

# **A Madeira e Seus Derivados na Indústria da Construção** **Reabilitação de elementos de madeira**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Manuel Martinho Pontes de Carvalho**

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

*A Nossa Universidade*  
[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

setembro | 2016



Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

# **A madeira e seus derivados na indústria da construção – reabilitação de elementos de madeira**

Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil  
na Universidade da Madeira

por

**MANUEL MARTINHO PONTES DE CARVALHO**

Orientador

Prof. Doutor Lino Manuel Serra Maia

*(Universidade da Madeira)*

**Setembro de 2016**

Palavras-chave: madeira, estruturas de madeira, reabilitação, patologias em estruturas de madeira, sustentabilidade construtiva.

Keywords: timber, timber structures, rehabilitation, pathologies in timber structures.

Autor: Manuel Martinho Pontes de Carvalho

FCEE – Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário da Penteada

9020 - 105 Funchal – Portugal, s/n

Telefone + 351 291 705 230

Correio eletrónico: gabinetedareitoria@uma.pt

Funchal, Madeira

“Deus quer, o homem sonha, a obra nasce.”



## **AGRADECIMENTOS**

- Ao meu orientador, Professor Doutor, Lino Manuel Serra Maia, pela disponibilidade, apoio e partilha de conhecimento.
- A Deus e aos meus pais, que Deus os tenha. Pelos princípios éticos e morais que sempre se guiaram.
- À minha esposa e aos meus filhos, que sempre me acompanharam com orgulho nesta caminhada.
- A todos os meus professores, o meu profundo respeito e consideração.
- Aos colegas, pela amizade verdadeira. Um património, já dizia um nosso Professor.
- Ao amigo que perdemos, que Deus o tenha, Prof. Ricardo Alho.
- Às minhas irmãs, familiares e amigos, o meu muito obrigado a todos.

Na década de setenta do século XX, tinha eu onze anos e dava por mim dentro da oficina do meu pai, no meio das máquinas, das madeiras, do ruído, da poeira e, por vezes, do risco – inerente à perigosidade desta labuta – pela juventude e inexperiência, mas quase sempre de forma atenta via e ouvia aquilo que os “mestres” carpinteiros transmitiam: as técnicas, o uso das máquinas e das ferramentas, o saber e o gosto pela arte de trabalhar madeira.

Passados 40 anos, é-me dado o gosto e privilégio de desenvolver e aprofundar este tema, sentindo ser um desafio interessante e na esperança de que possa vir a acrescentar informação útil e conhecimento académico.



## RESUMO

A sustentabilidade na indústria da construção civil é uma consciencialização que se impõe. Tendo em conta as suas potencialidades, a madeira é naturalmente um material sugestivo nesta área pelas características de capacidade de adaptação aos mais diversos cenários possíveis em obra.

Desde há muito, a opção pela utilização da madeira faz parte da memória coletiva, com a necessidade constante em potencializar e melhorar, a par de um mundo tecnologicamente mais desenvolvido, foi sendo possível aumentar as suas características resistentes, correspondendo assim, a novos desafios cada vez mais exigentes. Munidos de excelentes características em termos de resistência mecânica e de bom comportamento térmico e acústico, a madeira e seus derivados tornam-se mais competitivos ao apresentar um fator económico muito vantajoso – que será apresentado ao longo deste documento.

Contudo, estes materiais também apresentam problemas e desvantagens que ao longo deste documento não só são identificados como é apresentado o modo de os superar.

Neste trabalho será ainda descrito um caso de estudo correspondente ao edifício da Sede da Ordem dos Engenheiros – Delegação Regional da Madeira. Trata-se de uma obra, cuja sua reabilitação pretende ser o exemplo pelas opções tomadas, nomeadamente, pela escolha e correta utilização dos materiais, tendo sempre presente a relação qualidade / preço dos mesmos.

Ao longo deste documento teve-se em conta, toda a realidade regional sobre esta temática, bem como, a sua evolução ao longo dos tempos.

**Palavras-Chave:** estruturas de madeira, madeira, patologias em estruturas de madeira, reabilitação sustentabilidade construtiva.



## ABSTRACT

The sustainability in the construction industry is an imposed awareness, the timber being naturally an interesting material in this area due to its potential, for the capacity to adapt in different possible scenarios during construction.

Since a long time, choosing to use timber is a collective memory, with the constant necessity to improve and develop, following a word which has been technologically developed, has been possible to increase the wood resistance, leading to new demanding challenges.

Timber and its derivatives, having excellent mechanical resistance and good thermal and acoustic behaviour, they become even more competitive, being an economical advantage.

The problems and disadvantages of this material are identified, as how to overcome them.

This work describes a case study that corresponds to the building “Sede da Ordem dos Engenheiros – Delegação Regional da Madeira”. It is a construction that is used as an example of how to rehabilitate, using the correct materials, taking into account its best quality/price.

It is important to point out that all the regional reality was considered for this subject, as well as its development across the time.

**Keywords:** rehabilitation, pathologies in timber structures, timber, timber structures.

## ÍNDICE

<b>1. Considerações Iniciais.....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
<b>2. Estado da Arte.....</b>	<b>4</b>
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO .....	4
2.2. MADEIRA, MATERIAL DE CONSTRUÇÃO.....	14
2.2.1. Produção de madeira .....	17
2.2.2. Aplicações da madeira .....	19
2.2.3. Degradação da madeira .....	23
2.2.4. Proteção da madeira .....	25
2.3. PROPRIEDADES FÍSICAS .....	29
2.3.1. A presença de água na madeira .....	29
2.3.2. O teor de humidade .....	29
2.3.3. Higroscopicidade .....	30
2.3.4. Retração e dilatação .....	32
2.3.5. Densidade e densidade relativa .....	34
2.3.6. Durabilidade .....	35
2.3.7. Propriedades térmicas .....	36
2.3.8. Propriedades acústicas.....	36
2.3.9. Propriedades elétricas.....	37
2.3.10. Resistência ao fogo.....	37
2.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	38
2.4.1. Compressão paralela às fibras .....	39
2.4.2. Compressão perpendicular às fibras.....	39
2.4.3. Flexão estática .....	40
2.4.4. Tração paralela às fibras.....	40
2.4.5. Tração perpendicular às fibras .....	41
2.4.6. Módulo de elasticidade.....	41
2.4.7. Corte .....	42

