulometria homogénea em toda a sua espessura. Os resíduos gerados para a preparação do material para a obra são muito menores quando comparados com outros.

As suas características permitem que seja revestido com pintura, papel, PVC, lâminas de madeira e estampagem a quente. O MDF possui uma boa trabalhabilidade tanto nas superfícies como nos bordos, permitindo a execução de sulcos com um acabamento

sempre uniforme. A estabilidade dimensional e a resistência mecânica são importantes vantagens. Este material pode ainda ser melhorado na produção com alteração da sua composição base (fibra, resina, parafina) e adição de outros aditivos para apresentar uma maior resistência na presença de humidade e à acção do fogo. O MDF é feito com fibras lenhocelulosas, sendo a mais comum a madeira, mas também pode ser feito com recurso a agrofibras, provenientes da agricultura, ou com madeira reciclada.

O MDF pode ser colorido assumindo toda a espessura a mesma cor de forma homogénea. Isto significa que quando trabalhado, o material vai apresentar a mesma coloração em todas as arestas. Esta característica é conseguida através da deposição das fibras em múltiplas direções e da coloração do material através da impregnação das fibras com pigmentos orgânicos. A sua aparência com cores fortes, longe de querer aproximar-se da madeira natural, faz com que este se assuma como um material artificial.

Um fabricante apresenta um MDF esculpido em profundidade com texturas distintas que pode ser lacado. Esta solução quando acabada com uma lacagem a branco apresenta-se como um revivalismo dos tetos estucados realizados sobre fasquiados com relevos. Existem soluções preparadas para resolver questões acústicas e de reverberação interior com recurso a MDF com ranhuras que tiram partido do material na sua cor original. Numa das faces é aplicada uma tela e manta de lã de rocha que fica oculta atrás destas placas e funciona como um absorvente de ruído (Fig. 46).

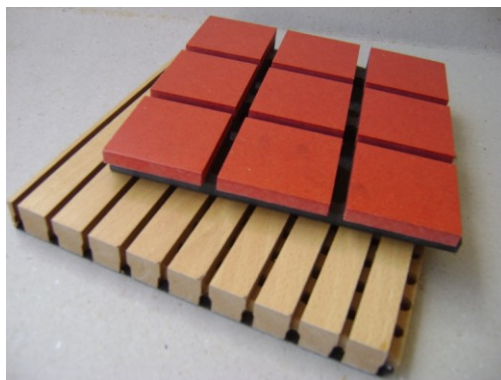


Figura 46. Amostras de placas para absorção acústica em MDF.

Estes materiais são classificados de D-s2,d0 de reação ao fogo, com exceção para as placas com características isolantes que se incluem na classe E. Este material pode ser melhorado para se inserir na classe B-s2,d0.

5.2.8 Compósito de madeira - plástico (WPC)

Existem vários produtores de um material que mistura plástico com madeira triturada em partículas muito pequenas (pó de madeira) (Fig.47). Existem produtos muito distintos que resultam da mistura efetuada e dos materiais utilizados. O plástico pode ser um polietileno ou um prolipropileno. Também a madeira utilizada e algum corante permite obter materiais com características distintas que permitem adequar o material à obra em causa.

Um dos produtos utiliza um compósito denominado de *Forexia*²⁵⁷ que resulta da mistura de 70% de madeira com 30% de polímeros (PEAD) e é fabricado por extrusão. É um material com uma massa volúmica de 1217 kg/m³ e um módulo de elasticidade de 4525 N/mm². No final, a sua superfície é despolida para remoção do brilho característico do plástico e conferir uma imagem e textura próxima da madeira natural. Produtos semelhantes, produzidos em Portugal, já foram alvo de Aprovações Técnicas Europeias por parte do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

O compósito é muito utilizado em aplicações no exterior por ser pouco absorvente de água, não inchando nem se deformando. Não permite, ainda, o crescimento de fungos e não altera significativamente a sua cor com a ação dos raios UV. Numa sociedade cada vez mais preocupada com a economia de meios, este produto apresenta como mais-valia o facto de poder ser produzido com madeira pós-consumo, por isso, reciclada, e plástico, também reciclado.

²⁵⁷ <http://www.silvadec-wpcdecking.com/> (consultado a 17 de julho de 2011)



Figura 47. Amostra de um *deck* em compósito de madeira e plástico.

Existe outro composto, a que deram o nome de *Rauwood*²⁵⁸ que combina equitativamente um produto fabricado a partir da fibra de madeira e de polipropileno ecológico. Apresenta elevada resistência à ação do clima e ao ataque de insetos, fungos e musgos.

Estes produtos estão muito vocacionados para a construção de pavimentos em espaços exteriores, como terraços e envolvente de piscinas, e para a indústria do mobiliário urbano, onde o equipamento mais comum é o banco. Recentemente alguns produtos têm vindo a virar-se para a utilização em fachadas de edifícios.

5.2.9 Produtos laminados

Os produtos que se apresentam de seguida resultam da junção de três ou mais camadas de materiais diferentes, que podem conjugar placas de derivados de madeira com isolamento térmico ou outro material distinto.

Painel Sanduíche é um material composto por três faces distintas, em que o miolo é de Poliestireno expandido moldado (EPS) (Fig.48), Poliestireno expandido extrudido (XPS) ou aglomerado negro de cortiça, que pode ter várias espessuras, conforme a exigência solicitada. A superfície exterior é um aglomerado hidrófugo, mas pode possuir diferentes faces interiores em madeira maciça, tipo forro, em placa OSB, em gesso cartonado ou um painel CBPB.

²⁵⁸ Cf. www.rehau.com/relazzo (consultado a 12 de junho de 2011)

É um produto acabado e pronto a utilizar em coberturas e paramentos, sobre a estrutura. Alia a possibilidade de escolha do revestimento final com um isolamento térmico, em que o aglomerado hidrófugo fica na face exterior. É de montagem simples, possuindo um sistema de encaixe com uma ripa de madeira que agarra dois elementos, tornando muito célere a execução de um forro de cobertura. É comercializado nas dimensões 2500mm de comprimento por 600mm de largura para vencer vãos de 1,25m. É comercializado com espessuras totais de 50 a 129mm, o que o torna um material adequado a situações climatéricas extremas.

Um produto semelhante, mas com menos utilização em Portugal, é um painel estrutural com duas faces em OSB e o interior preenchido com EPS (SIPS)²⁵⁹. Os painéis apresentam dimensões máximas de cerca de 8,50x2,40m e são unidos através de um sistema macho-fêmea combinado com umas finas ripas que os unem na vertical. É largamente utilizado para a construção de habitações unifamiliares, sendo que o OSB não fica visível, havendo um conjunto de soluções de revestimento, quer exteriores quer interiores.



Figura 48. Painel Sanduíche com EPS, madeira maciça e aglomerado de partículas e amostra de ICOWALLPANEL²⁶⁰.

Este sistema construtivo, ao contrário do que se poderia supor à primeira vista, não é destinado à construção em módulos pré-definidos. Mas, permite realizar variadas soluções de estruturas e organizações espaciais. Contudo, todo o material é preparado

²⁵⁹ Structural Insulated Panels (SIPS) in MORLEY, Michael – Ob. Cit.

²⁶⁰ <http://locksmithestruturas.blogspot.pt> (consultado a 02 de maio de 2012)

em fábrica de acordo com o projeto desenhado, tornando a montagem da construção muito rápida e eficiente. Este é um dos argumentos a favor deste sistema construtivo com painéis isolantes.

Outro argumento de peso tem a ver com a eficiência energética que se consegue alcançar quer por via da construção quer da utilização do espaço. De facto, por um lado possibilita a execução de construções de forma económica e sem grandes gastos energéticos e por outro lado, permite um maior conforto interior o que irá promover uma moderação nos gastos da habitação em termos de aquecimento. Contudo, pesa um argumento contra este material quando utilizado em zonas com grandes amplitudes térmicas diárias, quer de inverno quer de verão. Este produto não possui inércia térmica, ou seja, não possui capacidade de acumulação do calor no interior dos paramentos. Isto faz com que facilmente o interior da casa fique frio se o exterior estiver frio ou fique quente se a temperatura exterior subir, não permitindo que a temperatura interior se mantenha estável ao longo do dia.

Um outro produto é composto por cinco camadas, em que o miolo é constituído por madeira sarrafeada ou laminada e as faces são de contraplacado e o acabamento é conseguido com placas lisas de aglomerado de cimento e madeira. Como mais valias, pode ser apontado o facto de ser um produto acabado, que não gera entulho nem desperdícios e que não requer nenhum equipamento especial para a montagem. O acabamento final destes painéis pode ser muito variado. De facto, as placas de madeira e cimento permitem aplicar papel de parede, revestimentos cerâmicos, revestimentos à base de epóxi, reboco mineral, alcatifa e linóleos se for utilizado em pavimentos elevados.

O miolo pode vir preparado para permitir a passagem de cablagens. É um material resistente e bom isolante acústico e térmico com bastante resistência ao impacto devido às placas exteriores serem em aglomerado de madeira-cimento. Possui uma massa volúmica de 800kg/m^3 . Pode ser encontrado com dimensões máximas de $1220 \times 3050\text{mm}$ e com 40mm de espessura. O promotor deste material possui todo o sistema construtivo elaborado com diversas soluções de perfis em chapa galvanizada para encaixes e fixações de paredes divisórias, paredes exteriores, por vezes duplas, e pavimentos elevados.

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PTM

Os materiais são muito variados e as utilizações de ordem muito diversa. A sua produção está orientada para determinado fim, que nem sempre é aquele que lhe é atribuído. Contudo, quando um produtor e um fornecedor colocam em evidência determinada característica, esta deverá ser considerada como um aspeto importante na sua utilização, ainda que analisada com rigor.

Existem dados muitos difíceis de conseguir. Por exemplo, quando um produto não é específico para um determinado fim, não se desenvolvem testes que permitam caracterizar os produtos em todas as suas facetas. Desta forma, o quadro apresenta algumas lacunas. Por vezes, apenas existem valores tabelados e divulgados quando combinado com outros produtos em soluções construtivas correntes.

Por exemplo, no que diz respeito ao coeficiente de isolamento sonoro à percussão, não existem valores tabelados para os materiais em estudo. Existem valores mas para soluções construtivas típicas, mas com grandes lacunas no que diz respeito à utilização destes materiais. Normalmente, os fornecedores promovem a execução de testes quando pretendem enaltecer alguma particularidade do produto ou quando combinado com outros. É o caso de soluções para reduzir a reverberação sonora no interior dos espaços, que combina os PTM com lã de rocha e similares.

Alguns materiais estão preparados para a utilização em estruturas como a madeira lamelada colada cruzada (CLT). Contudo, este material que não foi abordado no presente texto porque ultrapassa os objetivos definidos.

Outros produtos funcionam como acabamento em paredes interiores, como os contraplacados ou as placas de fibras de madeira de média massa volúmica (MDF). Alguns podem ser aplicados no exterior como as placas de aglomerado de madeira-cimento (CBPB), por possuírem como ligante o cimento que confere uma durabilidade extra às placas ainda que em contato com a humidade. Nestes casos, deve ser dada especial atenção aos topos das placas que devem ser protegidos da escorrência das águas e toda a superfície deve ser protegida com um primário e um verniz de

acabamento. Também, este material possui um pH elevado o que potencia a corrosão de outros materiais suscetíveis de enferrujar, caso estejam em contato com as placas de CBPB.

Existem, ainda, soluções vocacionadas para servir de isolamento térmico, caso das placas de fibras de madeira branda, mas que não apresentam bom desempenho como isolante sonoro. Contudo, se as mesmas placas forem utilizadas com as faces visíveis auxiliam a redução da reverberação acústica, tornando o interior dos espaços mais confortáveis em termos de ruído. O conhecimento das características do produto, que se procurou sistematizar no quadro 8, é fundamental para a correta escolha do material.

No que diz respeito ao comportamento térmico, estes produtos não se comportam como isolantes, apesar de alguns apresentarem valores de condutibilidade térmica muito baixos. Desta forma, na melhoria do desempenho térmico de paredes ou coberturas, estes produtos devem ser combinados com outros materiais. Contudo, a placa de fibras brandas (SB) com 250kg/m^3 apresenta valores de condutibilidade térmica na ordem dos $0,05\text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$, o que a coloca na gama do isolamento térmico²⁶¹. Por exemplo, para comparação registre-se que o aglomerado de cortiça apresenta $0,045\text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ ²⁶².

Desta forma, dependendo do objetivo, existem placas bastante leves que se adequam a soluções de coberturas não visitáveis e outras com uma resistência superior que permitem a reabilitação de soalhos, mantendo a estrutura de suporte pré-existente. Existem, ainda, placas preparadas para o uso em situações onde a humidade pode ser um problema.

Em situações específicas, como o bom comportamento em caso de incêndio, dentro dos limites regulamentares, importa escolher produtos que sejam melhorados para responder positivamente a este tipo de solicitações. De facto, regra geral estes produtos não se comportam como incombustíveis, sendo que a sua reação ao fogo pode ser retardada com a introdução de aditivos. Contudo, as placas de aglomerado de madeira-cimento (CBPB) enquadram-se na classe B de reação ao fogo.

²⁶¹ Isolante térmico é o material de condutibilidade térmica inferior a $0,065\text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$. Cf. SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís, Ob. Cit., p.3.

²⁶² SANTOS, Carlos A. Pina (ITE50) – Ob. Cit., p.1.3.

Permanência e transformação. Contributos para a utilização de materiais modernos na conservação do património arquitetónico. Os produtos técnicos de madeira.

Quadro 8. Principais características dos PTM

Produto	Massa volumica (kg/m ³)	Resistência à humidade (24h)	Módulo de Elasticidade	Condutibilidade Térmica [W/(m.°C)]	Coefficiente de Absorção sonora (Dw) para gamas de freq. 250Hz a 500Hz e 1000Hz a 200Hz	Classe de reação ao fogo
Placas de madeira maciça (SWP)	300-1000 (a)	(a)	(a)	0,09-0,24	0,10-0,30	D-s2,d0
Contraplacado (PW)	400-700 (a)		500-14000(d)	0,09/0,17	0,10-0,30	D-s2,d0
Placa microlamelada colada (LVL)	410-480			0,09-0,13	0,10-0,30	D-s2,d0
Placa de aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB)	508-660	12%	4800 (OSB4)	0,14	0,10-0,25	D-s2,d0
Placas de aglomerado de partículas de madeira (P)	550-720	8% (classe P4) e 15% (classe P7)	2150-2800	0,14	0,10-0,25	D-S2,d0
Placas de aglomerado de madeira-cimento (CBPB)	1350	1,5%	6000	0,23	0,10-0,30	B-s1,d0
Placas de Fibras de madeira (FB)	400-900	12-35 (d)	2300-4500(d)	0,07-0,18	0,10-0,20	D-s2,d0
Placas de Fibras de madeira brandas (SB)	250		20-1000 (d)	0,05 (l)	0,10-0,30	E
Placas de fibras de média massa volumica (MDF)	740-850	15 (c)	1900-3000 (c)	0,10-0,14	0,10-0,20	D-s2, d0
Composto de madeira e plástico (WPC)	1217		4525			

(a) *Depende da madeira utilizada*

(b) *Refere-se a MDF.HLS preparado para utilizações em ambientes húmidos*

(c) *Depende da classe da placa*

(d) *Valores para placas com fins estruturais, com utilizações em ambientes secos, húmidos e em ambiente exterior*

No caso de produtos para utilização no exterior e em que a durabilidade é um fator a ter em conta, foi desenvolvido um produto que mistura plástico com madeira triturada em partículas muito pequenas. Este pode ser utilizado, por exemplo, em mobiliário exterior e pavimentos. Quando se trate de espaços de utilização pública este é um produto a ter em consideração, por necessitar de menos ações de manutenção que a madeira maciça.

5.4 ALGUMAS REALIZAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE PTM

A construção em madeira e derivados é uma matéria um pouco esquecida no domínio do estudo da arquitetura moderna. Apesar disso, estes materiais foram utilizados em diversas edificações durante o movimento moderno, envolvendo nomes como Le Corbusier e Frank Lloyd Wright. Atualmente, já existem um conjunto de publicações de carácter técnico e de grande divulgação que dão enfoque à madeira como material de construção²⁶³.

Nos Estados Unidos da América, no seguimento do fabrico industrial de pregos, surge, por volta de 1883, o sistema “Balloon-frame”²⁶⁴, que se revelou rápido, económico e com grande apetência para a pré-fabricação. Este sistema alcançou grande aplicação na colonização do Oeste durante o século XIX, sendo ainda utilizado. Mais tarde, seria alvo de reinterpretações pela mão de arquitetos como Frank Lloyd Wright com uma casa-modelo para a pradaria, que utiliza componentes sistematizados de madeira na construção de coberturas e caixilharias²⁶⁵.

Um dos pioneiros na utilização de madeira na construção de casas pré-fabricadas foi Jean Prouvé. Este utilizou um sistema misto de estrutura metálica e madeira para servir de alojamento às populações afetadas pela guerra na fronteira com a Alemanha.

²⁶³ P.e. “Wood Architecture now” e “The wood book” da Editora Taschen.

²⁶⁴ MORGADO, Luís – A arquitectura moderna e a habitação em madeira. Uma perspectiva histórica até à primeira metade do século XX, in CIMAD11 – 1.º Congresso Ibero-Americano da Madeira na Construção, 7-9/06/2011, Coimbra, Portugal, p.3.

²⁶⁵ Cf. GONÇALVES, José Fernandes – Construção em madeira – pré-fabricação e arquitectura. In CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, 7-9/06/2011, Coimbra, p.5.

Em países como o Japão e a Finlândia, a habitação unifamiliar recorre a sistemas construtivos de madeira em valores percentuais em relação a outros materiais que chegam aos 90%²⁶⁶. Estas habitações possuem um ou dois pisos, por imposição regulamentar. Nos últimos anos, a indústria tem tentado superar estes limites. O gabinete de arquitetura Waugh Thistleton desenvolveu um projeto de um edifício residencial com 9 pisos, em que as paredes em madeira lamelada-cruzada (CLT) funcionam de forma monolítica²⁶⁷ (Fig.49). Todas as paredes são depois revestidas a gesso cartonado no interior, afastando a imagem pré-definida que o público em geral possui da construção em madeira. O exterior também se afasta dos modelos tradicionais, apresentando um revestimento modular em CBPB com mistura de madeira reaproveitada em tonalidades diversas.

Em 2002, o arquiteto Guilherme Machado Vaz desenhou uma Casa de chá no Jardim Basílio Teles, em Matosinhos. O seu nome – «Centopeia» – denuncia a forma curva da estrutura realizada em madeira lamelada colada. A curvatura permite que a sua implantação se faça entre as árvores, evitando qualquer corte. Para se conseguir isto utilizou-se uma combinação de elementos de madeira repetidos periodicamente, tornando a estrutura numa junção de módulos pré-fabricados. As caixas-pretas são feitas com estrutura de aço inoxidável revestido com placas de aglomerado de madeira-cimento (CBPB), na cor preto, contrastando com o amarelo da madeira ao natural.

Os arquitetos portugueses Álvaro Siza Viera e Eduardo Souto Moura projetaram e construíram em 2005, em colaboração com o engenheiro Cecil Balmond, o pavilhão temporário da galeria *Serpentine* em Londres. O edifício foi concebido com um conjunto de peças em LVL de rápida montagem, tendo sido desenhado com recurso à tecnologia digital.

²⁶⁶ MORGADO, Luís – A oferta da habitação de madeira em Portugal. A procura de uma alternativa no âmbito da arquitetura. In CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, 7-9/06/2011, Coimbra, p.2.