2.4.8. Dureza.....	42
2.4.9. Fatores que influenciam as propriedades mecânicas .....	42
2.5. PRODUÇÃO MUNDIAL DE MADEIRA .....	44
2.6. COMPARAÇÃO ENTRE CONSTRUÇÃO EM MADEIRA E OUTROS MATERIAIS .....	45
2.5.1. Vantagens da madeira como material de construção.....	45
2.5.2. Desvantagens da madeira como material de construção .....	49
2.7. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONTROLO DE EXECUÇÃO .....	52
<b>3. Derivados de Madeira .....</b>	<b>55</b>
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	55
3.2. Placas OSB .....	67
3.3. Placas MDF .....	71
<b>4. Caso de Estudo .....</b>	<b>75</b>
4.1. IDENTIFICAÇÃO DE CASO DE ESTUDO (PATOLOGIAS DIFERENCIADAS) .	75
4.1.1. Edifício Sede da Secção Regional da Madeira da Ordem dos Engenheiros.....	75
<b>5. Considerações Finais .....</b>	<b>97</b>
5.1. NOTAS FINAIS.....	97
5.2 PERSPETIVAS FUTURAS.....	98
Bibliografia .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução de produção de madeira (paletes) na EU .....	2
Figura 2 - Vista satélite da ilha da Madeira (Fonte: Google Earth, 2015) .....	4
Figura 3 - Paisagem da floresta Laurissilva da Madeira (Fonte: Klube Klippe).....	5
Figura 4 - Caixa de açúcar (Fonte: Museu Quinta das Cruzes).....	6
Figura 5 - Casas Típicas de Santana (Fonte: Guia Viagens Aeiou) .....	6
Figura 6 - Designações tradicionais dos elementos estruturais das casas de Santana (Mestre, 2001).....	7
Figura 7 - Instalação de cobertura – colmo (Fonte: Madeira Island News, 2015) .....	7
Figura 8 - Pormenor da cobertura da casa de Santana (Fonte: Madeira Island News, 2015).....	7
Figura 9 - Casas de São Jorge (Fonte: Madeira Best Guide).....	8
Figura 10 - Estrutura de cobertura (Mestre, 2001) .....	9
Figura 11 - Exemplo de paredes interiores tradicionais (Mestre, 2001) .....	10
Figura 12 - Cobertura típica do Porto Santo (Mestre, 2001) .....	10
Figura 13 - Casas tradicionais de alvenaria de pedra - Sr. Miséria (Mestre, 2001) .....	11
Figura 14 - Aspeto do interior de casas humildes da época (Mestre, 2001).....	11
Figura 15 - Exemplo evolutivo de casas (Estreito de Câmara de Lobos) (Fonte: Rentalia) ....	11
Figura 16 - Exemplos de madeiras nobres .....	12
Figura 17 - Exemplo de casa senhorial (Casa das Mudanças) (Fonte: Aprender a Madeira) .....	12
Figura 18 - Madeiras nobres importadas .....	13
Figura 19 - Caravela de 11 rumos – Traças de Carpintaria (Ordem dos Engenheiros).....	14
Figura 20 - Pinheiro Bravo (tronco) (Fonte: RVB) .....	15
Figura 21 - Exemplar de castanheiro (Fonte: Agronegocios) .....	15
Figura 22 - Estrutura interna de um tronco de madeira (Gonzaga, Adaptado) .....	17
Figura 23 - Equipamento de corte e abate de árvores (Fonte: Konevieste).....	18
Figura 24 - Aproveitamento dos toros de madeira (Fonte: Oregon State) .....	19
Figura 25 - Secagem de madeira ao ar livre – natural (Madeira Falsarella) .....	21
Figura 26 - Secagem de madeira em estufa (Marrari) .....	22
Figura 27 - Secção de madeira (incêndio) .....	23
Figura 28 - Elementos de madeira atacados por a) caruncho e b) formiga branca (Disertação Sérgio Martins, 2009).....	24
Figura 29 - Exemplo de ligações metálicas – madeira (Paulo Mendes).....	25