²⁶⁶ NEGRÃO, João H. – Estruturas de madeira em Portugal: Presente e passado recente. In CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, Coimbra, 2011, p.6

²⁶⁷ Cf. <http://www.waughthistleton.com/project.php?name=murray&img=1>



Figura 49. Imagens do edifício de madeira em altura do gabinete Waugh Thistleton, imagem do interior durante as obras e aspeto final interior²⁶⁸.

Evidenciando as possibilidades e a plasticidade do material madeira, na Plaza de la Encarnación, em Sevilha, ficou concluído em Março de 2011 o *Metropol Parasol*. O projeto do arquiteto alemão Jürgen Mayer H. é considerado a maior estrutura de madeira do mundo. É uma estrutura feita em peças de madeira encaixadas umas nas outras, que deixam um espaço livre para a passagem do sol. As peças são revestidas com uma fina camada de poliuretano. A construção abriga um museu arqueológico, um mercado de agricultores, uma praça elevada, bares e restaurantes no subsolo e um terraço panorâmico no topo.

No mercado nacional, os PTM têm surgido por via de diferentes fabricantes, por vezes, com materiais muito idênticos que rivalizam entre si. A grande maioria dos produtos é importada de outros países. Contudo, existem alguns que são produzidos em Portugal. É o caso dos painéis de aglomerado de partículas de madeira-cimento que se têm conseguido afirmar no mercado nacional e internacional, tendo alcançado visibilidade com a aplicação em revestimentos exteriores em algumas obras simbólicas, como por exemplo, o Cineteatro da Guarda e o Jardim-de-infância Popular do Cacém (Fig.50).

²⁶⁸ Imagens retiradas de <http://www.waughthistleton.com/project.php?name=murray&img=11>



Figura 50. Imagens do Cineteatro da Guarda e do Jardim-de-infância do Cacém.

A construção do pavilhão Atlântico em 1998 levantou grande curiosidade, mas também grande desconfiança por ser utilizada uma estrutura de madeira. A estrutura de madeira do pavilhão é constituída por 17 arcos transversais triangulares tendo o maior 114m de comprimento e altura máxima de 47m em relação à arena.

Hoje já passaram 15 anos sobre a sua inauguração e este edifício alterou o rumo que as obras de madeira tinham tomado neste país. Neste domínio, o Estado, através da Administração Local, foi um importante impulsionador da execução de obras com recurso a soluções com madeira, também proporcionadas pela facilidade de angariar fundos ao abrigo de programas de apoio da comunidade europeia.

Desta forma, surgem pavilhões desportivos e piscinas municipais onde a qualidade construtiva superou as anteriores obras realizadas no rescaldo das primeiras eleições autárquicas. Neste domínio a madeira lamelada colada desempenhou um papel importante, por permitir executar vãos muito extensos. Depois, com o impacto que estas obras foram causando, a iniciativa privada também se entusiasmou com a utilização da madeira lamelada-colada. O desenvolvimento de alguns núcleos rurais promove a construção de picadeiros também com recurso a madeira lamelada-colada.

Como Negrão²⁶⁹ demonstrou a partir de 1999, logo após a construção do Pavilhão Atlântico, as obras com utilização de madeira surgem em grande número, sendo a sua implantação muito superior na zona do centro interior, na zona do Pinhal interior. Este facto é explicado pelo autor com a existência nesta região da única fábrica de produção

²⁶⁹ NEGRÃO, João H. – Ob. Cit., p.4.

de madeira lamelada colada em Portugal. Apesar de não ser alheio o apoio financeiro que surgiu dos Quadros Comunitários de Apoio, a qualidade do material, quer em termos estéticos quer de desempenho, promoveu a sua difusão. Contudo, na maioria das vezes em que se utilizaram estruturas de madeira lamelada colada, as subempreitadas foram entregues a empresas situadas em Espanha, França e até em Países da Europa Central ou Escandinávia²⁷⁰.

Além da madeira lamelada colada, também se registou um aumento do uso de madeira maciça em estruturas de construções existentes e na construção de apoios de praia e passadiços em dunas e outras áreas de proteção da costa.

No domínio da reabilitação do património também a madeira voltou a ganhar protagonismo, por negação com as intervenções anteriores de introdução de estruturas de betão no património edificado. Por um lado, a abordagem na intervenção do património alterou-se, sendo que atualmente se favorecem as soluções que preservam a materialidade da construção original, utilizando materiais compatíveis com os existentes. Por outro lado, são visíveis as anomalias resultantes de algumas intervenções intrusivas com recurso a estruturas de betão. Estas questões promoveram o uso da madeira que também neste domínio ganhou um novo protagonismo.

A indústria da pré-fabricação de construções é uma grande consumidora e, por isso, impulsionadora de PTM, porque os seus modelos construtivos são baseados na utilização de derivados de madeira.

Atualmente, a construção pré-fabricada em Portugal conhece um novo impulso e diferentes fabricantes têm vindo a colocar no mercado modelos de habitações que pretendem, dentro de alguma modularidade, responder às especificidades do cliente, pela escolha do número e do tipo de módulos que a empresa disponibiliza. Ainda, algumas opções permitem mesmo a escolha dos materiais de acabamento interiores, mas também exteriores, aproximando-se assim do gosto do cliente, não perdendo de vista a pré-fabricação.

As propostas são muito variadas e abrangem a utilização de madeira lamelada cruzada (X-LAM) ou troncos em madeira maciça de pinho nórdico à cor natural com espessuras entre os 45mm e os 70mm. Os modelos baseiam-se na construção modular que pode

²⁷⁰ Idem, p.6

ser desenhada pela adição ou supressão de módulos conforme as necessidades do agregado familiar. Alguns fabricantes evidenciam a aplicabilidade deste tipo de construção em países subdesenvolvidos, repetindo um pouco os modelos tradicionais desses mesmos locais.

Um dos modelos de habitação combina placas de aglomerado de madeira-cimento com uma estrutura primária de aço galvanizado. Esta estrutura é revestida por painéis com 16mm de espessura do lado exterior e de 12mm no lado interior. Entre painéis de todas as paredes será colocada lã mineral que lhe irá conferir o isolamento térmico e acústico. De forma a garantir a estanqueidade das paredes exteriores, estas serão revestidas com uma pintura elástica. As paredes interiores serão pintadas ou envernizadas.

Outros fabricantes apresentam soluções mais complexas que aliam a pré-fabricação com o gosto do consumidor final, permitindo a escolha de acabamentos exteriores, talvez, numa tentativa de adaptação ao local. Contudo, soluções como a *Modular System*²⁷¹ (Fig.51) utilizam maioritariamente PTM nas suas propostas que podem incluir OSB, contraplacados e CBPB.

Algumas empresas anunciam a possibilidade de transformar projetos elaborados com base em estruturas de betão ou metálicas em projetos baseados em PTM, defendendo evidentes “melhorias de desempenho energético, de salubridade e de comportamento estrutural”²⁷², mantendo a mesma imagem dos modelos arquitetónicos contemporâneos. Também há promotores de habitação pré-fabricada que utilizam os mesmos materiais e sistemas construtivos e desenham casas “à medida do cliente” desvinculadas dos módulos pré-definidos²⁷³.

Contudo, o modelo mais vendido nas habitações pré-fabricadas é importado da Europa Central, do Norte e Leste, e traduz-se na cabana de montanha que se distancia dos modelos tradicionais portugueses que se registou no capítulo anterior (Fig.51). Apesar dos promotores destas habitações enaltecerem o conforto térmico e acústico destes modelos não se encontraram dados nos sítios promocionais na internet que atestem

²⁷¹ www.modular-system.com (consultado a 14 de maio de 2012)

²⁷² Cf. www.tisem.pt (consultado a 12 de junho de 2012)

²⁷³ Cf. www.modular-system.com (consultado a 14 de maio de 2012)

estas afirmações. Em certos locais onde a amplitude térmica é pequena podemos admitir uma boa prestação destes sistemas construtivos, mas em situações onde a inércia térmica é um fator importante no conforto interior, estas habitações poderão não corresponder às necessidades em localidades com o clima mais adverso.



Figura 51. Duas construções de madeira pré-fabricadas. Covões, Avis e Modular System²⁷⁴.

²⁷⁴ A segunda imagem é retirada daqui: <http://www.modular-system.com/images/1225390037.jpg>

CAPÍTULO VI – REFORÇO DE PAREDES INTERIORES TRADICIONAIS POR MEIO DE PLACAS DE DERIVADOS DE MADEIRA

6.1 INTRODUÇÃO

As paredes com estrutura de madeira e revestimento em argamassa, correntemente designadas por tabique, encontram-se muito pouco estudadas do ponto de vista do seu comportamento mecânico. Humberto Varum, et al²⁷⁵ desconsidera mesmo a sua contribuição para o desempenho estrutural da construção dada a sua reduzida rigidez e resistência. Ao contrário, João Appleton defende que estas constituem uma importante reserva de resistência e apresentam um comportamento elástico, exercendo um papel fundamental no travamento estrutural de edifícios antigos, considerando como tal aqueles construídos antes da utilização do betão armado²⁷⁶. Fernando Pinho refere a notável elasticidade e boa resistência às ações verticais deste tipo de paredes não apresentando, no entanto, valores concretos²⁷⁷.

Este capítulo pretende contribuir para o conhecimento do comportamento mecânico das paredes de tabique. Para o efeito foi conduzido um estudo experimental que teve por objetivo avaliar a resistência ao corte no plano da parede de tabique e o contributo das placas de derivados de madeira para a melhoria desse mesmo comportamento. Para o efeito foram estudadas duas variantes de um dos tipos de parede descrito no capítulo IV.

O estudo teve em consideração que, não obstante as paredes de tabique terem como principal função a compartimentação dos espaços interiores, ou seja, uma função não estrutural, estas podem apresentar uma componente estrutural não desprezável devida às suas funções de travamento ou contraventamento. A importância desta componente

²⁷⁵ VARUM, Humberto; et al – Estudo da vulnerabilidade e Soluções de Reforço de Edifícios em Alvenaria: Centro Histórico de Coimbra, Engenharia Estudo e Pesquisa. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, janeiro/junho 2005, p. 47-65.

²⁷⁶ APPLETON, João (2003) – Ob. Cit., p. 9.

²⁷⁷ PINHO, Fernando F.S. – Aspetos construtivos e funcionais das paredes divisórias na construção tradicional. In LOURENÇO, P.; et al. – Paredes Divisórias: Passado, presente e futuro. Porto: Ed. Universidade do Minho, junho 2011, p.7.

é mais significativa quando da presença de má qualidade de construção ou face a fenómenos de deterioração de componentes estruturais²⁷⁸.

As paredes de tabique podem estar sujeitas a esforços de corte devido a ações gravíticas (cargas verticais) ou a ações sísmicas (cargas horizontais). Por outro lado, frequentemente ocorrem assentamentos diferenciais ao nível das fundações que levam ao aparecimento de tensões de corte adicionais em paredes secundárias, com e sem funções estruturais. No presente estudo é considerada a utilização das placas de derivados de madeira na reparação²⁷⁹/reabilitação²⁸⁰ deste tipo de paredes através de um aumento da resistência ao corte no plano das paredes.

A aplicação destas placas permite ainda proceder a intervenções de baixo custo, reparando a ocorrência de fissurações através de um processo menos oneroso em termos de mão-de-obra. Com estas soluções elimina-se a necessidade de utilizar argamassas de reparação, evitando o decorrente aumento do teor de água dos elementos de madeira que constituem a estrutura da parede e, conseqüentemente, o risco de degradação biológica.

A reparação de fissurações que possam ocorrer nos rebocos de acabamento é importante igualmente do ponto vista do comportamento ao fogo deste tipo de paredes. As fissuras permitem uma exposição direta da estrutura de madeira ao foco de incêndio e assim diminuir significativamente o seu desempenho. Jorge Pinto realizou um ensaio para analisar o comportamento ao fogo de uma parede divisória de tabique, tendo concluído que a camada de revestimento em argamassa com 1,5 cm apresenta um papel importante para o bom desempenho deste tipo de parede²⁸¹. Se a parede não possui o revestimento de argamassa de cal e areia, incluído na classe A1²⁸², a sua

²⁷⁸ Idem, p.6.

²⁷⁹ Reparação – “Eliminação dos efeitos da danificação ou deterioração restabelecendo o estado inicial da estrutura. Substituição ou correção de materiais, componentes ou elementos numa estrutura que se apresentem deteriorados, danificados ou defeituosos. Uma medida que corrige os defeitos. Restauro de qualquer parte de um edifício, tendo em vista a sua manutenção. Uma medida que corrige os defeitos.” CÓIAS, Vítor - Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos. Lisboa: Eds. ARGUMENTUM e GECORPA, 2007, p. 363

²⁸⁰ Reabilitação – “Conjunto de ações destinadas a tornar funcional um edifício ou conjunto urbano, envolvendo frequentemente, melhoramentos.” Idem, p. 362.

²⁸¹ PINTO, Jorge; et al. – Ob. Cit., p.6.

²⁸² Cf. SANTOS, Carlos A. Pina – Ob. Cit. (ITE 55), p. 1.5.

classificação de reação ao fogo é igual à madeira utilizada na parede divisória de tabique e integra a classe D²⁸³. As placas de derivados de madeira, embora não possam atingir a classe A1 podem conferir uma classe B de reação ao fogo, através da adição de produtos ignífugos.

Por fim, refira-se que a utilização de placas permite a remodelação do interior dos edifícios através da utilização de folhas de revestimento decorativas ou da cor da própria placa adaptando-se a funções distintas e ao gosto pessoal do utilizador final.

6.2 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Após o levantamento geométrico de diversas paredes com estrutura de madeira e revestimento em argamassa, conduzido em habitações situadas em diversos locais do território nacional, e da consulta da bibliografia recolhida²⁸⁴ foi decidido testar dois tipos de variantes (E e L), distintas devido à distância entre tábuas da estrutura primária (Fig.51). Este aspeto construtivo varia entre os exemplos identificados.

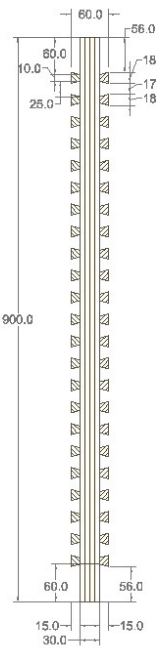
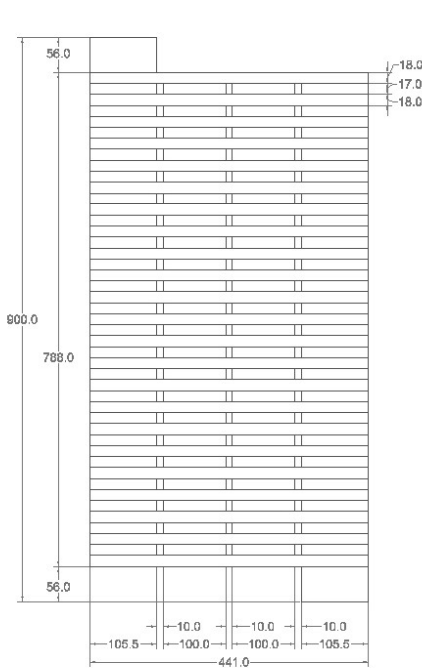
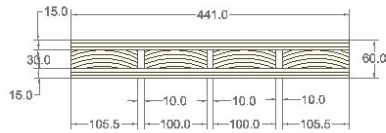
6.2.1 Materiais utilizados

Foram definidos dois tipos de painel de parede que diferem no afastamento entre as tábuas da estrutura principal. Os painéis foram feitos à escala real mas restritos à análise de um volume parcial de parede (0,90 m x 0,44 m x 0,06 m) dado o objetivo do estudo. A estrutura de madeira foi feita com pinho bravo (*Pinus pinaster* Ait.). Os painéis são constituídos por tábuas de secção retangular com 100x30 mm colocadas na vertical. O painel tipo E (estreito) possui afastamentos de 10 mm entre tábuas e o painel tipo L (largo) possui afastamentos de 20 mm. Foram construídos 20 unidades de cada tipo (Fig.52).

²⁸³ Cf. SANTOS, Carlos A. Pina – Ob. Cit. (ITE 55), p. 1.7.

²⁸⁴ Referida no Capítulo IV.

TIPO E



TIPO L

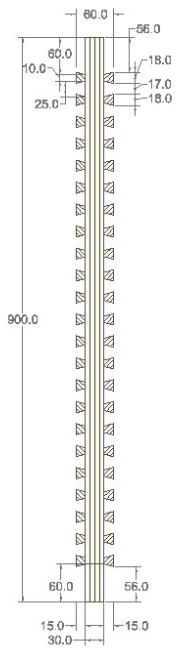
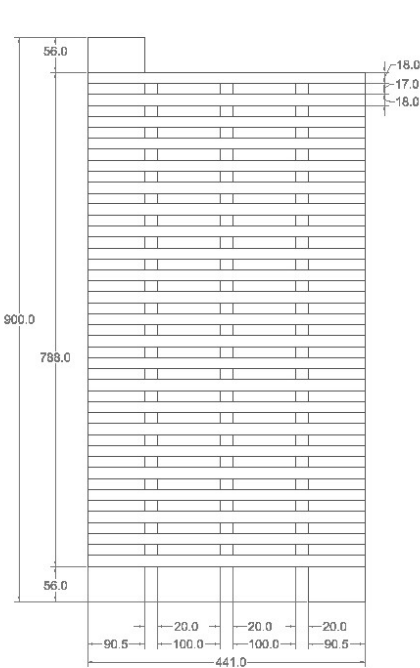
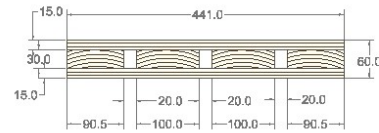


Figura 52. Esquemas da estrutura de madeira dos painéis.

Sobre a estrutura primária é pregado um fasquiado de secção trapezoidal com 18 mm na face exterior, 10 mm na face interior e 15 mm de largura. Este fasquiado foi pregado com afastamentos de 17 mm em ambas as faces do painel. Em cada sobreposição de uma ripa trapezoidal com uma tábuia foi colocado um prego quadrado fasquiado, que possui secção quadrada com 1,83 mm de espessura e 30 mm de comprimento.

De seguida, os painéis foram revestidos com uma argamassa de cal e areia numa só camada até cobrir o fasquiado. A forma trapezoidal do fasquiado funciona como o

melhor modo para entalar a argamassa junto à estrutura primária do sistema construtivo²⁸⁵.

A argamassa foi aplicada em ambas as faces e apertada com a talocha. Previamente à aplicação do revestimento, as estruturas foram molhadas à trincha para evitar a absorção em excesso da água da amassadura pela madeira (Fig.53). Tendo em conta que a madeira de pinho absorve facilmente água, decidiu-se aplicar, previamente, uma camada de leite de cal com características hidrófugas em 10 unidades (painéis identificados como CH) para evitar a absorção de água da amassadura e reduzir a ocorrência de eventual fissuração no reboco, durante a secagem. A aplicação do leite de cal deveria permitir que o revestimento se unisse ao suporte através de uma ligação química. Este procedimento foi realizado em 5 painéis do tipo E e 5 do tipo L (Fig.54).

A argamassa utilizada resultou da mistura de cal em pasta não hidrófuga²⁸⁶ ao traço 1:4 de areia média lavada e 20% do volume da cal em aditivo pozolânico (argamassa n.º1)²⁸⁷.



Figura 53. Painéis sem a argamassa e humedecimento da estrutura, antes da aplicação das argamassas.

²⁸⁵ SILVEIRA, Paulo; VEIGA, Rosário; BRITO, Jorge de – Gypsum Coatings in ancient buildings. *Construction and Building Materials*. 21 (2007), p. 126-131.

²⁸⁶ Foi utilizada cal hidratada em pasta não hidrófuga D. Fradique, aditivo pozolânico D. Fradique e secante D. Fradique. Agradece-se à empresa Fradical, na pessoa do Engenheiro Fernando Cartaxo, a doação do material para realizar estes ensaios.

²⁸⁷ A argamassa foi feita da seguinte forma: 5 litros de cal em pasta, 20 litros de areia, 1 litro de aditivo pozolânico e 1 litro de água. A quantidade de água da argamassa foi aferida após mistura, sendo por vezes adicionada um pouco mais água para se obter a consistência correta.

Para os painéis com a estrutura previamente caiada decidiu-se utilizar, por conselho do fornecedor, uma mistura diferente, com cal em pasta e areia média lavada ao traço 1:4, mas com 30% do volume da cal em aditivo pozolânico e 2,5 litros de pó de mármore. Nesta mistura foi adicionado secante na proporção de 8% para cada 10 litros de cal (argamassa n.º2). O pó de mármore permite uma argamassa mais compacta e de acabamento mais uniforme, uma vez que este agregado vai preencher os vazios da areia. O secante permitiu um endurecimento mais rápido.



Figura 54. Aplicação de leite cal e aspeto dos painéis após a secagem da caição.

O revestimento dos painéis foi iniciado no dia 15 de novembro de 2011, tendo-se realizado cerca de 9 faces por dia, preparando a argamassa sempre com o mesmo traço, no início do dia de trabalho (Fig.55). A aplicação do revestimento foi realizada em duas fases distintas, uma vez que as paredes eram dispostas na horizontal para a aplicação das argamassas, sendo depois necessário deixar secar 7 dias antes de se poder proceder à aplicação na outra face.

Uma das situações visíveis após a secagem das argamassas prende-se com a existência de alguns vazios junto à estrutura de madeira que não ficaram preenchidos. Estes espaços podem resultar de aplicação deficiente, com pouco aperto, deixando vazios, ou por retração da argamassa durante a secagem.



Figura 55. Aplicação de argamassa na estrutura de madeira.

Também se pode observar na madeira algum azulamento em serviço, relacionado com a quantidade de água que é necessário utilizar, quer no humedecimento prévio das estruturas quer na execução da amassadura. O desenvolvimento de fungos de azulamento pode acontecer para valores de teor de água da madeira iguais ou superiores a 20%²⁹⁰. Embora este limite esteja a ser atualmente questionado²⁹¹, continua a ser o limite de teor de água de risco de aparecimento de fungos, sendo passível de ser adaptado a uma situação específica (exposição dos elementos de madeira, espécie de madeira e espécie de fungo em presença). A madeira de pinheiro bravo infetada por fungos do azulamento resulta numa alteração de aspeto e não das suas propriedades mecânicas.

Do total de quarenta painéis produzidos vinte foram sujeitos ao ensaio de corte no plano do painel na solução tradicional sem placas de derivados e, após o ensaio, os mesmos painéis foram reforçados com aplicação de placas de derivados de madeira (Aglomerado de fibras de média densidade – MDF; Contraplacado - PW) em ambas as faces (Fig.56)²⁹². Os painéis com reforço após dano foram novamente ensaiados com o objetivo de avaliar o contributo deste tipo de placas para o reforço e/ou reparação de paredes já danificadas. Os outros vinte painéis foram ensaiados já com as soluções de

²⁹⁰ Cf. BRANCO, Maria Isabel Vara, NUNES, Lina; PEREIRA, Helena - Importância dos Fungos Cromogéneos na Fileira Florestal: Avaliação Preliminar da sua Distribuição em Portugal in 5.º Congresso Florestal Nacional, 16 a 19 de maio de 2005, Viseu.

²⁹¹ Cf. NUNES, Lina – Bases para a monitorização do risco de degradação na construção de casa de madeira in P.B. Lourenço, et al. – Seminário Casas de Madeira. Lisboa: LNEC, 2013, p.30.

²⁹² Consultar esquema de amostragem para o ensaio no anexo 3.

reforço aplicadas. No final foi possível a comparação do comportamento de painéis sem reforço, painéis com reforço após dano e painéis com reforço e sem dano mecânico prévio.

A aplicação do reforço nos painéis previamente sujeitos a ensaio foi efetuada após reposição das condições iniciais. Para este efeito os painéis foram sujeitos a uma força contrária para retirar a deformação residual. Os painéis foram então reforçados com placas de 8 mm de MDF ou de 10 mm de PW em ambas as faces. Dos dez painéis do tipo E, cinco foram reforçados com MDF e os restantes cinco com PW. Para os painéis do tipo L procedeu-se da mesma forma. De referir que em cada dez painéis existiam cinco com aplicação prévia da caiação (CH).

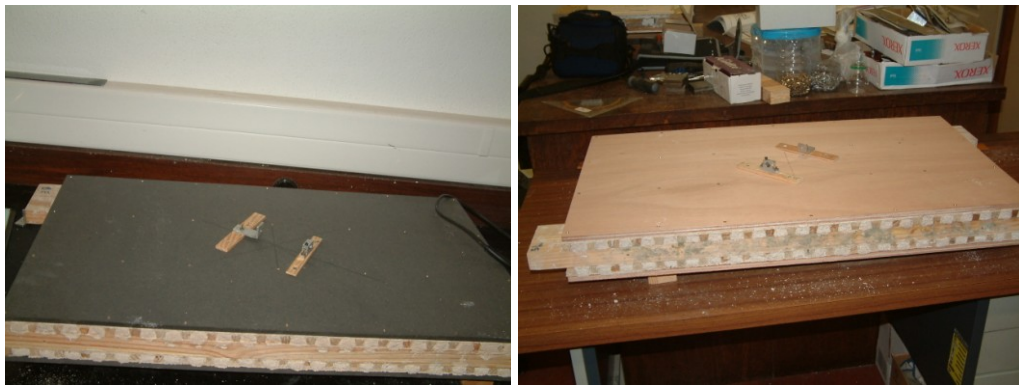


Figura 56. Painéis reforçados com MDF e contraplacado a serem preparados para o ensaio.

Os restantes vinte painéis do tipo E e L não ensaiados na solução tradicional, foram também reforçados com placas de 8 mm de aglomerado de fibras de média densidade (MDF) e 10 mm de contraplacado (PW) (Fig.55). Para cada tipo de reforço foram utilizados dez painéis do tipo E e dez do tipo L, não existindo neste caso nenhum painel com a caiação prévia com o leite de cal (CH). Cinco unidades de cada tipo (E/L) foram reforçadas com MDF em ambas as faces e 5 unidades de cada tipo (E/L) foram reforçadas com contraplacado (PW).

No anexo 4 apresentam-se as características das placas utilizadas. A fixação das placas à parede de tabique seguiu as recomendações da especificação técnica europeia CEN/TS 12872:2007, relativamente ao tipo de parafuso a utilizar (diâmetro e comprimento) bem como os espaçamentos entre parafusos e a distância entre estes e os bordos da placa.

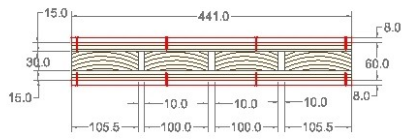
- Diâmetro do parafuso $\geq 0,16$ x espessura da placa;
- Comprimento do parafuso ≥ 2 x espessura da placa;
- Distância aos bordos ≥ 8 mm.
- Distância entre parafusos ≤ 150 mm.

Da marcação destas distâncias resulta uma malha retangular (Fig.57). Nos locais de intersecção destas linhas foram aplicados os parafusos. Desta forma, foram aplicados vinte e oito parafusos em cada face do painel com quatro parafusos em cada ripa horizontal, repetindo-se nas restantes ripas. Os parafusos utilizados são da *Pecol* com a referência *Pf.Agl.C.Emb.Pz PCL202 Aço PA 2,6X25*.

De acordo com o descrito no documento *PanelGuide*²⁹³ foi efetuada uma perfuração nas placas antes da aplicação dos parafusos. Essa perfuração correspondeu a 2,3 mm de diâmetro, obedecendo ao critério de pré-furação com um diâmetro de 85% a 90% do diâmetro do parafuso.

²⁹³ Wood Panel Industries Federation. *PanelGuide*. Technical manual. [online]. [disponível na Internet via www.wpif.org.uk/PanelGuide.asp], consultado em 23 de Agosto de 2013.

TIPO E



TIPO L

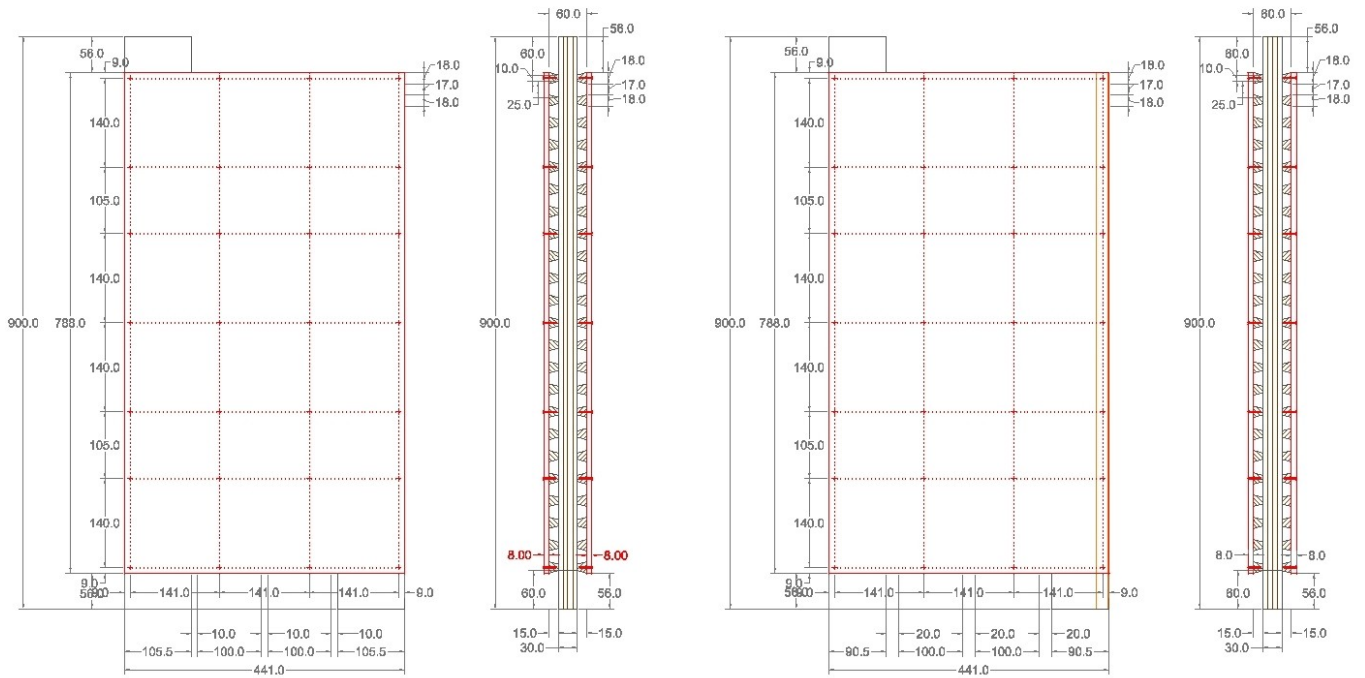
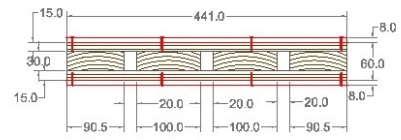


Figura 57. Esquemas da estrutura de madeira dos painéis executados com os reforços (a vermelho).

6.2.2 Ensaio de corte no plano do painel

Os ensaios dos painéis ao corte iniciaram-se decorridos 90 dias sobre o término da aplicação das argamassas no Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Estes foram realizados numa máquina de ensaios universal *Shimadzu* de 250 kN de capacidade e classe de precisão 0,5.

O procedimento de ensaio foi adaptado do esquema de carga indicado na norma portuguesa NP EN 380. A adaptação efetuada prendeu-se com a necessidade de conduzir o ensaio até um limite de deformação (25 mm) e não de carga máxima. A Figura 58 e o Quadro 9 indicam as condições impostas ao longo do ensaio. Nos patamares de introdução de carga foi imposta uma velocidade de deslocamento da cabeça da máquina de 2 mm/min.

Quadro 9. Procedimento de ensaio

Passo	Condição	Tempo em segundos
0	F=0	
0-1	Aumento da carga até 0,4kN	
1-2	Manutenção da carga 0,4kN	30
2-3	Redução da carga até 0,2kN	
3-4	Manutenção da carga 0,2kN	120
4-5	Aumento da carga até se atingir 25 mm de deslocamento no ponto de leitura 1A (Fig. 58)	

No decurso do ensaio foram efetuadas leituras de deslocamentos nos locais assinalados na figura 59. Os pontos de leitura tiveram em consideração o preconizado nas normas europeias EN 789 (deslocamento na diagonal da placa) e na EN 594 (no montante sob aplicação da força).

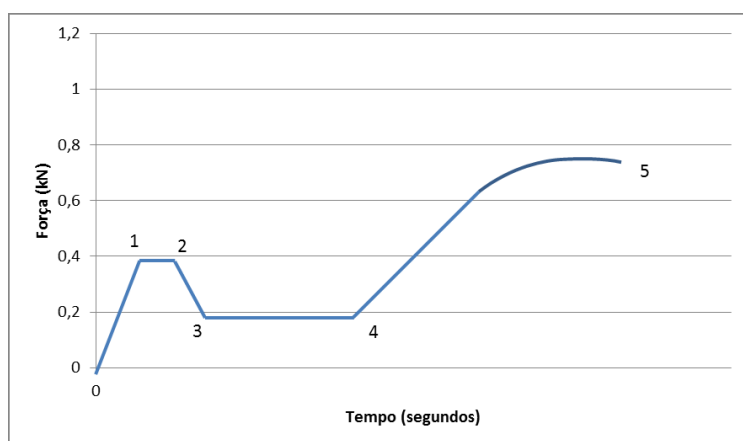


Figura 58. Procedimento de aplicação de carga.

Na medição dos deslocamentos foram empregues os seguintes sensores de deslocamento:

- Dois LVDTs, modelo DCT1000A com um alcance de $\pm 25\text{mm}$, posições 1A e 1B;
- Dois LVDTs, modelo MD5/500HK com um alcance de $\pm 12,5\text{mm}$, posições 5A e 5B (montados em faces opostas do painel);
- Um LVDT, modelo DCTH200AG com um alcance de $\pm 5\text{mm}$, posição 2A.

Os cálculos efetuados tiveram por base as normas EN 789 (cálculo do módulo de distorção em corte de diafragma - G_v) e EN 594 (cálculo do módulo de distorção no plano do painel - R). As indicações das normas tiveram em linha de conta o facto de o ensaio não ter sido conduzido até à rotura mas somente até à imposição de uma deformação máxima (Quadro 9).

$$G_v = 0,5 \frac{\Delta_F}{\Delta_d} \frac{l_1}{lt} \quad (1)$$

Em que:

G_v módulo de distorção em corte de diafragma (N/mm^2)

$\frac{\Delta_F}{\Delta_d}$ representa o declive da curva força/deslocamento na zona 4-5 (Fig.58) (em zona de comportamento linear – reta de regressão com coeficiente de correlação superior a 0,99);

l_1 representa o comprimento do vão de medição do deslocamento;

l representa o comprimento do painel ao longo da diagonal da zona sujeita a corte (Fig.58) e;

t é a espessura média do painel medida em dois pontos na linha central da zona sujeita a corte.

$$R = \frac{\Delta_F}{\Delta_d} \quad (2)$$

Em que:

R representa o módulo de distorção no plano do painel (N/mm);

$\frac{\Delta_F}{\Delta_d}$ representa o declive da curva força/deslocamento na zona 4-5 (Fig.58) de comportamento linear.

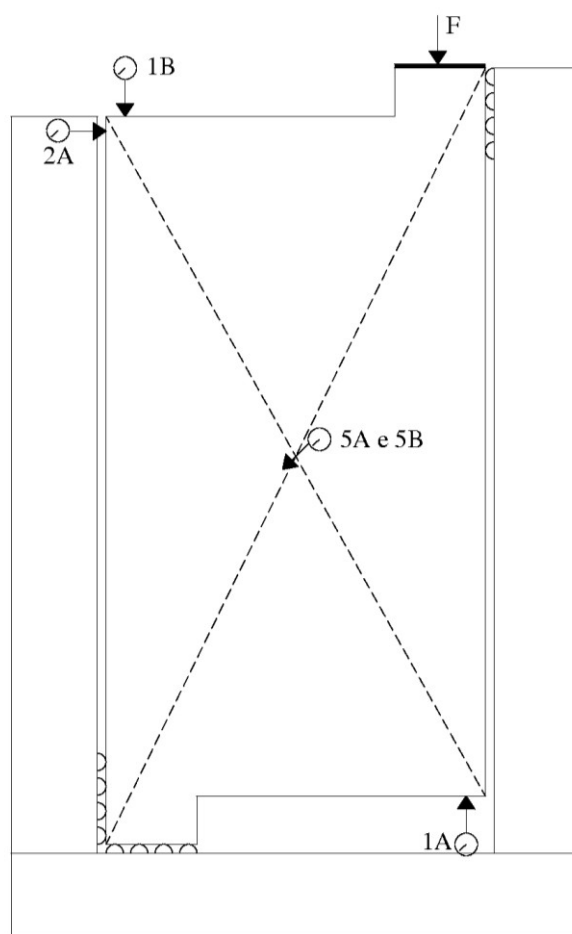


Figura 59. Esquema de ensaio com indicação dos pontos de leitura do deslocamento.

6.3 RESULTADOS

O quadro 10 apresenta os resultados globais obtidos para as diversas situações estudadas dos painéis sem reforço. Os painéis sem revestimento com placas de derivados apresentam uma baixa rigidez resultante da forma como o sistema é montado como uma grelha. A própria argamassa muito dúctil entalada nas régua trapezoidais molda-se aos movimentos verticais da estrutura de madeira. O facto de a argamassa não aderir ao suporte reduz a ocorrência de destacamentos, apesar de se terem registado alguns casos. Contudo, a maioria das situações em que isto sucedeu foi nas áreas limítrofes dos painéis, o que pela sua constituição são pontos mais frágeis, sem balizas físicas. Esta questão seria resolvida em obra pela ortogonalidade

das paredes interiores, umas em relação às outras, ou através de prumos de madeira verticais a rematar os topos, muito comum em obra.

Quadro 10. Resultados obtidos para os diversos tipos de painel ensaiados sem reforço

	Tipo-E		Tipo-L		Tipo-E	Tipo-L
	Sem CH	Com CH	Sem CH	Com CH		
PAINÉIS SEM REFORÇO						
Módulo de distorção em corte de diafragma – G_v (N/mm²)						
Valor médio	0,4724	0,512	0,543	0,593	0,492	0,568
Desvio padrão	0,064	0,158	0,089	0,115	0,116	0,100
Módulo de distorção no plano do painel – R (N/mm)						
Valor médio	60,999	60,433	73,779	76,276	60,716	75,028
Desvio padrão	6,33	18,72	14,89	15,43	13,18	14,35



Figura 60. Painel a ser preparado para o ensaio e o ensaio a decorrer.