Figura 30 - Exemplo de deterioração de pintura (Cacau Jajef).....	26
Figura 31 - Aplicação de verniz (pincelagem).....	28
Figura 32 - Método de Impregnação por pressão (CTA).....	28
Figura 33 - Fase de saturação das fibras .....	30
Figura 34 - Curvas de Humidade de Equilíbrio .....	32
Figura 35 - Compressão paralelas às fibras .....	39
Figura 36 - Compressão perpendicular às fibras.....	40
Figura 37 - Flexão Estática .....	40
Figura 38 - Tração paralela às fibras.....	41
Figura 39 - Tração perpendicular às fibras .....	41
Figura 40 - Dureza na direção paralela às fibras.....	42
Figura 41 - Exemplo de aplicação de madeira – revestimento e teto .....	45
Figura 42 - Variação de resistência e disposição das fibras (Orange) .....	46
Figura 43 - Relação entre utilização dos diversos materiais estruturais (UNIPACS) .....	47
Figura 44 - Deformabilidade de elementos de madeira e aço sob a ação do fogo (Fonte - Apontamentos de Materiais de Construção) .....	47
Figura 45 - Ciclo de vida da madeira (Acréscimo).....	48
Figura 46 - Maior construção em madeira do mundo (Fonte: A Partir de Portugal).....	49
Figura 47 - Defeitos anatómicos / morfológicos da madeira (Velka).....	50
Figura 48 - Defeitos devido a influências externas (Thinkstock) .....	50
Figura 49 - Defeitos relacionados com ataque por degradação biológica (Londriseto) .....	51
Figura 50 - Defeitos tecnológicos (Deman).....	51
Figura 51 - Anisotropia da madeira (UNIPACS).....	52
Figura 52 - Estrutura de madeira do Complexo da Penteada (Madeira Island Masters) .....	55
Figura 53 - Placas OSB (Sach) .....	56
Figura 54 - Aglomerado de partículas de madeira com acabamento (Luminard) .....	58
Figura 55 - Processo de corte (Portal da Madeira).....	59
Figura 56 - Pormenor de um contraplacado de cofragem (Água de Placa) .....	60
Figura 57 - Pormenor de placas lameladas de madeira (Fonte – Sebenta da Cadeira de Materiais de Construção) .....	60
Figura 58 - Pormenor de fabrico de placas lameladas de madeira (Future Eng).....	61
Figura 59 - Estrutura em lamelados colados de madeira no Hotel Lopesan Baobab Resort ...	62
Figura 60 - Diversidade de tonalidades de painéis (VIROC) .....	63
Figura 61 - Pormenor de fixação dos painéis (VIROC).....	63

Figura 62 - Aplicação de painéis OSB numa estrutura LSF (Perkuno Trestas).....	64
Figura 63 - Custos de fabrico de placas OSB (Idac Logic).....	66
Figura 64 - Propriedades físico-mecânicas de placas OSB 3 (TA Fibra).....	67
Figura 65 - Vãos e cargas admissíveis de placas OSB 3 em situação de pavimento (TA Fibra) .....	67
Figura 66 - Aproveitamento dos resíduos para biomassa (Salmeron).....	68
Figura 67 - Exemplo de uma Placa OSB (Linyi) .....	70
Figura 68 - Variações de placas MDF (Shouguang) .....	71
Figura 69 - Processo de fabrico de placas MDF (Woodforce).....	72
Figura 70 - Diversidade de espessuras de placas MDF (Prime Panels) .....	73
Figura 71 - Panóplia de revestimentos disponíveis em placas MDF (MDF Cortecia).....	74
Figura 72 - Fachada Frontal (antes da reabilitação) .....	76
Figura 73 - Estado do pavimento antes da reabilitação .....	77
Figura 74 - Aspeto do Piso 1 (antes da reabilitação).....	77
Figura 75 - Parede exterior (fachada interior) .....	78
Figura 76 - Pormenor da parede interior em tabique.....	79
Figura 77 - Estrutura antiga do pavimento do rés-do-chão .....	80
Figura 78 - Modelação 3D do edifício a restaurar.....	81
Figura 79 - Parte tardoz do edifício (modelação 3D) .....	84
Figura 80 - Estado da cobertura inicial.....	84
Figura 81 - Caixa de Ar .....	85
Figura 82 - Proposta do auditório da Sede da Ordem dos Engenheiros .....	86
Figura 83 - Remoção da cobertura e dos revestimentos .....	86
Figura 84 - Preparação da laje de pavimento .....	87
Figura 85 - Estrutura de suporte do pavimento e teto.....	87
Figura 86 - Tirantes que ligam o teto à estrutura.....	88
Figura 87 - Aplicação de novos materiais na cobertura (chapa ondulada).....	88
Figura 88 - Teto do piso 1 .....	89
Figura 89 - Arranjos exteriores.....	89
Figura 90 - Corte da edificação reabilitada .....	90
Figura 91 - Auditório da Sede (atual).....	91
Figura 92 - Planta do Piso 0 .....	91
Figura 93 - Gabinete de atendimento da Sede da Ordem dos Engenheiros .....	92
Figura 94 - Imagem da Biblioteca localizada no piso 0 .....	92

## Índice de Figuras

Figura 95 - Hall de Entrada.....	93
Figura 96 - Planta do Piso 1 .....	93
Figura 97 - Apresentação da sala de reuniões e a referida ampla mesa.....	94
Figura 98 - Cobertura.....	94
Figura 99 - Zona envolvente à Sede da Ordem.....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**LVL** – Laminated Vanner Lumber, folhado laminado de madeira (dispostas paralelamente), usado principalmente como função estrutural. Possui uma excelente relação massa específica e resistência mecânica.

**LSF** – *Light Steel Frame*, trata-se de um sistema construtivo constituído essencialmente por aço galvanizado (elemento principal). Característico de estruturas que apenas o betão para fundações ou caves.

**MDF** – *Medium Density Fireboard*, trata-se de um derivado de madeira feito com uma única camada de fibras e composição homogénea em toda a sua superfície exterior.

**OSB** – Oriented Strand Board, trata-se de placas especialmente usadas para revestir e reforçar estruturas, isto é, aglomerado de partículas de madeira, longas e orientadas (perpendicularmente), possuindo assim características semelhantes aos lamelados colados de madeira.

**VIROC** – patente de painel composto com mistura de partículas de madeira e cimento Portland, entando comprimida e seca. Tem grande utilidade em ambientes exteriores (fachadas) por ter características de flexibilidade e durabilidade.

**WBP** – *Wood Based Panel*, trata-se de painéis à base de madeira constituído por finas folhas coladas de madeira, normalmente com grande resistência a ambientes exteriores.





# Capítulo 1

## Considerações Iniciais

### 1.1. ENQUADRAMENTO

Ao longo dos séculos a madeira tem registado especial interesse pelos principais intervenientes na área da construção civil, dadas suas excelentes propriedades. Tais características baseiam-se na excelente resistência mecânica, bom comportamento, quanto ao isolamento térmico e acústico. Saliente-se também o contributo importante, que este material representa no campo económico, ao nível mundial, desde a sua proveniência, crescimento, transformação, até ao produto final.