Após o ensaio não ocorreram destacamentos dignos de registo, apenas quedas de pequenos grãos de areia ou argamassa, que poderiam ser evitadas com a aplicação de uma argamassa de granulometria mais fina, que iria preencher os vazios do emboço e a aplicação de um acabamento em água de cal. Registe-se que algumas áreas mais

frágeis do sistema são as zonas de fixação do ripado trapezoidal à estrutura primária através de pregos, onde se verifica a ocorrência de fissuração.

Da análise dos resultados dos ensaios, conclui-se que os painéis do tipo L permitem, em média, a aplicação de uma força ligeiramente superior aos do tipo E (Fig.61). Registe-se que aquelas que foram sujeitas a uma caiação prévia (CH) apresentam, em média, um comportamento semelhante nos dois tipos de painéis, não havendo nenhuma alteração digna de registo. No entanto, a consideração da variabilidade dos resultados obtidos em cada uma das situações (L e E) conduz pela aplicação do teste *t-student* a que se conclua que não existem diferenças significativas entre as médias obtidas.

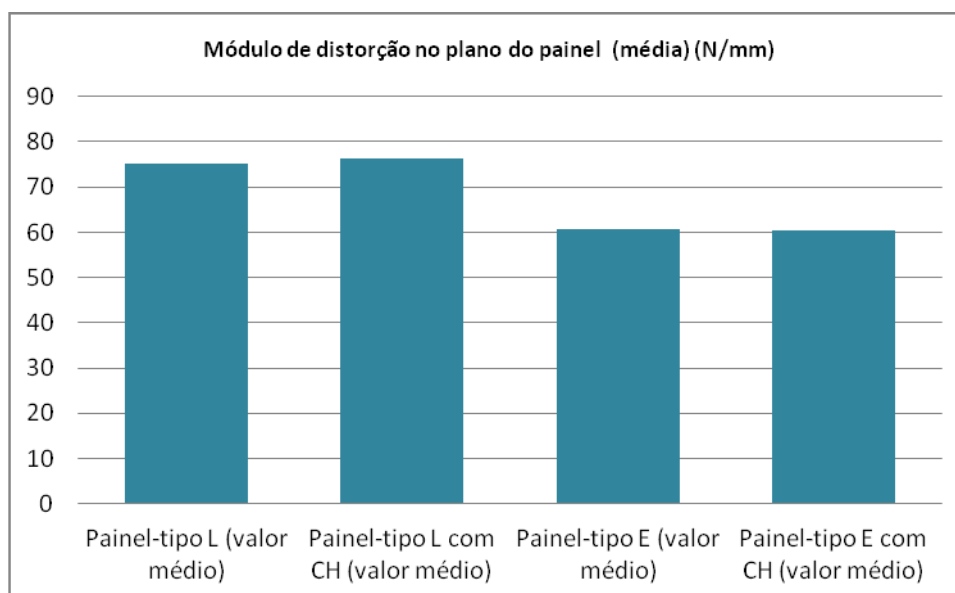


Figura 61. Valores médios dos resultados do ensaios aos painéis sem reforço prévio, com distinção entre tipos de painel (L/E) e identificação dos submetidos a caiação prévia (CH).

Depois do primeiro ensaio, os mesmos painéis (20 unidades) foram forçados a ganhar novamente ortogonalidade. Uma primeira observação a fazer é a facilidade da estrutura já ensaiada voltar à posição inicial sem grandes danos. Após os ensaios os painéis apresentavam uma deformação residual média de 3 mm com um desvio padrão de 0,69 mm (valores medidos 60 s após a remoção da carga). Novamente, isto deve-se ao facto da estrutura ser muito elástica, permitindo estes movimentos sem grandes danos. A argamassa também não sofre muitos danos, apesar de se soltarem pequenos grãos de areia, mas sem perda de massa significativa.

Comparando, os valores médios do módulo de distorção no plano do painel (R) resultantes do ensaio sem reforço e, posteriormente, do ensaio com reforço, para os mesmos painéis, podemos constatar que a força máxima admitida é cerca de 22 vezes superior (Fig.62 e Quadro 11) no caso do MDF e de cerca de 16 vezes no caso do contraplacado. Esta diferença é explicada pela diferença de rigidez associada a cada tipo de placa de derivado de madeira.

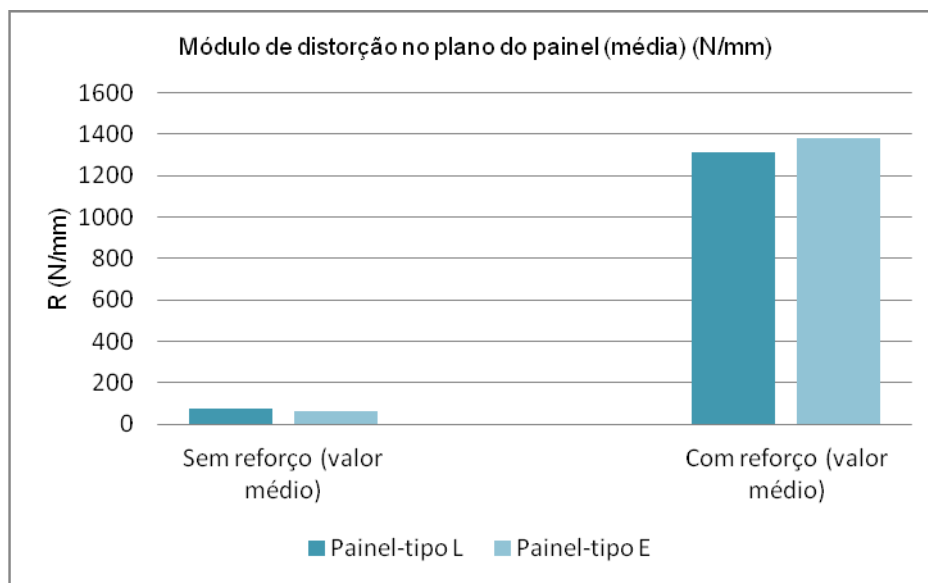


Figura 62. Valores médios dos ensaios aos painéis antes e após reforço, com distinção entre tipo de painel (L/E).

O resultado dos painéis reforçados, após dano, permite concluir que os dois sistemas construtivos (largo e estreito) apresentam, em média, a aplicação de uma força semelhante, não se registando diferenças significativas. A consideração da variância observada nos ensaios (diferenças entre painéis) implica que a aplicação do teste *t-student* indique uma diferença entre médias não significativas.

Os valores do módulo de distorção dos materiais de reforço (ver anexo 4), dos painéis com reforço (quadro 11) e dos painéis sem reforço (quadro 10) indicam que a transmissão de esforços no plano do painel é reduzida, estando os esforços concentrados na periferia do painel (montantes exteriores) nas ligações pregadas aí existentes. Esta situação é claramente exemplificada pela análise da figura 63 onde se pode observar uma elevada concentração de parafusos partidos junto aos montantes

atrás referidos. Refira-se que a aplicação de um revestimento mais rígido (MDF.HLS) melhora a transmissão de esforços no plano quando comparado com um revestimento menos rígido (contraplacado leve de Okoumé).

Durante o ensaio, em média, partem-se cerca de 40% dos parafusos. Contudo, a maioria é retirada sem prejuízo para a estrutura inicial, sendo que a aposição das placas de contraplacado ou de MDF aumenta muito a rigidez dos painéis. Se separados por tipo de reforço, conclui-se que com o MDF consegue-se um aumento da rigidez dos painéis, em média, cerca de 200 N/mm superior em relação ao PW.

Quadro 11. Resultados obtidos para os diversos tipos de painéis reforçados após dano

	Tipo-E		Tipo-L	
	MDF	PW	MDF	PW
Módulo de distorção em corte de diafragma – G_v (N/mm²)				
Valor médio	153,88	205,10	178,63	169,99
Desvio padrão	60,50	66,18	49,64	32,62
Módulo de distorção no plano do painel – R (N/mm)				
Valor médio	1431,29	1323,97	1435,81	1191,86
Desvio padrão	172,63	135,99	117,98	111,41

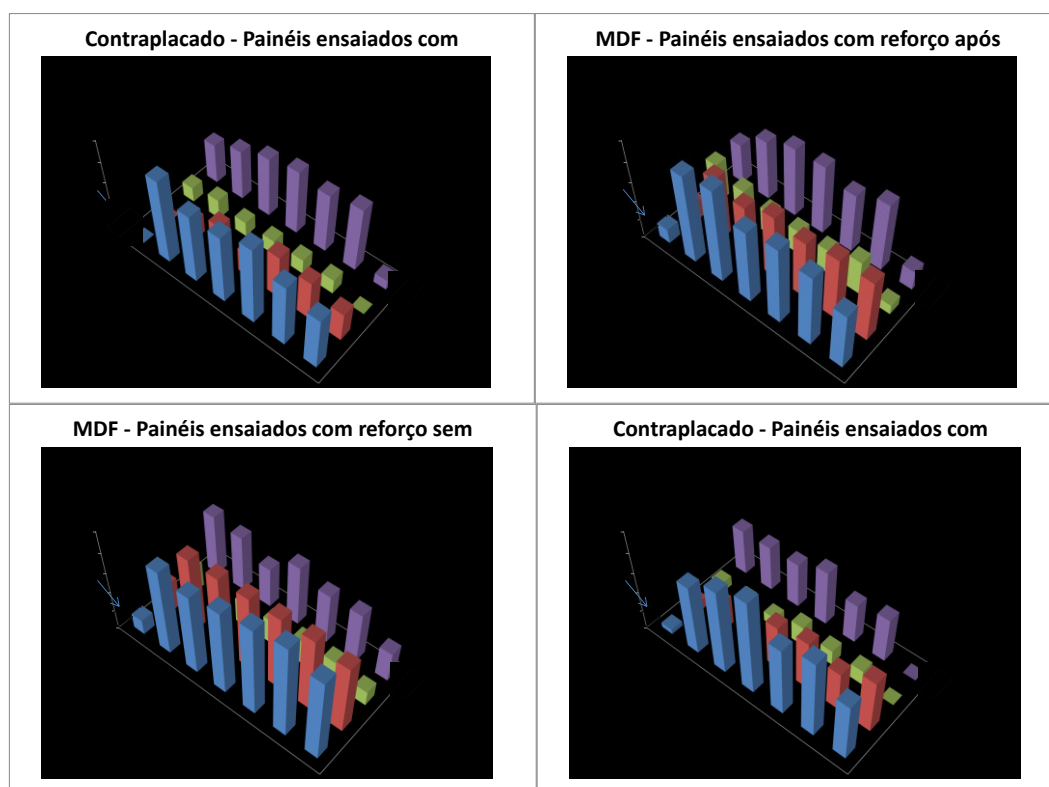


Figura 63. Localização dos parafusos de ligação entre as placas de derivados e o painel de tabique que se partiram durante o ensaio (incluindo painéis reforçados após dano e painéis reforçados sem dano prévio).

Quando se analisa o gráfico com valores médios dos resultados após a aposição das placas de reforço, mas separando por tipo de painel (L e E), conclui-se que o reforço com MDF anula as diferenças entre tipo de painel (Fig.64). De facto, os valores médios dos painéis-tipo E e L são muito próximos. No caso do reforço com PW, o painel-tipo E apresenta um valor médio superior ao painel-tipo L. Contudo, quando observados os valores individuais resultantes destes ensaios e a dispersão de valores (variância) o teste *t-student* indica uma diferença não significativa entre os resultados com os dois tipos de reforço (MDF e PW).

Os painéis que foram ensaiados logo com o reforço aplicado (sem dano anterior) mostram valores em média, ligeiramente superiores aos anteriormente ensaiados com reforço após introdução de dano (Fig.66).

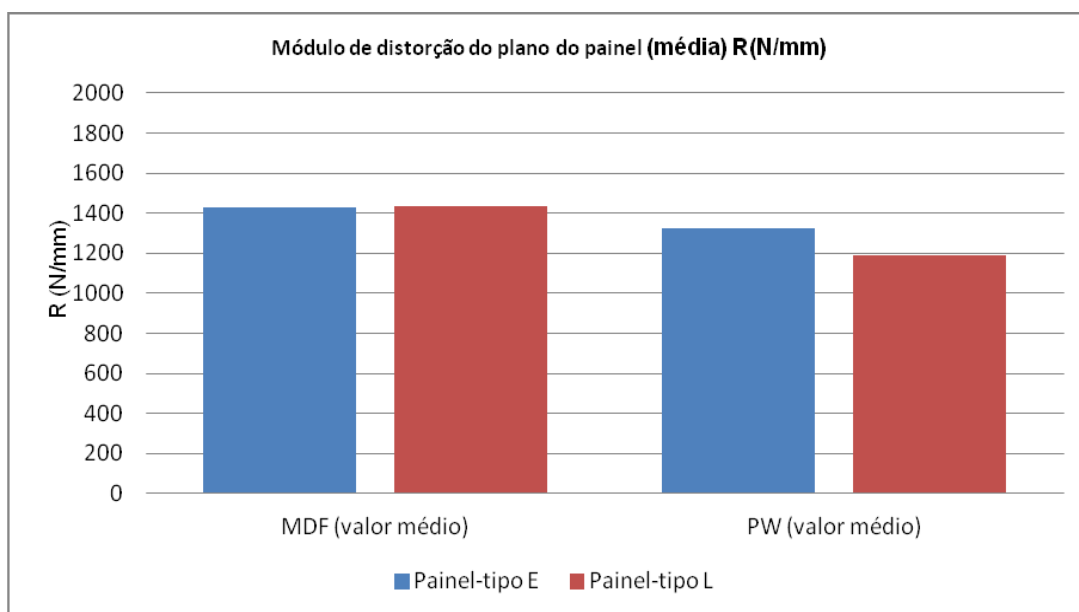


Figura 64. Valores médios dos ensaios aos painéis após reforço com distinção entre o tipo de painel (L/E) e o tipo de reforço (MDF/PW).

Quadro 12. Resultados obtidos para os diversos tipos de painéis reforçados sem dano

PAINÉIS COM REFORÇO SEM DANO				
	Tipo-E		Tipo-L	
	MDF	PW	MDF	PW
Módulo de distorção em corte de diafragma – G_v (N/mm²)				
Valor médio	176,65	127,24	200,85	161,76
Desvio padrão	31,15	37,51	44,13	49,97
Módulo de distorção no plano do painel – R (N/mm)				
Valor médio	1419,60	1351,16	1523,84	1340,82
Desvio padrão	156,93	138,95	143,32	182,08

Também neste caso, os valores resultantes do reforço com MDF são superiores aos valores dos reforçados com PW (Fig.65). O reforço com MDF apresenta um valor médio superior em 100N/mm para o painel-tipo L em relação ao outro painel (Quadro 12). No caso do reforço com PW, as diferenças nos resultados do reforço entre sistemas construtivos (largo/estreito) são anuladas, sendo que em média os valores se aproximam. Contudo, considerando mais uma vez a variabilidade dos resultados obtidos o teste *t-student* indica a não existência de uma diferença significativa entre médias. Da mesma forma se pode afirmar não existirem diferenças significativas nos valores médios entre tipos de painel.

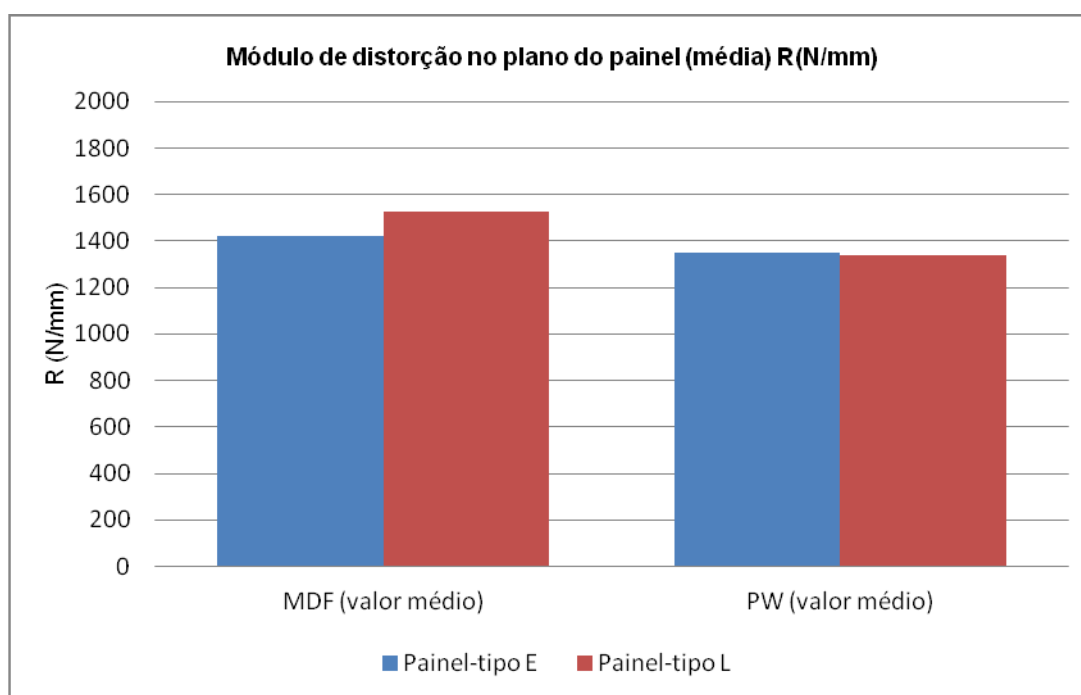


Figura 65. Resultados médios dos ensaios aos painéis apenas ensaiados após reforço (distinção entre tipo de painel e tipo de reforço).

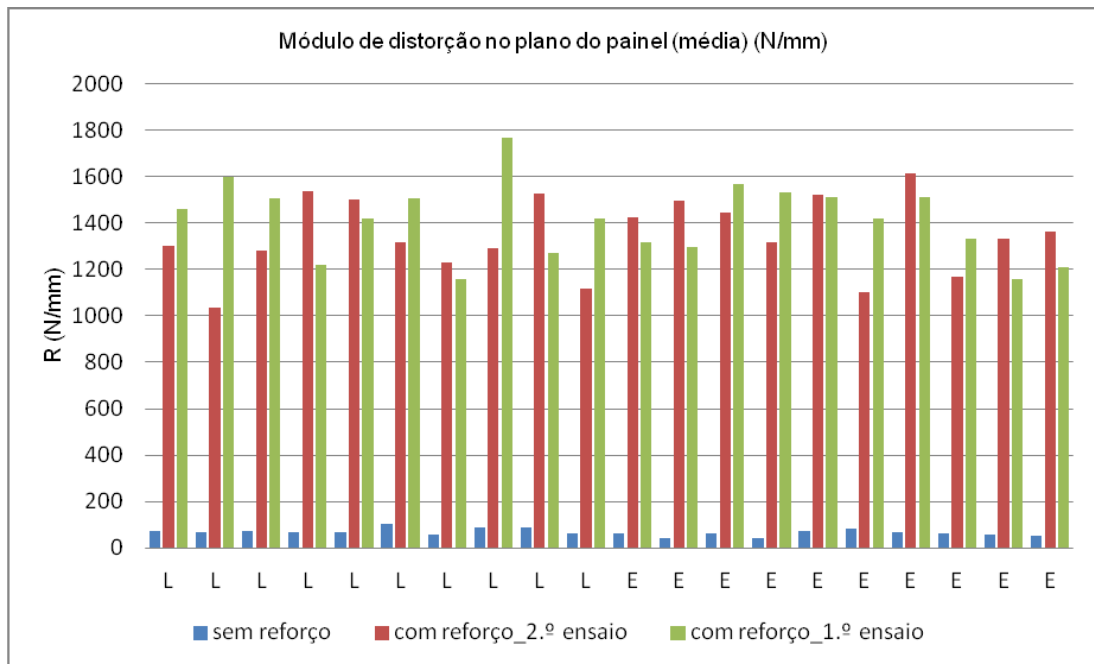


Figura 66. Resultados dos ensaios aos painéis antes e depois do reforço com placas de MDF/PW e aos provetes não ensaiados sem reforço (distinção entre os provetes tipo E e L).

6.4 CONCLUSÕES

Os ensaios realizados sobre painéis representativos de paredes de tabique permitem afirmar ser pouco significativa a contribuição da argamassa para a resistência da parede. A rigidez e resistência deste tipo de parede é assim assegurada apenas pela união pregada entre as ripas e as tábuas de madeira, sendo essa ligação solicitada de igual modo quer a cargas verticais quer a cargas horizontais. Desta forma, é possível extrapolar os resultados obtidos nos painéis, embora representem à escala um pequeno volume de uma parede de dimensão real.

Os resultados experimentais permitem inferir que as paredes de tabique apresentam uma fraca rigidez, sendo que esta fraca resistência lhes permite uma elevada deformabilidade face a esforços de corte no plano. O reforço dos paramentos destas paredes permite um aumento substancial da sua rigidez (cerca de 19 vezes), sendo possível este reforço da sua rigidez mesmo em condições em que a parede já

apresenta problemas estruturais, como por exemplo deformação e fendilhação. Esta solução é de fácil aplicação, sendo as regras de aplicação (parafusos, espaçamentos, tipos de placas adequadas face ao local de aplicação) definidas na normalização europeia.

Contudo, é importante referir que o presente estudo deverá ser complementado com outros que prevejam a validação numérica/experimental em paredes de dimensão real, no contexto de obra, que tenham em conta as ligações estruturais entre as paredes de tabique e os principais elementos da estrutura, tais como pavimentos e paredes resistentes.

Importa ainda estudar soluções construtivas que previnam o contato entre as placas de derivados e a existência de humidade nas paredes, através por exemplos de elementos que promovam a impermeabilização da parede. Esta questão é crucial de forma a garantir a durabilidade dos elementos de madeira da parede e das placas de derivados de madeira, que de outro modo viriam a sofrer degradação biológica (p. ex. fungos de podridão) e física (p. ex. inchamento). Será ainda importante estudar a possibilidade de aplicação de outros materiais entre a placa e a estrutura original da parede com o propósito de aumentar o nível de desempenho acústico e térmico deste tipo de paredes. No próximo capítulo será feita uma aproximação a esta problemática de forma genérica com os dados disponíveis sobre o comportamento térmico, acústico e de reação ao fogo deste tipo de parede e a contribuição das placas de derivados para o objetivo deste estudo.

CAPÍTULO VII – A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO COM RECURSO A PRODUTOS TÉCNICOS DE MADEIRA (PTM)

A conservação do património arquitetónico abrange um conjunto de ações diversas que se tornam fundamentais para a salvaguarda dos edifícios de um modo geral. Este conceito pode englobar uma ou mais ações que devem ser decididas consoante o caso, como por exemplo, a manutenção, a reparação ou o restauro. Em cada situação deve ser dada preferência a intervenções de menor envergadura se estas permitirem atingir os objetivos preconizados²⁹⁵, evitando, se possível, obras de grande monta que incluem substituições de muitos elementos ou, mesmo, demolições.

Em 1975, com a Carta da Conservação Integrada introduz-se o conceito de Reabilitação que pressupõe a atualização do património arquitetónico, ultrapassando a atitude de conservação, porque pretende conferir novas funcionalidades aos espaços, o que poderá envolver algum grau de transformação. De facto, a necessidade de adaptar o edificado a usos contemporâneos implicará, necessariamente, a introdução de elementos estranhos aos imóveis, que não se consegue apenas com recurso a soluções de manutenção. Esta atitude implica um conhecimento prévio do património arquitetónico – as fragilidades e as virtudes –, por forma a executar intervenções que contribuem para a sua valorização. O inventário que foi realizado das diferentes construções com utilização de madeira permitiu conhecer este património.

As estruturas identificadas foram construídas há pelo menos meio século. As construções com esqueletos de madeira com revestimentos em argamassas de terra possuirão muito mais que 50 anos. Deste modo, importa referir que a ocorrência de anomalias nos edifícios pode resultar do envelhecimento natural dos próprios materiais. Assim, parece óbvio que os edifícios que apresentam um bom estado de conservação terão sido sujeitos, pelo menos, a manutenções periódicas e, provavelmente, a intervenções mais profundas. Este facto revela a importância que a utilização permanente e as operações de manutenção têm na preservação do património edificado, uma vez que a falta de uso de muitas construções é condição suficiente para o seu abandono e, como consequência, a sua degradação.

²⁹⁵ Cf. HENRIQUES, Fernando – Ob. Cit., p. 2.

De um modo genérico, a arquitetura tradicional conhece várias formas de proteger as suas construções do envelhecimento natural e dos agentes exteriores. Os beirados pronunciados e os revestimentos em ardósias e chapas onduladas são alguns exemplos. Por outro lado, a forma como se elevam do solo os paramentos em madeira, sobre alvenarias de pedra, denotam o cuidado na proteção deste material mais frágil quando em contato com o solo húmido. A exceção são as construções de madeira de pescadores onde as fundações são as próprias estacas de madeira que elevam os pavimentos do solo, de modo a permitir o normal movimento das dunas de areia.

Um conjunto de tarefas, periódicas e sazonais, potenciam a preservação das construções num estado de conservação razoável. Entre estas assume particular importância a limpeza sazonal das coberturas, com remoção de vegetação, reposição de telhas, argamassando encaixes, limpezas de beirados e caleiras de acompanhamento das águas da chuva. Para as estruturas estudadas, as ações de reparação de rebocos exteriores ou outros revestimentos ganham outro relevo para impedir a ocorrência de infiltrações nos paramentos com estruturas de madeira. Ainda de referir a necessidade de promover a franca ventilação do interior de modo a evitar o aparecimento de fungos, com abertura regular dos vãos, nomeadamente nos dias secos. Por último, lembrar que a maioria das estruturas realizadas com recurso a madeiras precisa de ser tratada periodicamente com produtos preservadores que evitem os ataques de fungos e xilófagos.

Muitos dos edifícios observados e inventariados encontram-se num avançado estado de degradação causado pelo abandono das construções. Foi este abandono que permitiu descobrir, descrever e caracterizar estas estruturas mais profundamente, uma vez que muitos dos paramentos das construções encontram-se revestidos com argamassas, ardósias e chapas, não permitindo a observação do sistema construtivo.

A degradação pode ter origem em fatores intrínsecos ao próprio material ou técnica construtiva ou em fatores extrínsecos, como por exemplo na ação dos agentes atmosféricos, nomeadamente na ação da água e do vento. Estas últimas são observáveis nas construções devolutas, onde nenhum esforço é efetuado para contrariar a degradação. Foi possível ainda detetar anomalias que se relacionam com intervenções inábeis que revelam desconhecimento da forma como se comportam as edificações antigas e, particularmente, a construção com recurso a madeira. Esta

situação resulta muitas vezes da adaptação dos edifícios antigos ao conforto moderno, com a introdução de instalações sanitárias e cozinhas com as necessárias redes de água e esgotos, ou com a renovação da cobertura com materiais não tradicionais.

Em algumas construções foi possível verificar que os paramentos foram substituídos, muitas vezes, por alvenarias de tijolo furado. As reconstruções de coberturas e pavimentos dão preferência a soluções de betão armado ou pré-esforçado. Ainda que seja necessária a adaptação das construções de forma a atingir níveis de conforto satisfatório, julga-se que estas intervenções devem respeitar a identidade material do edificado e garantir que as soluções introduzidas são compatíveis com o imóvel em causa. Contudo, é inevitável para o prolongamento da vida das construções a adaptação das mesmas para atingir níveis de conforto e funcionalidade satisfatórios. De outro modo, estas construções tornam-se obsoletas sendo sucessivamente abandonadas ou demolidas e substituídas por outras.

Nos edifícios antigos, as coberturas mais comuns possuem estruturas constituídas por elementos de madeira, que perfazem uma ou mais águas, onde assenta o revestimento. É um elemento fundamental na proteção da construção contra as águas da chuva porque promove a estanquidade dos topos dos paramentos. O balanço dos beirados protege também os paramentos contra a escorrência, afastando a água que cai da superfície das paredes e dos vãos.

A ocorrência de anomalias nos elementos que constituem a cobertura promove o aparecimento de outras anomalias nos outros elementos da construção, como na degradação dos rebocos ou outros revestimentos que protegem os esqueletos de madeira. Uma situação muito comum prende-se com a acumulação de lixos sobre as coberturas que favorece o desenvolvimento de líquenes e de vegetação que se fixam às telhas entupindo os canais e dificultando o escoamento regular das águas.

As estruturas de madeira deformam-se naturalmente o que pode originar o deslocamento de telhas de revestimento com os prejuízos que daí advêm para toda a cobertura. De facto, nestas situações a água das chuvas “empurrada” pelo vento consegue alcançar o interior dos edifícios saturando de água as madeiras da cobertura. Consequências deste estado húmido da madeira são a perda de resistência e da rigidez do próprio material. Por um outro lado, as estruturas das coberturas podem ter sido calculadas deficientemente o que potencia também deformações na estrutura

muito superiores às deformações naturais do material.

Com a humedificação das peças de madeira ocorrem maiores deformações na estrutura e o aparecimento de outros pontos de entrada de água pela cobertura. Do levantamento efetuado²⁹⁶ conclui-se que as construções inventariadas em estado de degradação avançada encontram-se votadas ao abandono. Quando as construções se encontram habitadas e utilizadas, os proprietários têm conseguido minimizar e contrariar as debilidades das construções, com maior ou menor êxito.

Na caracterização realizada no capítulo IV concluiu-se que nem todos os sistemas construtivos se adequam aos valores regulamentares, por exemplo, no que diz respeito ao comportamento térmico ou à segurança contra risco de incêndio. Ainda que não existam dados para qualificar todas as mais variadas soluções construtivas nas diferentes vertentes, a caracterização realizada permitiu tirar algumas conclusões. Considera-se, de facto, necessário a intervenção nestas estruturas de forma a melhorar o seu comportamento face a vários fatores. Contudo, importa melhorar o desempenho destes elementos, respeitando a sua própria materialidade, que nem sempre é garantida.

Os Produtos Técnicos de Madeira (PTM) estudados no capítulo V permitem melhorar o comportamento dos edifícios de um modo geral e em particular o desempenho de paredes e estruturas de cobertura e pavimentos de madeira. Estes produtos têm uma forte concorrência nos materiais correntes utilizados em larga escala na construção civil. De facto, estes são dominados pelos construtores e demais intervenientes, por isso são usados indiferentemente em obras de construção ou de conservação do património. Ao contrário, as soluções à base de madeira e derivados enfrentam sempre preconceitos resultantes, maioritariamente, da falta de conhecimento do modo de aplicação e do comportamento destes materiais.

Os sistemas construtivos com recurso a PTM indicados para a reabilitação são baseados em elementos leves que não sobrecarregam as estruturas existentes e permitem uma manipulação e instalação fácil e rápida. “Para complementar [...] a madeira e derivados têm excelente comportamento face a fenómenos sísmicos e à acção do fogo. O mesmo sucede face ao comportamento térmico e acústico, factores

²⁹⁶ Consultar fichas de registo no anexo 2.

cada vez mais importantes para a qualidade dos edifícios.”²⁹⁷ É de referir, ainda, a possibilidade de estes produtos poderem servir como elementos estruturais, como revestimento ou acabamento. Os exemplos que se seguem pretendem demonstrar que é possível contrariar as fragilidades destas construções, conseguindo melhorias no desempenho em diferentes aspetos das soluções construtivas identificadas.

No caso de substituição de estruturas de suporte de pavimentos e coberturas, a aplicação de vigas de madeira lamelada colada permite o respeito pela pré-existência, evitando a introdução de outras soluções estruturais que se poderiam revelar incompatíveis. Este processo de transformação da madeira permite fabricar vigas com 20m de comprimento, e por isso, com dimensões muito superiores ao tronco das árvores de origem, o que por vezes poderia tornar-se um entrave para vencer vãos maiores.

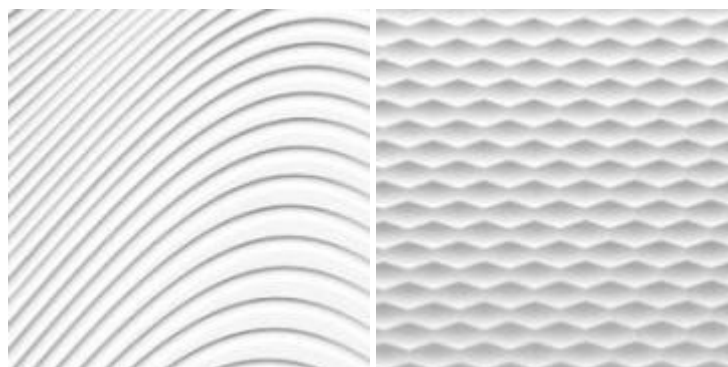


Figura 67. Exemplo de painéis em MDF, esculpido em profundidade, para utilizar em paredes e tetos²⁹⁸.

No caso das estruturas de madeira de suporte de soalhos, as queixas mais comuns prendem-se com a transmissão de sons aéreos e de reverberação entre espaços. Nestes casos, a intervenção recai muitas vezes na substituição destes sistemas por técnicas construtivas diferentes. Contudo, existem soluções para melhoria do

²⁹⁷ Cf. FÉLIX, Daniel; FEIO, Artur; BRANCO, Jorge M. – Sistemas de madeira e derivados na reabilitação urbana em situações de pós-catástrofe. In CINCOS'12: Congresso de Inovação na Construção Sustentável, Aveiro, 20 a 22 de setembro de 2012, p.4.

²⁹⁸ www.marotte.fr

desempenho destes sistemas que podem passar pela duplicação da madeira de soalho com introdução de um material viscoelástico e um isolante sonoro no meio. Este tipo de intervenção não compromete a identidade construtiva do imóvel nem levanta problemas de incompatibilidade material. Outra forma possível seria a introdução de isolamento sobre tetos falsos. Esta solução também pode resultar de uma reinterpretação das construções antigas que recorriam, por exemplo, a tetos com forros em tabuado de madeira²⁹⁹ ou a fasquiado estucado com florões. Neste último caso, existem painéis de derivados de madeira, como por exemplo o MDF, que permite modelar e desenhar a superfície em profundidade criando esquemas estéticos que podem ser vistos como uma reinterpretação dos tetos estucados da construção erudita (Fig.67).

Quando se trata de intervir em estruturas de coberturas de madeira também deve ser aproveitada a oportunidade para melhorar o desempenho das soluções tradicionais, nomeadamente com introdução de materiais que aumentem a capacidade de isolamento térmico, muitas vezes deficiente. Nestes casos, para além das soluções mais comuns com recurso a poliestireno, a indústria já apresenta soluções de placas de derivados de madeira que satisfazem as mesmas condições. De facto, a placa de fibras brandas (SB) com massa volúmica na ordem dos 250kg/m^3 apresenta valores de condutibilidade térmica na ordem dos $0,05\text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ³⁰⁰, colocando-a na gama de um isolamento térmico³⁰¹ (Fig.68).

Da análise feita aos resultados dos ensaios descritos no capítulo anterior, concluiu-se que a aposição de revestimentos em placas, como o MDF e o PW, poderá conferir um aumento significativo de rigidez das paredes interiores divisórias. Neste caso, podem ser executadas paredes leves, preservando mesmo o esqueleto pré-existente, com justaposição de um revestimento e/ou enchimento que melhorem o desempenho acústico, que pode passar pelo aumento do isolamento de sons de transmissão aérea e a diminuição da reverberação no interior do espaço, consoante a solução. Este tipo de

²⁹⁹ Sobre isto consultar o capítulo IV, na parte referente aos tipos de tetos identificados.

³⁰⁰ Cf. NP EN 13 986: 2010. Neste material já existem placas com massa volúmica inferior a 250kg/m^3 o que indicará que poderão apresentar valores de condutibilidade térmica inferiores a $0,05\text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$.

³⁰¹ Isolante térmico é o material de condutibilidade térmica inferior a $0,065\text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$, ou cuja resistência térmica é superior a $0,30(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$. Cf. SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís, Ob. Cit., p. 3.

solução permitirá, também, a introdução de diferentes revestimentos nomeadamente adequados a diferentes situações como em áreas húmidas ou onde a segurança contra incêndio pode ser um requisito específico.

As estruturas estudadas combinam madeira e argamassas ou alvenarias, pelo que em caso de presença de humidade, os diferentes materiais apresentam comportamentos distintos. A madeira é um material higroscópico e as alvenarias com revestimentos tradicionais, à base de cal aérea, apresentam permeabilidade ao vapor de água. A justaposição de uma placa de contraplacado pode alterar o modo como se fazem as trocas de humidade entre a parede a revestir e o ambiente, podendo resultar em prejuízo para a pré-existência. Deste modo, a permeabilidade ao vapor de água é uma característica importante na escolha do revestimento. Nas situações de colocação de novas placas de revestimento, deverá ser também garantida a ventilação da estrutura de madeira para evitar a ocorrência de condensações e o aparecimento de bolores.



Figura 68. Exemplo de reconstrução de cobertura com recurso a Placas de Fibras de madeira brandas (SB) sobre estrutura de madeira; neste caso melhoraram-se as ligações entre a estrutura e as paredes com recurso a uma cantoneira de ferro.

Quando o uso previsto para o espaço requeira a melhoria do comportamento acústico, através da redução da reverberação no interior dos espaços, os PTM apresentam soluções que combinam placas perfuradas com lã de rocha. Estas placas são perfuradas, em proporção ajustável dependendo do nível de exigência da utilização do espaço. Desta forma, em edifícios como igrejas, auditórios ou bibliotecas estas

soluções tornam-se uma mais-valia porque permitem um incremento das qualidades de audição dos espaços, contribuindo para a correta distribuição do som, evitando a sua concentração, a existência de ecos e de sombras sonoras.

No que diz respeito à reação ao fogo, as placas de derivados de madeira inserem-se na classe de reação ao fogo D-s2,d0, com exceção para as placas de fibras brandas e semiduras de baixa densidade que se situam na classe abaixo. Os aglomerados de partículas de madeira ligadas por cimento atingem um desempenho superior inserindo-se na classe B-s1,d0 de acordo com a NP EN 13986: 2010³⁰². Contudo, no fabrico destes produtos consegue-se melhorar o seu comportamento ao fogo através da adição de produtos ignífugos. Importa referir ainda que os ensaios de reação ao fogo realizados em laboratórios, permitiram classificar placas de aglomerados de partículas ignífugas na classe B³⁰³.

Outra questão prende-se com o comportamento térmico das soluções construtivas. No caso das coberturas já começa a ser uma opção corrente a introdução de isolamento térmico, mas o mesmo não se passa com os paramentos. Contudo, as soluções identificadas necessitam de melhorias também a este nível porque não satisfazem os valores mínimos que garantam o conforto interior dos espaços.

Numa intervenção em paredes com estruturas de madeira, vários fatores têm que ser avaliados. De facto, quando se pretende introduzir um isolamento pelo interior, deve ser tida em consideração a importância que a inércia térmica desempenha no clima do nosso território. Desta forma, a justaposição de placas de isolamento deve ser complementada com outro tipo de revestimentos, que podem ser placas de derivados de madeira, sempre que seja importante usar soluções leves. Normalmente, a introdução de isolamento no património edificado não é feita pelo exterior por razões de ordem estética. Contudo, nos casos de pisos balançados em madeira, esta pode ser uma solução, desde que o revestimento exterior (tabuado, ardósias, chapas) garanta a sua integração no conjunto e respeite tipologicamente o edifício em causa e a estrutura de suporte o permita.