Pelas limitações específicas, a Região Autónoma da Madeira, sempre sentiu a necessidade de explorar todas as capacidades deste recurso, verificando-se assim, como sendo de uso nas mais diversas utilizações, na construção das casas, dos barcos, na criação de utensílios, nos abrigos para os animais, na lenha para cozinhar os alimentos, no aquecimento da casa, etc.

A par das construções mais antigas, existentes um pouco ainda por todo o lado nesta região, é possível verificar-se também as antigas casas de Santana, feitas com estrutura em madeira e cobertura de palha. Constituindo assim, uma imagem de marca regional, e representando a arquitetura tradicional Madeirense, mais concretamente de uma localidade. Estas são agora mais vistas como polo de atração turística, com utilização para a comercialização de produtos regionais, em grande parte destinado aos turistas.

De cobertura de palha, também conhecida como de colmo (palha do trigo), material que para além de servir de proteção às águas pluviais, proporciona ainda um excelente conforto térmico, permitindo assim, um ambiente interno fresco e acolhedor durante o verão e confortável durante o inverno. Tendo como particularidade em termos de arquitetónicos, o

formato triangular, composto por sótão, onde se armazenavam os produtos agrícolas, ferramentas, etc. e no piso térreo, teria a função de habitação.

A madeira, pela sua heterogeneidade, este nobre material garante a disponibilidade de grandes variações de cor, textura e aspeto. Esta solução torna-se ainda mais abrangente com a introdução dos derivados de madeira como por exemplo, as placas OSB, MDF, etc. Com aparecimento destes novos materiais, com significativas melhorias em termos de resistência e durabilidade do material, permitindo assim novos avanços em projetos de engenharia com diferentes particularidades.

A utilização do material madeira tem sido nos últimos anos crescente. Para clarificar este facto é apresentado como simples exemplo o seguinte gráfico (ver Figura 1), sobre a evolução de produção de paletes de madeira no período compreendido entre 2007 e 2014 bem como as projeções até 2020. Na União Europeia existe uma produção atual de 9 milhões de toneladas de madeira para palete e prevê um crescimento de 66,7 % até 2020 (com produção estimada de 15 milhões de toneladas).

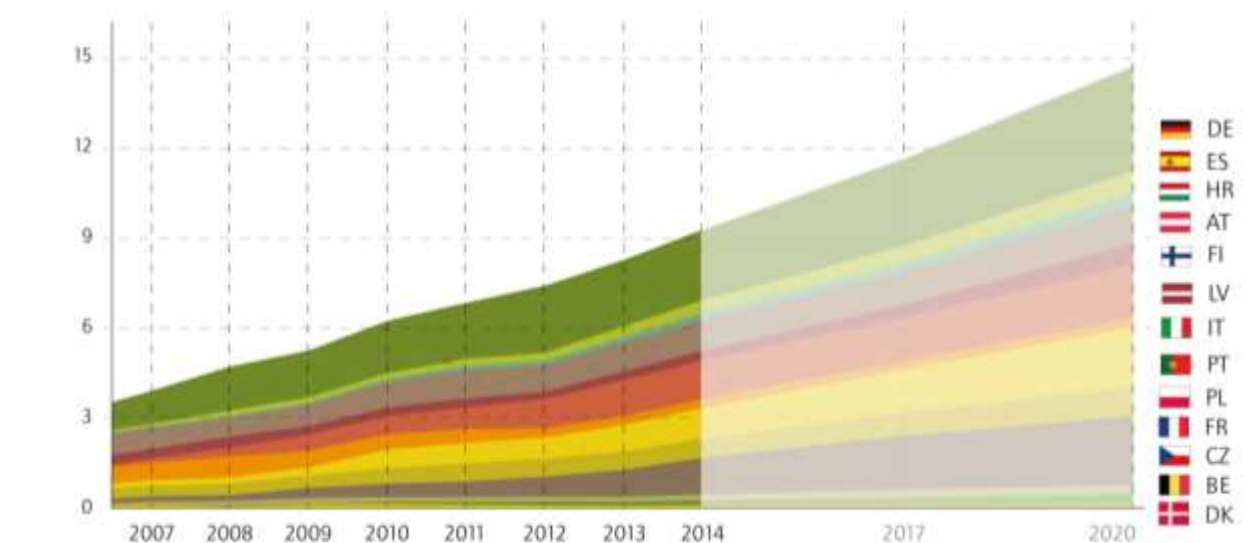


Figura 1 - Evolução de produção de madeira (paletes) na EU

(Fonte: Biomass Counts, 2014)

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho é baseado nos seguintes objetivos principais:

1. Estudar a madeira na construção civil, dando a sua contextualização histórica.
2. Descrever as soluções construtivas existentes no mercado com este material.

3. Descrever um caso de estudo de reabilitação e analisar todo o seu processo construtivo.

### **1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, correspondendo o primeiro capítulo às Considerações Iniciais até agora apresentadas.

No que diz respeito ao Capítulo 2 apresenta-se o estado da arte do material madeira, fazendo-se uma revisão bibliográfica de todas as soluções e técnicas empregues na construção civil estudando-se as soluções existentes no mercado. Entre outros, efetua-se uma descrição sobre a madeira, desde a sua origem, ciclo de produção e de vida útil não deixando de atender à contextualização regional deste recurso e as soluções mais usuais. Abordam-se também as patologias que mais contribuem para a degradação da madeira, assim como, de que forma são ultrapassados todos os problemas associados a cada patologia.

O Capítulo 3 é uma ‘continuação’ do Capítulo 2 focando-se nos derivados da Madeira.