Para exemplificar, foram realizados dois cálculos de melhoria de uma parede com duas soluções com isolamento térmico. No Quadro 13, a parede exterior de madeira com

³⁰² NP EN 13986: 2010

³⁰³ MACHADO, J. Saporiti (2005) – Ob. Cit., p.65.

enchimento em argamassa de cal foi revestida pelo interior com uma placa de 30mm de aglomerado de cortiça que possui um valor de condutibilidade térmica de 0,045 W/(m.°C) e uma placa de MDF com densidade na ordem dos 400Kg/m³. A parede na sua constituição original apresentava um coeficiente de transmissão térmica de 3,10 W/(m2.°C). Com o reforço de isolamento esta mesma parede passa a ter um coeficiente de transmissão térmica de 0,94 W/(m2.°C), que a coloca dentro dos mínimos definidos pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios³⁰⁴.

Quadro13. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de cal melhorada com placa de cortiça e placa de MDF

Madeira com enchimento em argamassa de cal (parede exterior)

Camada	λ (ver tab.) W/(m.°C)	espessura (m)	Ri (m2.°C)/W
Ext			
placas de ardósia (ITE50)	2,20	0,006	0,003
enchimento de argamassa de cal (ITE50)	0,80	0,10	0,13
reboco de cal e areia (ITE50)	0,80	0,02	0,03
isolamento cortiça	0,045	0,03	0,67
placa de MDF (400kg/m3)	0,10	0,008	0,08
In			
Rse - Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)			0,04
Rsi - Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)			0,13
Totais			1,07

U = 0,94 W/(m2.°C)

em que λ é a condutibilidade térmica do material, R a resistência da camada ($R=esp/\lambda$) e U é o Coeficiente de Transmissão Térmica ($U= 1/\Sigma R$)

NOTA: A estrutura primária de madeira não é considerada neste cálculo, uma vez que não constitui uma camada homogénea.

A mesma parede com um revestimento interior com Placas de Fibras de madeira brandas (SB) com massa volúmica de 250kg/m³ e condutibilidade térmica de 0,05W/(m.°C), como se pode observar no Quadro 14, passa a ter um coeficiente de transmissão térmica de 1,07 W/(m2.°C). Contudo, neste caso, importa referir que a placa é de baixa densidade, por isso pouco resistente aos choques, devendo ser protegida por outra solução, que pode ser um contraplacado, por exemplo. Se for importante a manutenção da inércia térmica do edifício, por não existirem paredes

³⁰⁴ Cf. DECRETO-LEI n.º 118/2013.

pesadas que desempenhem esta função, ela deverá ser garantida com uma placa com uma densidade superior. De facto, a inércia térmica de um espaço é garantida pela existência de elementos com uma massa volúmica elevada, que absorva calor e o liberte quando o espaço arrefece, permitindo que a temperatura interior se mantenha com alguma estabilidade ao longo do dia e noite.

Quadro 14. Cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica para paredes de madeira com enchimento em argamassa de cal melhorada com placa SB

Madeira com enchimento em argamassa de cal (parede exterior)

ext	Camada	λ (ver tab.) W/(m.°C)	espessura (m)	Ri (m2.°C)/W
	placas de ardósia (ITE50)	2,20	0,006	0,003
	enchimento de argamassa de cal (ITE50)	0,80	0,10	0,13
	reboco de cal e areia (ITE50)	0,80	0,02	0,03
	placa de fibras de madeira branda (SB)	0,05	0,03	0,60

In

Rse - Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)	0,04
Rsi - Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)	0,13

Totais

0,93

$$U = \boxed{1,07} \text{ W/(m2.°C)}$$

em que λ é a condutibilidade térmica do material, R a resistência da camada ($R=esp/\lambda$) e U é o Coeficiente de Transmissão Térmica ($U= 1/\Sigma R$)

NOTA: A estrutura primária de madeira não é considerada neste cálculo, uma vez que não constitui uma camada homogénea.

Nos casos em que seja necessário um reforço de um pavimento, as soluções de painéis que combinam madeira e cimento permitem alcançar soluções económicas e de rápida execução para suportar cargas mais elevadas. Este material pode também ser utilizado em situações onde a humidade pode ser constante, desde que devidamente preparado para este fim (Fig.69). Estas peças quando possuem faces rugosas permitem a aplicação de argamassas de acabamento e a aplicação de outras soluções de revestimento, como azulejos, o que pode ser uma necessidade em situações de pisos de habitação elevados.



Figura 69. Exemplo de utilização de pavimento em painéis de madeira-cimento sobre estrutura de madeira; neste sobre o painel vai ser aplicado um revestimento final cerâmico.

Outros materiais pela sua plasticidade ou coloração permitem realizar revestimentos interiores que resultam em soluções muito interessantes, onde a sua maior valia é o contraste com as pré-existências. Neste caso, as placas de MDF colorido na massa ou as placas de contraplacado (PW) permitem realizar diferentes intervenções, que podem incluir divisórias ou apenas mobiliário fixo, assumindo-se como elementos contemporâneos, fruto de novos usos e novas exigências funcionais (Fig.70). A introdução de instalações sanitárias e cozinhas acarretam um conjunto de infraestruturas e cabelagens necessárias, mas, por vezes, difícil de integrar sem prejuízo estrutural. Nestes casos, a colocação de painéis justapostos às paredes existentes pode permitir mais facilmente aquelas instalações sem provocar danos nas estruturas de madeira.

No caso da substituição integral de paredes ou na construção de novas divisórias, também os PTM podem contribuir para uma melhoria da intervenção e do comportamento do edificado. De facto, os PTM apresentam diferentes soluções, algumas pré-fabricadas, como por exemplo, os painéis compostos por várias camadas³⁰⁵, que permitem alterar a compartimentação dos espaços e que possuem um carácter reversível. As soluções podem adaptar-se às necessidades e às exigências funcionais dos espaços aliando o peso e espessura reduzidos com melhores desempenhos em termos acústicos e de reação ao fogo.

³⁰⁵ Por exemplo, um painel com duas faces em OSB e o interior preenchido com EPS.



Figura 70. Introdução de uma instalação sanitária com recurso a paredes divisórias executadas com MDF colorido, que se destaca do espaço branco.

Na atualidade, os novos materiais podem contribuir para a melhoria do desempenho das construções, nomeadamente das estruturas com recurso a madeira. Da mesma maneira que os construtores sabiam utilizar os materiais e técnicas construtivas tradicionais com mestria, contrariando habilmente os pontos frágeis, importa que novos intervenientes possam saber como utilizar os materiais modernos, afastando os incompatíveis. Para que o património arquitetónico possa competir com as novas construções é necessário que este seja reabilitado com rigor e qualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho que se apresenta procurou-se demonstrar a viabilidade, no espírito da conservação integrada, de utilizar materiais modernos na reabilitação do património arquitetónico. Tendo como caso de estudo a madeira como material de construção, caracterizaram-se os novos produtos que resultam da transformação desta matéria-prima e tentou-se compreender como é que estes podem ser utilizados na conservação do património arquitetónico.

A madeira assumiu um papel importante na construção de cidades como Lisboa, Guimarães, Porto ou Lamego. A imagem urbana de muitas áreas resultou da possibilidade de utilizar a madeira na construção de segundos ou terceiros pisos, e da possibilidade de edificar trapeiras e mansardas sobre as coberturas. Para a inventariação e caracterização dos sistemas construtivos tradicionais com incorporação de madeira consultaram-se diferentes estudos sobre a construção tradicional. Depois, foram realizadas visitas ao território nacional com o intuito de conhecer esta realidade. Com este registo, concluiu-se que existe uma grande riqueza e diversidade nos sistemas construtivos que utilizam madeira e que abrangem coberturas, pavimentos elevados e paredes exteriores e interiores.

O inventário que se realizou às paredes com incorporação de madeira deu a conhecer a extensão e a localização destes sistemas construtivos. Contudo, não se pretendia, nem era possível no âmbito deste trabalho, abranger e registar todas as construções que existem em Portugal. Isso caberá a cada região e a cada município promover de forma a delinear estratégias de intervenção corretas que respeitem a identidade construtiva e promovam a preservação do património e a sua integração na vida contemporânea. O mapa tipológico que se elaborou é apenas um ponto de partida para o conhecimento desta espécie de paredes que abarcará, certamente, outras áreas geográficas e outros modos construtivos.

O estado de degradação de muitas das construções identificadas e a observação de intervenções atuais permitiram tirar algumas conclusões. Desde logo, que estas

técnicas tradicionais são, de um modo geral, substituídas por sistemas de construção diferentes e, na maior parte das vezes, incompatíveis. Por outro lado, que muitas das construções identificadas estão votadas ao abandono e por isso correm o risco de desaparecer.

Na Carta da Conservação Integrada encontram-se os fundamentos e a orientação para a intervenção no património arquitetónico. A importância da reabilitação deste património é um dos princípios deste documento, enquanto abordagem que assume a necessidade de conferir novas funcionalidades aos espaços, implicando algum grau de transformação. Neste expõe-se, também a importância que a promoção de métodos, técnicas e competências para o restauro e reabilitação do património arquitetónico possui para a aplicação da conservação integrada. Sobre os novos materiais, defende-se que a sua aplicação só deverá ser aceite depois da sua aprovação por instituições científicas independentes.

O estado de conservação em que se encontra o património construído resulta da fragilidade das políticas de reabilitação que têm sido desenvolvidas em Portugal. Apesar dos esforços, parece que ainda não é possível afirmar que se tenha conseguido integrar com níveis satisfatórios, o património arquitetónico na vida contemporânea, nomeadamente na sua função principal que é a habitação. As periferias cresceram, as construções foram surgindo disseminadas pelo espaço rural, ainda que desligadas de funções produtivas, e a maioria das áreas urbanas históricas está abandonada. Não se vislumbra, pelo menos no futuro mais próximo, uma alteração de rumo que modifique o destino deste património. Apesar de algumas operações de valorização em áreas urbanas com grande valor arquitetónico de que resultaram campanhas de grande visibilidade, a maioria viu transformada a sua identidade e os seus habitantes continuaram a migrar para outras paragens.

A caracterização realizada avaliou, também, a qualidade das estruturas edificadas e dos materiais utilizados, confrontando o comportamento destas paredes com as exigências atuais de conforto e de habitabilidade dos espaços. Neste sentido, deu-se um contributo para a salvaguarda destes sistemas construtivos, justificando a sua permanência e orientando a sua transformação.

Como se demonstrou, os materiais, a sua forma de produção e a sua aplicação alteraram-se muito no último século. Desde modo, tentou-se conhecer alternativas viáveis aos materiais tradicionais bem como entender como os novos materiais podem melhorar o comportamento das construções antigas de forma a permitir o seu uso de modo adequado. Por isso, apresentam-se os Produtos Técnicos de Madeira (PTM), que representam uma importante alternativa ecológica, tanto pela possibilidade de utilizar pequenos troncos e resíduos de madeira como pela oportunidade criada pela reciclagem do próprio material. Estes produtos têm sido desenvolvidos pela indústria como soluções alternativas à madeira maciça e que podem ser mais competitivos com vista a concorrer com outros materiais modernos que alcançam uma maior implementação no mercado da construção. O estudo destes materiais revelou aplicações que constituem uma mais-valia na melhoria do desempenho das construções de um modo geral e das estruturas de madeira, em particular. Estes materiais são baseados em elementos leves que não sobrecarregam as estruturas de coberturas, andares de ressalto ou trapeiras, que como ficou visto necessitam de melhorias no que diz respeito ao comportamento térmico, acústico ou de reação ao fogo. Os diversos PTM apresentam soluções específicas que corretamente utilizadas podem contribuir para a melhoria destes sistemas como ficou demonstrado.

Depois do registo de diversas paredes com estrutura de madeira e revestimento em argamassa, vulgarmente, designada por tabique, foi decidido testar dois tipos que variavam na distância entre tábuas da estrutura primária. Os ensaios realizados permitiram concluir que estas paredes apresentam uma fraca rigidez, sendo que esta diminuta resistência lhes permite uma elevada deformabilidade face a esforços de corte no plano. O reforço destas paredes com placas de aglomerado de fibras de média densidade e contraplacado permite um aumento substancial da sua rigidez, em cerca de 118 %. Concluiu-se, ainda, que é possível conseguir este reforço da rigidez mesmo em condições em que a parede já apresenta problemas estruturais, como por exemplo deformação e fendilhação.

Contudo, é importante referir que o presente estudo deverá ser complementado com outros que prevejam a validação numérica/experimental em paredes de dimensão real, no contexto de obra, que tenham em conta as ligações estruturais entre as paredes de

tabique e os principais elementos da estrutura, tais como pavimentos e paredes resistentes. Considera-se, ainda, que para uma caracterização mais ampla dos sistemas construtivos identificados, deverá ser incentivado o estudo do seu comportamento em diversas facetas, nomeadamente no que diz respeito ao comportamento térmico e acústico, com recurso a provetes e recolhas parciais de paredes. Por último, recomenda-se fomentar também o estudo dos materiais modernos, e em especial dos PTM, para que um projeto de intervenção no património arquitetónico não fique refém de dados inexistentes que não auxiliam técnicos e executores.

BIBLIOGRAFIA

«Arquitectura Ibérica: Reabilitação». Edição Caleidoscópio. 2007, n.º 019.

«Construção Moderna», 1900, n.º 1.

«Construção Moderna», 1900, n.º 16.

«Construção Moderna», 1900, n.º 22.

«Construção Moderna», 1905, n.º 156.

«Gazeta de Lisboa», 1826, n.º 83.

AAVV – Arquitectura Popular Portuguesa. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2004,

AAVV – Dar Futuro ao Passado. Lisboa: IPPAR, 1993.

AAVV – Estruturas de madeira: reabilitação e inovação. Lisboa: GECORPA, 2000.

AAVV – Façadisme e Identité Urbaine. Paris: ICOMOS, 1999.

AAVV – Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. Lisboa: INH/LNEC, 2006.

AAVV – Restauracion arquitectonica. Valladolid: PUV, 1992.

AAVV – Técnicas de construção tradicional. Guimarães: Museu Alberto Sampaio, 1992.

AAVV – Viewpoints: the debate on authenticity, ICCROM Newsletter. Roma: ICCROM, 1995.

AAVV, – Architecture Traditionelle Mediterranenne. [online], École de Avignon/Commission Europeen, [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.RehabiMed.net/pdf/>] consultado em 10 de abril de 2006.

AGUIAR, José – Cor e cidade histórica: Estudos cromáticos e conservação do património. Porto: FAUP, 2002.

AGUIAR, José – Guimarães: (Re)habitação e conservação do património urbano. In ReHabitat Centros Antigos, organização conjunta da Ordem dos Arquitectos e da Câmara Municipal de Guimarães, 1998.

AMENDOEIRA, Ana Paula – Monsaraz: Reconstruir a Memória. Lisboa: Edições Colibri, 2009.

- APPLETON, João – A conservação e Reabilitação de Estruturas de madeira: Metodologias de Intervenção. In AAVV - Estruturas de madeira: reabilitação e inovação. Lisboa: GECORPA, 2000.
- APPLETON, João – Consolidação estrutural do Convento de São Francisco em Beja. In 2.º ENCORE – Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, 1994.
- APPLETON, João – Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e tecnologias de intervenção. Amadora: Edições Orion, 2003.
- APPLETON, João; Domingos, Isabel – Biografia de um Pombalino: Um caso de reabilitação na Baixa de Lisboa, Amadora: Edições Orion, 2009.
- ARAÚJO, Geraldo - Terra sobre engradado em Portugal. In AAVV – Arquitectura de Terra em Portugal. Lisboa: Argumentum, 2005.
- BAGLIONI, Adriana; GUARNERIO, Giovanna – La Rehabilitación de edificios urbanos. Barcelona: Edições GG, 1988.
- BAIÃO, Manuel.; APPLETON, João – Pavimentos de Madeira de edifícios antigos: Constituição, patologia e reabilitação. In 2.º ENCORE – Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, 1994.
- BARATA, Ana Margarida – Do passado fazer futuro: uma análise comparativa de discursos. 2007, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.bocc.ubi.pt>], consultado em 23 de março de 2009.
- BARBOSA, Gabriela; BELÉM, Margarida – Diálogos da Edificação. Porto: Centro Regional de Artes Tradicionais, 1998.
- BENEDETTI, Cristina – Timber Buildings low-energy constructions. Terni (IT): Bozen-Bolzano University Press, 2010.
- BOAVIDA-PORTUGAL, Luís Manuel Gomes – Os centros históricos numa estratégia de conservação integrada : contributos para o estudo do processo urbano recente do Centro Histórico de Évora. Évora : Universidade de Évora, 2003. Tese de Doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico (policopiado).
- BRANCO, J. Paz – Manual do Pedreiro. Lisboa: LNEC, 1981.
- BRANCO, Jorge; et al. – Asnas Tradicionais de madeira: Evolução, comportamento e reforço com materiais compósitos. Revista Portuguesa de Engenharia de Estrutura, 2008. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9210>],

consultado em 12 de março de 2012.

BRANCO, Maria Isabel Vara, NUNES, Lina; PEREIRA, Helena - Importância dos Fungos Cromogéneos na Fileira Florestal: Avaliação Preliminar da sua Distribuição em Portugal. In 5.º Congresso Florestal Nacional, 16 a 19 de maio de 2005, Viseu.

BRANDI, Cesare – Teoría de La restauración. Madrid: Alianza Forma, 2002 (edição portuguesa da Orion, 2006).

BRUNO, Patrícia; FARIA, Paulina – “Cabanas de materiais vegetais na Herdade da Comporta: Tradição construtiva e novas abordagens” – 6ATP/9 SIACOT, Universidade de Coimbra, 2010.

CABRITA, António Reis, AGUIAR, José, APPLETON, João – Manual de Apoio à Reabilitação dos Edifícios do Bairro Alto. Lisboa : Câmara Municipal de Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1992.

CABRITA, António Reis; AGUIAR, José – Monografia Portuguesa sobre inovação e reabilitação de edifícios. Lisboa: LNEC, 1988.

CABRITA, António Reis – A postura ética na investigação técnica de apoio à conservação do património arquitetónico. In IV Encontros com o Património. Beja: Câmara Municipal de Beja, 1996.

CABRITA, António Reis; ALHO, Carlos – Reabilitação de edifícios de habitação: Critérios para a definição de níveis de qualidade. Lisboa: LNEC, 1988.

CACHIM, Paulo Barreto – Construções em Madeira: A madeira como material de construção. Porto: Publindústria, 2007

CARDOSO, Rui; et al – Building Detail of a Tabique Dwelling in Trás-os-Montes e Alto Douro Region. In Internacional Conference on Durability of Building Materials and Components. Porto, 2011.

CARITA, Hélder – Lisboa Manuelina e a formação de modelos urbanísticos da época moderna (1495-1521). Lisboa: Livros Horizonte, 1999.

CARNEIRO, Alice Maria Pinto de Azevedo – O património reencontrado: Centro histórico de Guimarães, património da humanidade: A cidade enquanto memória, espaço de identidade e cidadania. Braga: Universidade do Minho, 2004. Dissertação de mestrado em Antropologia (policopiada).

CARVALHO, Albino de – Madeiras Portuguesas: Estrutura anatómica, propriedades, utilizações. Lisboa: Instituto Florestal, Vol. I, 1996.