No Capítulo 4 apresenta-se um caso de estudo – Edifício da Sede da Ordem dos Engenheiros – Delegação da Região Autónoma da Madeira. Trata-se de uma edificação alvo de reabilitação, e será tratado todo o processo de reabilitação, desde escolha de materiais, bem como a caracterização de todos processos e técnicas construtivas aí envolvidas.

Este trabalho termina com o Capítulo 5 onde são transmitidas todas as conclusões deste trabalho e apresentação de sugestões para trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Estado da Arte

### 2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

De origem vulcânica e floresta densa, aquando da sua descoberta em 1419, foi-lhe atribuído o nome de ilha da Madeira.

A sua localização está compreendida entre os meridianos  $16^{\circ} 39' 19''$ W e  $17^{\circ} 15' 54''$ W e entre os paralelos  $32^{\circ} 37' 52''$ N e  $32^{\circ} 52' 08''$ N – a 520 km de Gran Canaria, 685 km da costa africana, 891 km de Santa Maria dos Açores e 973 km de Lisboa – apresenta uma área de 742,40 km<sup>2</sup> e uma forma alongada com comprimento máximo de 53,9 km e largura máxima de 23 km, como é possível ver na Figura 2. De acordo com os dados recolhidos nos Censos 2011, a população residente é de 267,785 habitantes (Instituto Nacional de Estatística, I.P., 2012).



Figura 2 - Vista satélite da ilha da Madeira  
(Fonte: Google Earth, 2015)

Tendo em conta os recursos naturais, pela expressividade e diversidade de espécies de madeira existentes na ilha, algumas delas consideradas como madeiras nobres, e também como sendo de espécie protegida, entre as quais algumas autóctones, como por exemplo, o til, o barbuzzano, o vinhático, etc. Pelo espólio de biodiversidade, é de salientar que a floresta Laurissilva foi classificada como Património da Humanidade em 1999 pela UNESCO, como é possível observar na Figura 3.



**Figura 3 - Paisagem da floresta Laurissilva da Madeira**  
(Fonte: Klube Klippe)

A par desta, saliente-se também a notável presença da rocha basáltica, recursos estes que sempre nos presentearam com os materiais por si derivados nas mais diversas obras, ao longo dos tempos e com combinações quase sempre perfeitas.

Desde o início do povoamento da ilha, a madeira tem sido um dos materiais mais utilizados na indústria da construção civil, nas cabanas, nas casas, na carpintaria de cofragem e de limpos dos mais diversos edifícios, no mobiliário, na construção naval, etc. Recorde-se as importantes caixas do açúcar que, dada a utilidade da sua época, enriquecem o património histórico e cultural da região, como é visível na Figura 4.

Até o século XVII o número de caixas de açúcar importada pela Madeira foi de 10.722 caixas, com capacidade unitária de 35 arrobas. Tinha como intuito o transporte dos pães de açúcar embalados em papel.

*“Os Armários de um e dois corpos ditos de caixa de açúcar Madeiras usadas: imbuia (ocotea sp.) jequitibá (cariniana sp.), castanho (castanea sativa), mogno do Brasil (swietenia tessmannii Harms), Nogueira (carya sp), olaia (cercis sp.), vinhático-das-ilhas (oersea indica*

*L., Spreng.). Peças que incluem, provavelmente, jequitibá*”, segundo estudo de Lília Esteves do Instituto de José de Figueiredo (Lisboa, 1999): nº inventário: 839, 843, 844, 1163, 1888)



**Figura 4 - Caixa de açúcar**  
(Fonte: Museu Quinta das Cruzes)

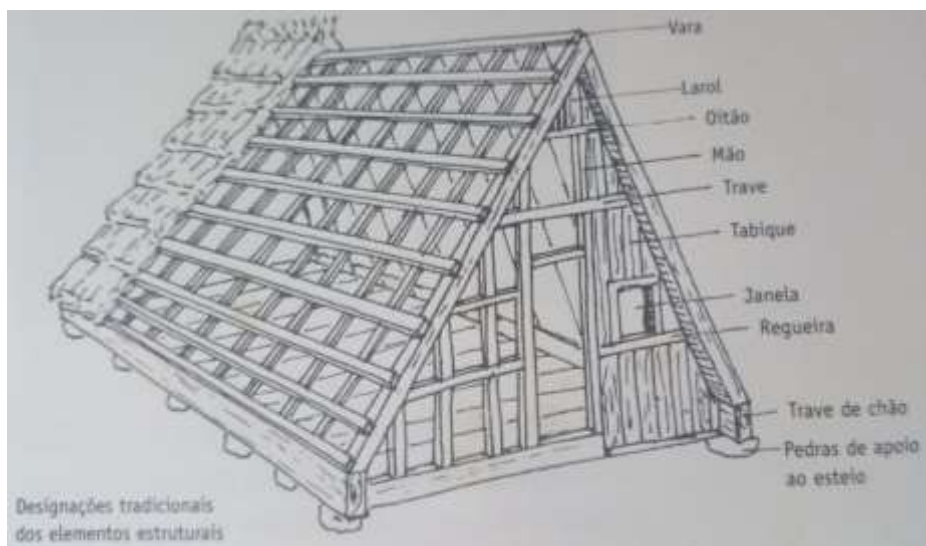
As antigas e tão conhecidas casas de Santana, sobejamente acarinhadas por residentes e turistas; passando pelas mais diversas obras, até às mais modernas construções da atualidade, o cunho, material da madeira continua sempre presente (ver exemplo na Figura 5).



**Figura 5 - Casas Típicas de Santana**  
(Fonte: Guia Viagens Aeiou)

A estrutura das originais casas de Santana é toda ela de madeira, com pavimento sobrelevado e assente sobre pedras de apoio como fundação, como é perceptível na Figura 6. A particularidade de sobrelevação do solo permite a função de arejamento e proteção da madeira relativamente à humidade do solo.



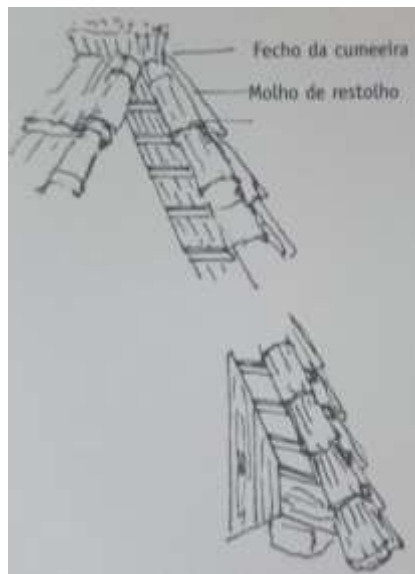


**Figura 6 - Designações tradicionais dos elementos estruturais das casas de Santana (Mestre, 2001)**

Tendo em conta as condições de ruralidade profunda, o colmo (restolho) nas coberturas seria um dos poucos materiais disponíveis na época (ver Figuras 7 e 8). Saliente-se que este apesar de durabilidade reduzida, é capaz de oferecer bom comportamento térmico.



**Figura 7 - Instalação de cobertura – colmo**  
(Fonte: Madeira Island News, 2015)



**Figura 8 - Pormenor da cobertura da casa de Santana**  
(Fonte: Madeira Island News, 2015)

Sendo disposto por molhos, aplicados de baixo para cima, sobrepostos, permitindo assim um correto escoamento das águas pluviais. Por fim, na zona de cumeeira são amarrados para garantir total estanquidade e coesão dos materiais.

Sendo a madeira um material que, pelas suas características de resistência mecânica, bom comportamento térmico e acústico e ainda de excelente durabilidade, presente nas mais



diversas aplicações a desempenhar o papel de elemento tanto estrutural como construtivo, de salientar ainda o contributo estético que sempre nos habituou. Razões que o torna de considerável apreço pela engenharia civil.

A importância da madeira na realidade regional da ilha da Madeira remonta aos primórdios da colonização da mesma – quando se extraíram enormes quantidades de madeira a fim de se ocuparem as zonas de cota mais elevadas e obrigando à construção de socalcos nas encostas. (Mestre, 2002:38).

Desta época [séculos XVII e XVIII] deverá ser também o modelo das casas de grandes dimensões em madeira e telhados de palha muito altos de São Jorge, Ilha e Achada do Marques, as chamadas casas redondas como na Figura 9, bem como as características casas de Santana (Mestre, 2002:74).



**Figura 9 - Casas de São Jorge**  
(Fonte: Madeira Best Guide)

Atualmente têm a função de restauração, sendo um local muito frequentado por turistas. A estrutura da cobertura é constituída por vigas de madeira, como exemplo da Figura 10.

O material empregue na altura era normalmente o castanho, carvalho ou outra madeira rija. Na época, a madeira é ainda um dos materiais mais utilizados no interior da casa, na estrutura resistente dos sobrados elevados, e nos pavimentos térreos que são sobrelevados, formando uma caixa-de-ar (Mestre, 2002).

Na sua construção, era geralmente utilizado o castanho, o “pinho da terra”, ou, nas casas mais antigas, o cedro da ilha. António Aragão, na sua obra, cita ainda algumas das referências de Valentim Fernandes em 1506: “cedro – com tabuado de sete palmos de largo, que mais

parece mastros de navios, doa quais fazem caixas mesas e cadeiras; til – tão ‘gordo’ que fazem tabuado com cinco palmos de largura, dele fabricando também caixas de açúcar; teixo – cujas árvores são tão ‘gordas’ que atingem tábuas de sete palmos de largo; vinhático – tão grosso que abrem tábuas de quatro palmos; pau branco – madeira usada no fabrico de eixos e parafusos dos engenhos de açúcar; aderno – pau muito forte do qual fazem tabuado com três palmos; barbusano – pau muito pesado e que nunca apodrece, fazendo dele tábuas de cinco palmos; urze – de que fabricam carvão e abrem tábuas de cinco palmos” (Mestre, 2002:87).



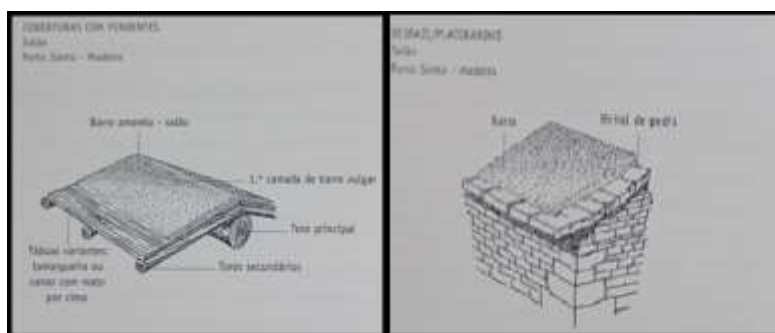
As paredes interiores eram constituídas pelo engradado tradicional português, tipo cruz de Santo André, sendo preenchido com pedras pequenas, pregado o fasquiado em caniço e coberto com argamassa fina. Ainda sobre paredes interiores, utilizaram-se paredes tabique com pranchas de madeira ao alto e pintadas a cal e fixador natural, como se pode observar na Figura 11. Uma solução alternativa de cobertura era a utilização do salão, tipo de barro amarelo abundante na ilha do porto santo (ver Figura 12). No inverno, com a presença de água, o material expandia e evitava a entrada da mesma para o interior da habitação, garantindo a estanquidade. Durante o verão tinha capacidade de arejar o interior da habitação, mantendo-a fresca.