CARVALHO, Joana; et al – Estudo do material terra usado nas construções em tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. In TerraBrasil 2008, São Luís do Maranhão, 2008.

CARVALHO, Joana; et al. – Construções em Tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Cinpar 2008 – 4th International Conference on Structural Defects and Repair. Civil Engineering Department – University of Aveiro, Portugal, 25-28 junho 2008.

CASELLA, Gabriela – Gramáticas de pedra: Levantamento de Tipologias de construção murária. Porto : Centro Regional de Artes Tradicionais, 2003.

CEPEDA, Armando; et al – Estudo do material terá aplicado na construção de tabique existente no Alto Tâmega. In Atas do 6ATP/9.ºSIACOT, 2010.

CHOAY, Françoise – A Alegoria do Património. Lisboa: Edições 70, 2000.

CLEMENTE, José – Consolidação de estruturas degradadas de madeira em edifícios. In SIMATEC, UTL/IST, Lisboa, 1985.

CLEMENTE, José – Problemas técnicos da laboração de madeiras. Lisboa: LNEC, 1964.

COELHO, Ana Carolina Fernandes – A sustentabilidade do uso da madeira na construção. Braga: Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2012. Tese de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/20801/1/AnaCoelho.pdf>], consultado em 12 de maio de 2013.

COELHO, Teresa de Campos – A utilização de madeira na construção pombalina: alguns exemplos. In: AAVV – Estruturas de madeira: reabilitação e inovação. Lisboa: GECORPA, 2000.

COMISSÃO EUROPEIA – O Estado das Florestas na Europa: Relatório Síntese de 2003. Genebra e Bruxelas: UNECE e CE, 2003.

CONDE, Manuel Sílvio Alves – Uma paisagem humanizada: O médio Tejo nos finais da Idade Média. Cascais: Património Histórica, 2000.

COSTA, Alexandre Alves – Identidade Nacional e património construído: arquitectura, cidade e território. Comunicação efetuada a 18 de Abril de 2009, no Dia Internacional dos Monumentos e Sítios sob o tema «O Património como oportunidade e desígnio» [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://icomos.fa.utl.pt>], consultado em 13 de maio de 2009.

COSTA, Alexandre Alves – Ideologias do património e intervenção arquitectónica: notícia de um encontro e conclusão realista /moralista. In Congresso AAP, Aveiro, 1995.

- COSTA, F. Pereira – Enciclopédia Prática de Construção Civil. Lisboa: Edição de autor, 1955.
- COSTA, Joaquim Botelho da – Caracterização e Constituição do Solo. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.
- COSTA, Joaquim Botelho da – Estudo e Classificação das Rochas por Exame Macroscópico. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993 (8.^a edição).
- COSTA, José Manuel Aguiar Portela da – Estudos cromáticos nas intervenções de conservação em centros históricos: Bases para a sua aplicação à realidade portuguesa. Évora: Universidade de Évora, 1999. Tese de doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico (policopiado).
- CRUZ, Helena – Estruturas de madeira lamelada colada: suas potencialidades em geral e viabilidade do uso do pinho bravo. Lisboa: LNEC, s.d.
- CRUZ, Helena; GERALDES, A.; LOPES, Sérgio – Estruturas mistas madeira-betão como reabilitação de pavimentos de madeira. Importância da ligação entre os dois materiais. In REPAR 2000 – Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação e Reabilitação de Estruturas. Lisboa: LNEC, 2000.
- CRUZ, Helena; MACHADO, José Saporiti; MOURA, Pedro; CÓIAS E SILVA, Vítor – Reforço local de elementos estruturais de madeira por meio de compósitos. In REPAR 2000 – Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação e Reabilitação de Estruturas. Lisboa: LNEC, 2000.
- CRUZ, Helena; MACHADO, José Saporiti; NUNES, Lina – Inspeção e avaliação de estruturas de madeira. Lisboa: LNEC, 2001.
- CRUZ, Helena; MACHADO, José Saporiti; NUNES, Lina – Problemas de conservação de madeira em edifícios. In 2.º ENCORE. Lisboa: LNEC, 1994.
- CRUZ, Helena; SILVA, António; MOURA, José P. – Resultados do inquérito sobre a utilização de materiais compósitos no reforço de estruturas de madeira. Lisboa: LNEC, 2000.
- CUSTÓDIO, Jorge – «Renascença» Artística e Práticas de Conservação e Restauro Arquitectónico em Portugal, durante a 1.^a República. Évora: Universidade de Évora, 2008-2009. Tese de Doutoramento (policopiada).
- CUSTÓDIO, Jorge – Alfredo Keil ou o Elogios dos Museus. In AAVV – Alfredo Keil 1850-1907. Lisboa: Ministério da Cultura/IPPAR, 2001.
- CUSTÓDIO, Jorge – Centros Históricos: motores do desenvolvimento integrado. Revista da Associação Portuguesa de Municípios com Centro Histórico. Lisboa, n.º 6 (2001).

- CUSTÓDIO, Jorge – Salvaguarda do Património – Antecedentes históricos: De Alexandre Herculano à Carta de Veneza (1837-1964). In AAVV - Dar Futuro ao Passado. Lisboa: SEC, 1993.
- CUSTÓDIO, Jorge (coord.) - 100 Anos de Património. Memória e Identidade. Portugal 1910-2010, Lisboa: IGESPAR, 2010
- DE GRACIA, Francisco – Construir en lo construido: La arquitectura como modificación. Madrid: Nerea, 1992.
- DE LLANO, Pedro – Arquitectura Popular en Galicia Razón e construcción. A Coruña: Fundación Caixa Galicia / Xerais, 1984.
- DESCH, H. E.; DINWOODIE, J. M. – Timber: Structure, properties, conversion and use. Palgrave Macmillan, 1996
- Direcção Geral dos Recursos Florestais – Estratégia Nacional para as Florestas, 2006 [online] [disponível em <http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/gestao-florestal/ppf/enf>] (consultado em 12 de maio de 2010).
- DOAT, Patrice; et al – Construire en terre. Paris: CRAterre, Edit. Alternatives, 1982.
- DOMINGUES, Álvaro – A vida no campo. Porto: Dafne Editora, 2012.
- DOMINGUES, Odete – Acústica nos edifícios: Materiais e sistemas absorventes sonoros. Lisboa: LNEC, 2010.
- DOMINGUES, Odete – Acústica nos edifícios: Pavimentos e revestimentos de pavimento, isolamento a sons de percussão. Lisboa: LNEC, 2010.
- ELEOTÉRIO, Jackson Roberto – Propriedades Físicas e Mecânicas de Painéis MDF de diferentes Densidades e Teores de Resina. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2000. Dissertação de mestrado (policopiada).
- EUSÉBIO, António Paulo Jacinto – Reabilitação e Melhoramento de Paredes de Terra Crua: Taipa. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2001. Dissertação de Mestrado em Construções (policopiada).
- FARINHA, J. S. Brazão; REIS, A. Correia dos – Tabelas Técnicas. Setúbal: Edição P.O.B., 1993.
- FEILDEN, Bernard M. – Conservation of Historic Buildings. Oxford: Butterworth Architecture, 1997.

- FÉLIX, Daniel; FEIO, Artur; BRANCO, Jorge M. – Sistemas de madeira e derivados na reabilitação urbana em situações de pós-catástrofe. In CINCOS'12: Congresso de Inovação na Construção Sustentável, Aveiro, 20 a 22 de setembro de 2012.
- FERRÃO, Bernardo – O conceito de património arquitectónico e urbano na cultura ambiental Vimaranesse. Porto, 1997. [disponível na Internet via WWW.URL:<http://cm.guimaraes.pt/files/documentos/470413.pdf>], consultado em 06 de junho de 2012.
- FERREIRA, Maria da Conceição Falcão – A casa comum em Guimarães, entre o público e o privado (finais do século XV) [online] [disponível em WWW.URL:<http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/4895.pdf>], consultado em 12 de julho de 2010.
- FOLQUES, José – Introdução à mecânica dos solos. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1987.
- FONSECA, Inês – A utilização de madeira em paredes divisórias na região sul de Portugal. In LOURENÇO, P.; et al. – Paredes Divisórias: Passado, presente e futuro. Porto: Ed. Universidade do Minho, junho 2011.
- FONSECA, Inês - Arquitectura de terra no concelho de Avis: Bases para sua salvaguarda como património cultural. Évora: Universidade de Évora, 2006. Dissertação de mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico (policopiada).
- FONSECA, Inês; MACHADO, José S. – A madeira na edificação de paredes. In CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, Coimbra, 2011.
- FORTUNA, Carlos – Centros Históricos e Patrimónios Culturais Urbanos: Uma avaliação e duas propostas para Coimbra. Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, 2006. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.ces.us.pt/publicações/oficina/ficheiros/254.pdf>], consultado em 10 de junho de 2010.
- FORTUNA, Carlos – Évora: Um caso de Destradicionalização da imagem da cidade. Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, 1997. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.ces.us.pt/publicações/oficina/ficheiros/91.pdf>], consultado em 10 de junho de 2010.
- GARCIA, João Leite – A madeira estrutural na construção tradicional. Arquitectura Ibérica 26, 2009.

- GASPAR, Pedro Manuel dos Santos Lima; PALLA, João - Construções palafíticas da bacia do Tejo: levantamento e diagnóstico do património construído da cultura Aveira. Artitextos. Lisboa: CEFA; CIAUD. N.º 8 (2009).
- GECORPA – Estruturas de madeira: Reabilitação e Inovação. Lisboa: GECORPA, 2000.
- GESTA, Alexandra – Em Guimarães todos os caminhos levam a Roma. In Anuário do Património, n.º 1 (2012). Ed. Canto Redondo e GECORPA.
- GESTA, Alexandra – Sentimentos Nativos. In AAVV - Guimarães, Cidade Património Mundial: um objectivo estratégico, Guimarães: Câmara Municipal de Guimarães, 1998.
- GOMES, R.; FOLQUE, J. – O uso da Terra como material de construção. Lisboa: Laboratório de Engenharia Civil, 1953.
- GONÇALVES, José Fernandes – Construção em madeira, pré-fabricação e arquitectura. In CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção. Coimbra, 2011.
- GONZÁLEZ-VARAS, Ignacio – Conservación de Bienes Culturales: Teoría, historia, principios y normas. Madrid: Cátedra, 2003
- GTA SOTAVENTO – Materiais, sistemas e técnicas de construção tradicional. Contributo para o estudo da arquitectura vernácula da região oriental da Serra do Caldeirão. Porto: Edições Afrontamento e CCDR Algarve, 2008.
- HENRIQUES, Fernando – A Conservação do Património Histórico Edificado. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1991.
- HENRIQUES, Fernando – A qualidade na conservação do património histórico edificado. In 2.º Encontro Nacional sobre Qualidade na Construção. Lisboa: LNEC, 1990.
- HENRIQUES, Fernando; JORGE, Virgolino – Textos Fundamentais. Cadernos SPPC, n.º 1 (1996). Évora: SPPC.
- HIGHFIELD, D. – Rehabilitation and re-use of old buildings. Londres : E. & F.N. Spon, 1987.
- JOKILEHTO, J. – Authenticity in restoration principles and practices. Toronto: APT , 1984.
- JORGE, Virgolino Ferreira – Património e Identidade Nacional. Revista da Associação Portuguesa de Municípios com Centro Histórico. Lisboa, n.º 6 (2001).
- JORGE, Virgolino Ferreira – Princípios de Salvaguarda do Património Monumental. Correio da Natureza. Lisboa, n.º 17 (1992).

JORGE, Virgolino Ferreira – Cultura e Património. Lisboa: Câmara Municipal de Portel e Edições Colibri, 2005.

JUSTICIA, M.^a José Martínez – Historia y teoría de la conservación y restauración artística. Madrid: Tecnos, 2001.

KYMÄLÄINEN, Hanna-Riitta; SJÖBERG, Anna-Maija – Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. Science Direct /ELSEVIER, n.º 43 (2008).

LEITÃO, Luís Augusto – Curso Elementar de Construções. Lisboa: Escola Central da Arma de Engenharia do Estado Maior do Exército, 1896.

LNEC – Especificação E-196: Solos: Análise Granulométrica. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1967.

LNEC – Especificação E-219: Prospecção Técnica de Terrenos: Vocabulário. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1968.

LNEC – M1: Especificação de madeira para estruturas. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1997.

LNEC – M10: Revestimento por pintura de madeira para exteriores. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1997.

LNEC – M2: Pinho Bravo para estruturas. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1997.

LNEC – M4: Casquinha. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1997.

LOBÃO, Ricardo Jorge Alves Silvestre – Modelo Simplificado de Previsão do Comportamento Térmico de Edifícios. Guimarães: Universidade do Minho, 2004. Tese de Mestrado em Engenharia Civil (policopiada).

LOPES, Duarte B. – Acção do fogo em estruturas de madeira. Arquitectura e Vida, n.º 32, 2003.

LOPES, Duarte B. – Derivados de madeira. Arquitectura e Vida, n.º 39, 2003.

LOURENÇO, Paulo; et al. – Paredes Divisórias: Passado, presente e futuro. Porto: Ed. Universidade do Minho, 2011.

LUSO, Eduarda, et. al – Breve história da teoria da conservação e do restauro. Engenharia Civil, Universidade do Minho, n.º 20 (2004). [online] [Disponível em <http://civil.uminho.pt>], consultado a 18 de fevereiro de 2011.

LUSO, Eduarda; LOURENÇO, Paulo B.; ALMEIDA, Manuela – Centro Histórico de Bragança: Caracterização do Edificado, Aspectos Arquitectónicos e Anomalias. 2004. [online] [Disponível em <http://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/1381>] (consultado em 07 de março de 2010), p. 2

MACHADO, José Saporiti – Avaliação da variação das propriedades mecânicas de pinho bravo (*Pinus pinaster* Ait.) por meio de ultra-sons. Lisboa: LNEC, 2003.

MACHADO, José Saporiti – Evolução recente em Portugal do Mercado de Produtos Lenhosos para a construção. In 5.º Congresso Florestal Nacional, Viseu, Instituto Politécnico, 16 a 19 de maio.

MACHADO, José Saporiti – Madeiras de folhosas e resinosas: Nomenclatura comercial. Lisboa: LNEC, 1996.

MACHADO, José Saporiti – Novos Métodos e Soluções de Suporte à Utilização de Produtos de Madeira. In Jornadas engenharia para a sociedade, Lisboa, LNEC, 2012.

MACHADO, José Saporiti – Placas de derivados de madeira: Tipos de placas e sua especificação. Lisboa: LNEC, 2005.

MACHADO, José Saporiti – Produtos de Madeira Maciça para a Construção: Desafios da Qualidade. Silva Lus, dez. 2004, vol.12, n.º.2 [online]. [Disponível na Internet via <http://www.scielo.oces.mctes.pt>], consultado em 03 de julho de 2009.

MACHADO, José Saporiti (coord.) – Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira. Lisboa: Ed. VERLAG DASHÖFER, 2009.

MACHADO, José Saporiti; CRUZ, Helena – Proposta para o estabelecimento de classes de qualidade para a madeira de pinheiro bravo para estruturas e respectivos valores característicos de resistência mecânica. Lisboa: LNEC, 1993.

MACHADO, José Saporiti; CRUZ, Helena; NUNES, Lina – Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios. Lisboa: LNEC, 2003

MASCARENHAS, Jorge – Sistemas de Construção: V – O Edifício de rendimento da baixa Pombalina de Lisboa; Materiais Básicos (3.ª parte): o vidro. Lisboa: Livros Horizonte, 2005 (2.ª edição).

MATEUS, João Mascarenhas – Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias. Lisboa: Livros Horizonte, 2002.

MATEUS, Tomás – Bases para o dimensionamento de estruturas de madeira. Lisboa: LNEC, 1962.

MATEUS, Tomás – Protecção das madeiras das construções contra fungos e insectos xilófagos. Lisboa: LNEC, 1958.

MATEUS, Tomás; FERREIRINHA, M. P. – Problemas da utilização da madeira nas suas relações com a indústria. Lisboa, 1964.

MENDES, António Rosa – Vila Real de Santo António e o Urbanismo Iluminista. Vila Real de Santo António: Câmara Municipal de Vila Real de Santo António, 2010.

MENDONÇA, Paulo – Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados. Braga: Universidade do Minho, 2005. Tese de doutoramento. [online] [Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>], consultado a 20 de fevereiro de 2011.

MESTRE, Victor – Arquitectura Popular da Madeira. Lisboa: Argumentum, 2002.

MESTRE, Victor; FERNANDES, Maria – A9: Woodframe Wall [Online] [disponível em http://www.meda-corpus.net/eng/gates/PDF/F2/A09_POR.PDF], consultado em 15 de agosto de 2011.

MORGADO, Luís – A arquitectura moderna e a habitação em madeira: Uma perspectiva histórica até à primeira metade do século XX, in CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, Coimbra, 2011.

MORGADO, Luís – A oferta da habitação de madeira em Portugal: A procura de uma alternativa no âmbito da arquitectura, in CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, Coimbra, 2011.

MORGADO, Telmo; et al – Bending and compression strength of Portuguese maritime fine small-diameter logs. Forests Products Journal. 54:5 (2009).

MORLEY, Michael – Building with Structural Insulated Panels: Strength and Energy Efficiency Through Structural Panel Construction, Newtown: The Taunton Press, 2000.

NEGRÃO, João H. – Estruturas de madeira em Portugal: Presente e passado recente. In CIMAD 11 – 1.º Congresso Ibero-Latino-Americano da Madeira na Construção, Coimbra, 2011.

NERO, Gaspar – A madeira como material de construção. Arquitectura e Vida, n.º 16, 2001.

NERO, Gaspar – A madeira e a humidade. Arquitectura e Vida, n.º 17, 2001.

NETO, Maria João Baptista – Memória, Propaganda e Poder: O Restauro dos Monumentos Nacionais (1929-1960). Porto: FAUP, 2001.

NUNES, Lina – Bases para a monitorização do risco de degradação na construção de casa de madeira. In LOURENÇO, Paulo, et al. – Seminário Casas de Madeira, LNEC, Lisboa, 2013.

NUNES, Lina – Preservação de madeiras para a construção: Situação actual e perspectivas futuras. Lisboa: LNEC, 2001.

OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando – Arquitectura Tradicional Portuguesa. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 2000.

OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin – Construções Primitivas em Portugal. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1994.

OLIVEIRA, Pedro Paulo – A elasticidade natural da madeira. *Arquitectura e Vida*, n.º 43 (2003).

OLIVEIRA, Pedro Paulo – A pensar no meio ambiente. *Arquitectura e Vida*, n.º 76 (2004).

OLIVEIRA, Pedro Paulo – Desperdícios prensados. *Arquitectura e Vida*, n.º 84 (2005).

OLIVEIRA, Pedro Paulo – Naturalmente isolante. *Arquitectura e Vida*, n.º 60 (2009).

OLIVEIRA, Pedro Paulo – VALCHROMAT: O upgrade do MDF. *Arquitectura e Vida*, n.º 81 (2007).

ORTIGÃO, Ramalho – O culto da Arte em Portugal. Lisboa: A.M. Pereira, 1896 (1.º edição).

PAIVA, J. Vasconcelos – Medidas de reabilitação energética em edifícios. Lisboa: LNEC, 2000.

PAIVA, J. Vasconcelos – Aprovação técnica Europeia. A Via para a Marcação CE dos Produtos de Construção Inovadores. Lisboa: LNEC, 2005.

PATRICIO, Jorge – Acústica em Edifícios. Lisboa: VERLAG DASHOFER, 2008.