Segundo (Mestre, 2002), a partir dos séculos XVI e XVII terá surgido no território português a “casa espontânea” de formato visual claramente erudito, impondo-se assim aos modelos mais primitivos. Com modelos tipológicos geralmente modulares na harmonia, proporção e escala nos processos de construção, nos diversos aspetos formais,

independentemente dos materiais existentes em cada região e que sempre caracterizaram uma imagem de memória coletiva.



**Figura 11 - Exemplo de paredes interiores tradicionais (Mestre, 2001)**



As condições deploráveis das casas dos mais pobres, onde se incluíam as furnas, o casario do “Sr Miséria” com um só piso, de cobertura de palha, de pavimento em soalho feito de tábuas de pinho carunchosas unidas umas às outras, e uma porta com uma “janelinha visor” virada para o lado nascente, como se pode ver na Figura 13.

O aspeto do interior deste tipo de edificação humilde, onde se pode verificar as paredes exteriores de pedra aparelhada proveniente da rocha basáltica, sem revestimento. Pode-se ainda verificar uma rude escada de acesso ao sótão, bem como o pavimento de soalho assente sobre traves de madeira de aspeto tosco, sendo este tipo de construção frequente na época (ver Figura 14).

Estará no surgimento do modelo de construção e na evolução das casas mais humildes, como sendo as casas de madeira e as casas de alvenaria de pedra, exemplos ainda visíveis um pouco por toda a ilha, com cobertura de palha de trigo ou telha (como é visível na Figura 15).



**Figura 13 - Casas tradicionais de alvenaria de pedra - Sr. Miséria (Mestre, 2001)**



**Figura 14 - Aspeto do interior de casas humildes da época (Mestre, 2001)**

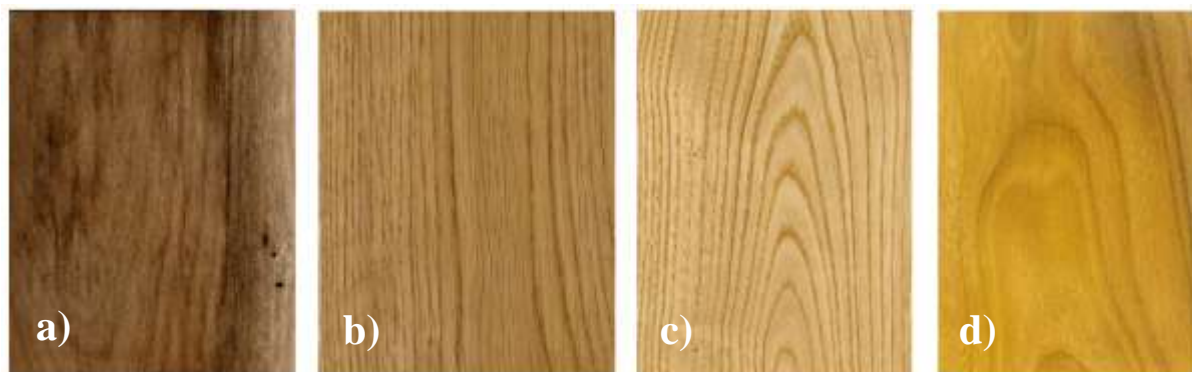


**Figura 15 - Exemplo evolutivo de casas (Estreito de Câmara de Lobos) (Fonte: Rentalia)**

Nos séculos XVII e XVIII, os modelos rurais e urbanos não sofreram significativas alterações, as marcas construtivas do passado perduraram; na modelação das carpintarias, como na forma e processo construtivo da cobertura onde se constata a aplicação da madeira na estrutura de suporte, preferencialmente o uso de madeiras nobres e naturais da ilha, destacando-se o til, o carvalho, o castanho, o vinhático (conforme Figura 16 – a), b), c) e d) respetivamente) pela garantia de uma maior durabilidade das estruturas.



Nesta altura, e tendo em conta a evolução natural das civilizações, surgem também as casas antigas ou seculares – casas características dos grandes senhores – destacando-se pelo seu porte, podendo ser de um ou dois pisos. Estas encontram-se um pouco por toda a ilha e com implantação privilegiada, como sinal superior.



Muitas delas alvo de **Figura 16 - Exemplos de madeiras nobres** recentes e consideráveis requalificações, tendo sido também registadas como imóveis de interesse público, dado o seu legado patrimonial, cultural e histórico para a ilha. Atualmente com diferentes tipos de uso, como atividades turísticas, de cultura e lazer, e até residenciais – algumas inclusivamente denominadas de Quintas.

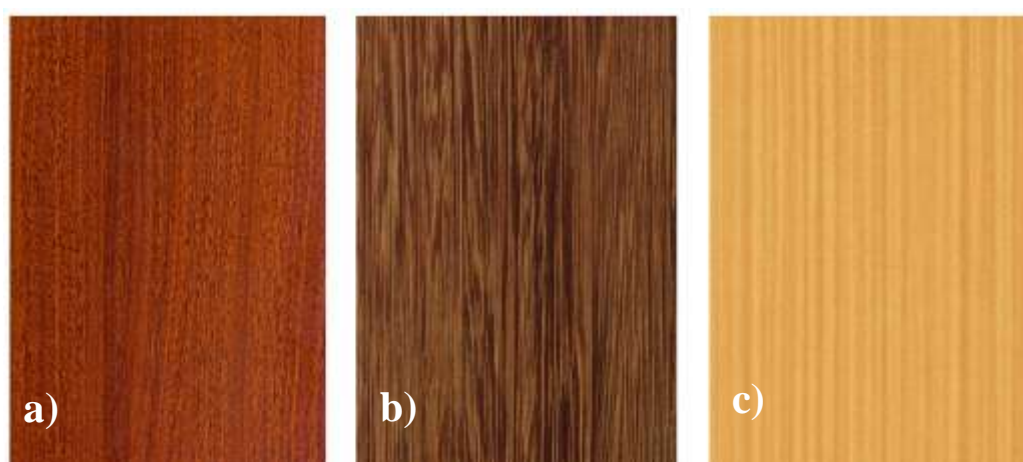
Entre estas casas antigas, podemos destacar a Casa das Mudas, localizada na Freguesia da Calheta e o Solar do Morgado do Esmeraldo localizado na Ponta do Sol; entre tantas outras existentes nas sedes de concelho, como é perceptível na Figura 17.