PATRICIO, Jorge – Reabilitação Acústica: Linhas Guia. Lisboa: VERLAG DASHOFER, 2008.

PEDRO, João Branco – Definição e avaliação da qualidade arquitectónica habitacional. Lisboa: LNEC, 2003.

PEIXOTO, Paulo – O património mundial como fundamento de uma comunidade humana e como recurso das indústrias culturais urbanas. Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra. [online] [disponível na Internet via WWW. <http://www.ces.uc.pt/publicacoes/oficina/ficheiros/155.pdf>], consultado em 10 de junho de 2010.

PEREIRA, Maria da Luz Valente – Reabilitar o urbano ou como restituir a cidade à estima pública. Lisboa: LNEC, 1987.

PEREIRA, Nuno Teotónio, A Arquitectura do Estado Novo de 1926 a 1959. In O Estado Novo: das Origens ao Fim da Autarcia 1926 – 1959, Vol. II. Lisboa: Fragmentos, 1987

PINHO, Fernando – Aspetos construtivos e funcionais das paredes divisórias na construção tradicional. In LOURENÇO, Paulo; et al. – Paredes Divisórias: Passado, presente e futuro. Porto: Ed. Universidade do Minho, junho 2011.

PINHO, Fernando – Paredes de Edifícios Antigos em Portugal. Lisboa: LNEC, 2000.

PINTO, Catarina; CARDOSO, Eduardo – Construção Ecológica com Fardos de Palha, Jornadas LNEC: Lisboa, 2012. [online] [disponível na Internet via <http://jornadas2012.lnec.pt/>], consultado em 23 de Julho de 2012.

PINTO, Jorge; et al – Characterization of Traditional Tabique Constructions in Douro North Valley Region. Wseas transactions on environment and development. ISSUE 2, 2010.

PINTO, Jorge; et al – Caracterização de Paredes Tradicionais de Tabique. In LOURENÇO, P.; et al. – Paredes Divisórias: Passado, presente e futuro. Porto: Ed. Universidade do Minho, junho 2011.

PIRES, André Manuel Chéu – Análise de paredes de tabique e de Medidas de Reforço Estrutural: Estudo Numérico. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, especialização em Estruturas (policopiado).

PONTÍFICE, Pedro; VEIGA, Maria do Rosário; CARVALHO, Fernanda – A Homologação do LNEC e a marcação CE de Produtos de Construção. O caso das argamassas pré-doseadas de revestimento de paredes, [online] [disponível na Internet via [WWW.URL:http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes /Paper%2029.pdf](http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2029.pdf)], consultado em 12 de fevereiro de 2012.

PORTAS, Nuno – Funções e Exigências de áreas da habitação. Lisboa: LNEC, 1969.

RAMOS, Luis F. – Análise Experimental e numérica de estruturas históricas de alvenarias. Universidade do Minho, 2002, Dissertação de mestrado, [online] [disponível em <http://hdl.handle.net/1822/14>], consultado em 12 de agosto de 2010.

REBOLO, João Teles – Uma Reflexão sobre “Arquitecturas acrescentadas”. Lisboa: Universidade Lusíada, 2001. Dissertação de mestrado em Teoria da Arquitectura (policopiado).

REIS, J. E. Barreiros dos – A importância da preservação da madeira na indústria da serração. Lisboa: LNEC, 1964.

REIS, J. E. Barreiros dos – Principais madeiras do nosso país e suas utilizações mais

importantes. Lisboa: LNEC, 1958.

REIS, J. E. Barreiros dos – Protecção das madeiras dos edifícios contra fungos. Lisboa: LNEC, 1965.

REIS, J. E. Barreiros dos; FARINHA, Manuela; REIMÃO, Dário – Vocabulário dos termos utilizados em preservação de madeiras. Lisboa: LNEC, 1986.

RIBEIRO, Orlando – A civilização do Barro no Sul de Portugal. In Geografia e Civilização: Temas Portugueses. Lisboa: Livros Horizontes, 1992.

RIBEIRO, Orlando – Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico. Lisboa: Livraria Sá da Costa Editora, 1987.

ROCHA, Adélia; ESGALHADO, Helena – Materiais plásticos para a construção civil, características e tipos de aplicação. Lisboa: LNEC, 2002.

ROQUE, João Carlos Almendra – Reabilitação estrutural de paredes antigas de Alvenaria. Universidade do Minho, 2002. Dissertação de Mestrado (policopiado).

RUA, Maria Helena – Os Dez Livros de Arquitectura de Vitruvius. Lisboa: Edição do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, 1998.

SANPAOLESI, Piero – Preserving and restoring monuments and historic buildings. Paris: UNESCO, 1972.

SANTIAGO, Cybèle Celestino – Estudo dos materiais de construção, de Vitruvius até ao século XVIII : uma visão crítico-interpretativa à luz da ciência contemporânea. Évora: Universidade de Évora, 2000. Tese de Doutoramento em Conservação do Património Arquitectónico (policopiada).

SANTOS, Carlos A. Pina dos – Classificação europeia de reacção ao fogo dos produtos de construção (ITE 55). Lisboa: LNEC, 2011.

SANTOS, Carlos A. Pina dos; RODRIGUES, Rodrigo – Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios: Soluções construtivas de edifícios antigos: Soluções construtivas das Regiões Autónomas (ITE 54). Lisboa: LNEC, 2009.

SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luís – Coeficientes de Transmissão Térmica de elementos da envolvente dos edifícios (ITE 50). Lisboa: LNEC, 2006.

SANTOS, Pompeu dos – A reabilitação estrutural do património construído: Aspectos básicos. Lisboa: LNEC, 2003.

- SANTOS, Vitor Manuel Vieira Lopes dos – O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edifícios urbanos agrupados de habitação colectiva: Estudo de um legado humanista da segunda metade do século XVIII: Contributos para uma abordagem na área da recuperação e restauro arquitectónico do património construído. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa – Faculdade de Arquitectura, 1995. Tese de Doutoramento (policopiada).
- SCHWEINGRUBER, F.H.; BORNER, A.; SCHILZE, E.-D. – Atlas of woody plant stems. Evolution, structure and environmental modifications. Springer, 2008.
- SCHWEINGRUBER, F.H.; BORNER, A.; SCHILZE, E.-D. – Atlas of woody plant stems. Evolution, structure and environmental modifications. Springer, 2008
- SEGURADO, João – Alvenaria e Cantaria. Lisboa: Aillaud e Bertrand, 1908.
- SHAH, Darshil U. – Developing plant fibre composites for structural applications by optimising composite parameters: a critical review. *Journal of Materials Science*, 28:6083-6107, 2013.
- SILVA, Henrique Gomes da – Monumentos Nacionais: orientação técnica a seguir no seu restauro. In *Boletim da DGEMN. Monumentos*. Lisboa: DGEMN, n.º 1 (setembro de 1935).
- SILVA, P. Martins da – A componente acústica na reabilitação de edifícios de habitação. Lisboa: LNEC, 1998.
- SILVEIRA, Paulo; VEIGA, Rosário; BRITO, Jorge de – Gypsum Coatings in ancient buildings. *Construction and Building Materials*. 21 (2007).
- SMULSKI, Stephen – Engineered Wood Products: A guide for specifiers, designers and users. Wisconsin: PFS Research Foundation, 1997.
- SOUSA, Fr. João de – Vestígios da Língua Árabe em Portugal ou Lexicon Etymologico das palavras e nomes portuguezes que tem origem arábica. Lisboa: Officina da Academia real das Sciencias de Lisboa, 1789.
- SOUSA, Pontífice de – A madeira como material de construção. Lisboa: LNEC, 1995.
- SPPC – Textos Fundamentais, in *Cadernos SPPC*, n.º 1, janeiro, Évora, 1996.
- TEIXEIRA, Gabriela Barbosa; BELÉM, Margarida da Cunha – Diálogos da Edificação. Porto: Centro Regional de Artes Tradicionais, 1998.
- THOEMEN, Heiko; et al – Wood-based panels: An introduction for specialists. London: Brunel University Press / COST, 2010.
- THOMAS, Peter – Trees: Their Natural History. Cambridge University Press, 2000

TORRACA, Giorgio – *Materiaux de construction poreux: science des matériaux pour la conservation architecturale*. Roma: ICCROM, 1986.

TORRACA, Giorgio – *Processes and Materials used in Conservation*. Roma: ICCROM, 1980.

TRINDADE, Luisa – *A Casa Corrente em Coimbra: Dos Finais da Idade Média aos Inícios da Época Moderna*. Coimbra: Câmara Municipal de Coimbra, 2002.

TROBINER, Stephen – Compreender a importância da gaiola Pombalina, o sistema anti-sísmico mais avançado do século XVIII. *Pedra e cal* n.º 11, 2001, GECORPA.

VARANDA, Fernando – *Mértola no Alentejo: tradição e mudança no espaço construído*. Lisboa: Assírio e Alvim, 2002.

VARUM, Humberto; et al – *Estudo da vulnerabilidade e Soluções de Reforço de Edifícios em Alvenaria: Centro Histórico de Coimbra, Engenharia Estudo e Pesquisa*. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, janeiro/junho 2005.

VEIGA, Maria Rosário – *Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes*. In 3ºENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, 2003.

VIEGAS, João C. – *Ventilação natural de edifícios de habitação*. Lisboa: LNEC, 1995.

VIÑUALES, Graciela – *Restauración de Arquitecturas de Tierra*. Tucumán: Editorial del Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura e del Urbanismo, 1981.

WEINKAMER, Richard; FRATZL, Peter – *Mechanical adaptation of the biological materials: The examples of bond and wood*. In *Materials Science and Engineering C* [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.elsevier.com/locate/msec>], consultado em 10 de abril de 2011.

Wood Panel Industries Federation. *PanelGuide. Technical manual*. [online]. [disponível na Internet via www.wpif.org.uk/PanelGuide.asp], consultado em 23 de agosto de 2013.

YOUNGQUIST, John; HAMILTON, Thomas E. – *The next century of wood products utilization: a call for reflection and innovation*. USDA Forest service, Forest Products Lab, Wisconsin (USA).

LEGISLAÇÃO

DR n.º 282. (30.11.1912).

DECRETO-LEI n.º 38 382. «D.R. I Série» 166 (07.08.1951) 715-729.

PORTARIA n.º 243/84. «D.R. I A Série» 91 (17.04.1984) 1260.

DECRETO-LEI n.º 113/93. «D.R. I Série» 84 (10.04.93) 1803-1806.

DECRETO-LEI n.º 555/99. «D.R. I Série» 291 (16.12.1999) 8912-8942.

DECRETO-LEI n.º 129/2002. «D.R. I A Série» 109 (11.05.2002) 4421-4428.

DECRETO-LEI n.º 163/2006. «D.R. I Série» 152 (08.08.2006) 5670-5689.

DECRETO-LEI n.º 4/2007. «D.R. I Série» 5 (08.01.2007) 116-126.

RESOLUCIÓN de 24 de Junho de 2008, do Patronato de la Alhambra y Generalife, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://lhambra-patronato.es/fileadmin/pdf/Normativa.pdf>], consultado em 12 de Fevereiro de 2012.

DECRETO-LEI n.º 166/2008. «D.R. I Série» 162 (22.08.2008) 5865-5884.

DECRETO-LEI n.º 73/2009. «D.R. I Série» 63 (31.03.2009) 1988-2000.

DECRETO-LEI n.º 123/2009. «D.R. I Série» 98 (21.05.2009) 3253-3279.

DECRETO-LEI n.º 118/2013. «D.R. I Série» 159 (20.08.2013) 4988-5005.

PORTARIA n.º 349-B/2013. «D.R. I Série» 232 (29.11.2013) 6624(18)-6624(29).

PORTARIA n.º 349-A/2013. «D.R. I Série» 232 (29.11.2013) 6624(13)-6624(17).

PORTARIA n.º 349-D/2013. «D.R. I Série» 233 (02.12.2013) 6628(40)-6624(73).

DESPACHO n.º 15793-F/2013. «D.R. II Série» 234 (03.12.2013) 35088(26)-35088(31).

CARTAS E CONVENÇÕES

CARTA DA BURRA, 1980, ICOMOS. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://portal.iphan.gov.br/portal/>], consultado em 20 de maio de 2011.

CARTA DAS CIDADES EUROPEIAS PARA A SUSTENTABILIDADE, Aalborg, Dinamarca, a 27 de maio de 1994. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.futurosustentavel.org/gca/?id=11>], consultado em 20 de maio de 2011.

CARTA DE ATENAS DO RESTAURO, Conferência Internacional de Atenas sobre a Restauro dos Monumentos, 1931, Versão portuguesa da responsabilidade do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC – Proc.º n.º 86/11/8782, ed. policopiada)

CARTA DE CRACÓVIA, 2000, publicada em Monumentos. Lisboa: Ed. Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais. n.º 16 (Março de 2002).

CARTA DE LEIPZIG SOBRE AS CIDADES EUROPEIAS SUSTENTÁVEIS, Adotada na reunião informal dos Ministros responsáveis pelo Desenvolvimento Urbano e Coesão Territorial, em 24 e 25 de maio de 2007, em Leipzig. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:http://politicadecidades.dgotdu.pt/docs_ref], consultado em 20 de maio de 2011.

CARTA DE VENEZA, 1964, publicada por HENRIQUES, Fernando M. A. – A Conservação do Património Histórico Edificado. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1991.

CARTA DE WASHINGTON, Carta Internacional para a Salvaguarda das Cidades Históricas, 1987. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

CARTA DO TURISMO CULTURAL, 1976, ICOMOS, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://portal.iphan.gov.br/portal/>], consultado em 20 de maio de 2011.

CARTA EUROPEIA DO PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO, adotada pelo Conselho da Europa em Outubro de 1975. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

CARTA INTERNACIONAL PARA A SALVAGUARDA DAS CIDADES HISTÓRICAS, Adoptada pela 8ª Assembleia-geral do ICOMOS, realizada em Washington em 1987. Tradução de

Fernando M. A Henriques e de Virgolino F. Jorge in SPPC, Textos Fundamentais, em Cadernos SPPC, nº 1, janeiro, Évora, SPPC, 1996

CARTA SOBRE O PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO VERNÁCULO, 1999. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

CONVENÇÃO PARA A PROTECÇÃO DO PATRIMÓNIO MUNDIAL, CULTURAL E NATURAL, 1972. [online] [disponível na Internet via WWW. http://www.unesco.pt/cgi-bin/cultura/docs/cul_doc.php?idd=5], consultado em 20 de maio de 2011.

CONVENÇÃO PARA A SALVAGUARDA DO PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO DA EUROPA, Resolução da Assembleia da República 5/91, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/granada.pdf>], consultado em 20 de maio de 2011.

DECLARAÇÃO DE AMSTERDÃO, Congresso sobre o Património Arquitectónico Europeu, 21 a 25 de Outubro de 1975. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

DECLARAÇÃO DE VIENA, Viena, Áustria, 2009. [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/DECLARACAODEVIENA.pdf>], consultado em 20 de maio de 2011.

DOCUMENTO DE NARA SOBRE A AUTENTICIDADE, Nara, Japão, 1994. [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://quintacidade.com/biblioteca/cartas-do-patrimonio/>], consultado em 20 de maio de 2011.

PRINCIPIOS DE LA VALETA PARA LA SALVAGUARDIA Y GESTIÓN DE LAS POBLACIONES Y ÁREAS URBANAS HISTÓRICAS, adoptado pela XVII Assembleia Geral de ICOMOS de 28 de Novembro de 2011. [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.icomos.org/en/charters-and-texts.>], consultado em 20 de maio de 2011.

PRINCIPIOS QUE DEBEN REGIR LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS HISTORICAS EN MADERA (1999) [online] [disponível na Internet via WWW.URL: http://international.icomos.org/charters/wood_sp.pdf], consultado em 20 de maio de 2011.

RECOMENDAÇÃO DE NAIROBI (1976), [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://portal.iphan.gov.br/portal/>], consultado em 20 de maio de 2011.

RECOMENDAÇÕES PARA A ANÁLISE, CONSERVAÇÃO E RESTAURO ESTRUTURAL DO PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO, redigidas pelo Comité Científico Internacional para a análise e restauro de estruturas do Património Arquitectónico do ICOMOS, 2003, tradução para Português de Paulo B. Lourenço e Daniel V. Oliveira. Universidade do Minho, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://icomos.fa.utl.pt/documentos/cartasdoutrina/icomosrecomendacoesestruturas.pdf>], consultado em 20 de maio de 2012.

RESOLUCIÓN de 24 de junho de 2008, do Patronato de la Alhambra y Generalife, [online] [disponível na Internet via WWW.URL:<http://Alhambra-patronato.es/fileadmin/pdf/Normativa.pdf>], consultado em 12 de fevereiro de 2012.

RESOLUÇÕES DO SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE A CONSERVAÇÃO DAS PEQUENAS CIDADES HISTÓRICAS na 4.^a Assembleia Geral do ICOMOS. [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.icomos.org/en/charters-and-texts.>], consultado em 20 de maio de 2011.

RESOLUÇÕES DO SIMPÓSIO SOBRE A INTRODUÇÃO DA ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM GRUPOS ANTIGOS DE EDIFÍCIOS, na 3.^a Assembleia Geral do ICOMOS, 1972. [online] [disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.icomos.org/en/charters-and-texts.>], consultado em 20 de maio de 2011.

NORMAS

CEN/TS 12872:2007 Wood-based panels. Guidance on the use of load-bearing boards in floors, walls and roofs.

EN 13171: 2008 – Thermal insulating products for building factory made wood fibre (WF): products specification.

EN 300:2006 – Oriented Strand Boards (OSB): Definitions, classification and specifications.

EN 316: 2009 – Wood fibre boards. Definition, classification and symbols.

EN 350-1:1994 e EN 350-2:1994 – Durability of wood and wood-based products.

EN 594: 2011 - Timber structures. Test methods. Racking strength and stiffness of timber frame wall panels.

EN 622-2:2004 – Fibreboards – Specifications – part 2.

EN 622-5:2009 – Fibreboards – Specifications: requirements for dry process boards (MDF) – part 5.

EN 789: 2004 - Timber structures – Test methods – Determination of mechanical properties of wood-based panels.

NP 2080 : 1985– Preservação de madeiras. Tratamento de madeiras para construção.

NP EN 13 986: 2010 – Placas de derivados de madeira para utilização na construção: características, avaliação de conformidade e marcação.

NP EN 300:2012 – Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB). Definições, classificação e especificações.

NP EN 312: 2009 – Aglomerado de partículas de Madeira: especificações.

NP EN 380: 2010 - Estruturas de madeira. Métodos de ensaio. Princípios gerais para ensaios estáticos de carga.

NP EN 636: 2010 – Contraplacado: especificações.

NP EN 1912:2013 - Madeira para estruturas. Classes de resistência. Atribuição de classes de qualidade e espécies

OUTROS LOCAIS NA INTERNET CONSULTADOS

www.casas-de-madeira.com

www.casema.pt

www.domusweb.it/en/products/coverflex/

www.igespar.pt

www.imowood.pt

www.jular.pt

www.maroico.com

www.matercaima.pt

www.mmadeiras.pt

www.modularsystem.com

www.monjolo.pt

www.preceram.pt

www.rehau.com/relazzo/

Permanência e transformação. Contributos para a utilização de materiais modernos na conservação do património arquitetónico. Os produtos técnicos de madeira.

www.silvadec-wpcdecking.com/

www.tecniwood.pt

www.tisem.pt

www.viroc.pt

www.waughthistleton.com/

www.tecnodeck.pt

<http://arquitecturaempessoa.blogspot.pt>

www.unesco.org