**Figura 17 - Exemplo de casa senhorial (Casa das Mudas)**  
(Fonte: Aprender a Madeira)

Recorde-se que a ilha já fora autossustentável ao nível das madeiras para uso na indústria da construção. É a partir deste tempo que se dá um aumento progressivo da população e, por conseguinte, da construção. Dá-se então uma procura crescente desta matéria-prima, tendo assim que se recorrer aos recursos existentes no continente português, com destaque para o pinho Leiria, riga, castanho, etc. – madeira rececionada no porto do Funchal.

Com a colonização portuguesa no continente sul-americano e países africanos, primeiro no Brasil e posteriormente em Angola, Moçambique e Guiné-Bissau. Ora, sendo estes países possuidores de grandes reservas em termos de recursos naturais, como sendo as madeiras nobres e que se destacam pela sua considerável durabilidade, saliente-se os mognos, a sucupira, a tola (como é visível na Figura 18- a), b) e c) respetivamente).

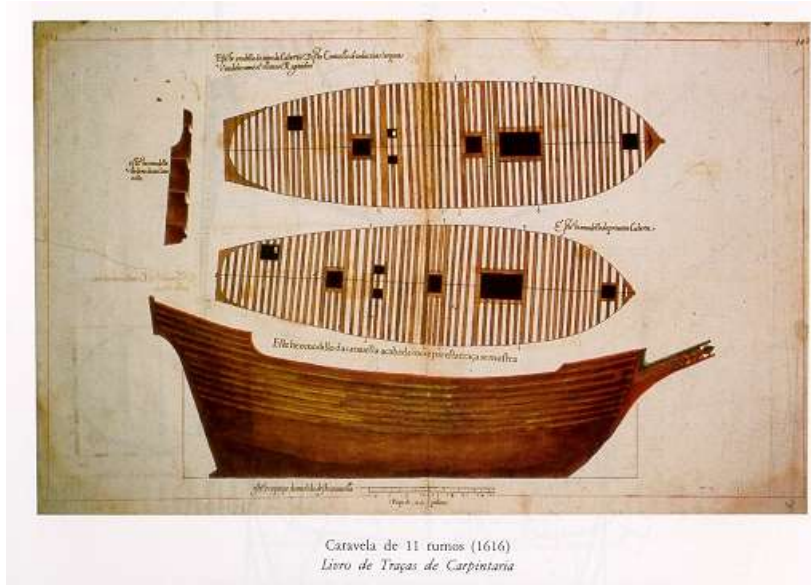


Note-se que, quando **Figura 18 - Madeiras nobres importadas** submetidas a proteção superficial, as madeiras escuras e de maior densidade, conseguem oferecer maior resistência em termos de durabilidade perante as intempéries, logo as mais indicadas para uso no exterior.

Existem várias espécies de mogno variando ao nível da densidade e textura, mas de cor avermelhada como característica comum. A sucupira tem como característica a elevada densidade, e a cor acastanhada. A tola é uma madeira leve, estável, de baixa densidade e dureza, aproximando-se de um tom castanho claro; esta espécie, para além de muito usada nas carpintarias de limpos, foi também muito usada na indústria da construção naval (caravelas) pela leveza, estabilidade e durabilidade como Figura 19.

A partir do século XX, com a massificação do betão armado, a madeira começa a perder peso no campo dos materiais mais solicitados, principalmente ao nível estrutural. Mas, fruto da inovação tecnológica, esta matéria-prima sofre grandes transformações, originando num melhor aproveitamento de recursos, dando assim lugar ao aparecimento dos derivados de madeira, como sendo os lamelados, os aglomerados, os laminados, os contraplacados, bem como os

atualmente conhecidos OSB, garantindo-se, assim, maiores resistências, estabilidade dos materiais, maior durabilidade, diversidade, estética, bem como a alteração dos processos construtivos ao nível das carpintarias de limpo e/ou de cofragem. Isto traduziu-se em ganhos ao nível da eficiência térmica, acústica, maior diversidade e rentabilidade construtiva.



2.2. Figura 19 - Caravela de 11 rumos – Traças de Carpintaria (Ordem dos Engenheiros)

## MADEIRA, MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

A existência de diferentes características, numa vasta variedade de espécies de árvores existentes, permite dividi-la em dois grupos:

- **Árvores gimnospérmicas**, também conhecidas por **resinosas**, em que as células são responsáveis pela nutrição, transporte da seiva e suporte da árvore, salientando-se como exemplos o pinheiro, o abeto, o cipreste, etc. (ver Figura 20)



**Figura 20 - Pinheiro Bravo (tronco)**  
(Fonte: RVB)

- **Árvores do grupo das angiospérmicas**, também conhecidas por **folhosas**, em que as células são diferenciadas, umas são responsáveis pelo transporte da seiva, enquanto outras suportam a árvore, sendo exemplos o castanheiro (ver figura 21), o eucalipto, o choupo, etc.



**Figura 21 - Exemplar de castanheiro**  
(Fonte: Agronegocios)

A árvore, um vegetal de tronco lenhoso, que, no entender da memória coletiva, tem como altura mínima aproximadamente quatro metros, alguns estudos demonstram que a árvore pode atingir a altura de um a catorze metros. Tendo em conta algumas exceções, é possível encontrar-se alguns exemplares que atingem alturas superiores a cem metros, como, por



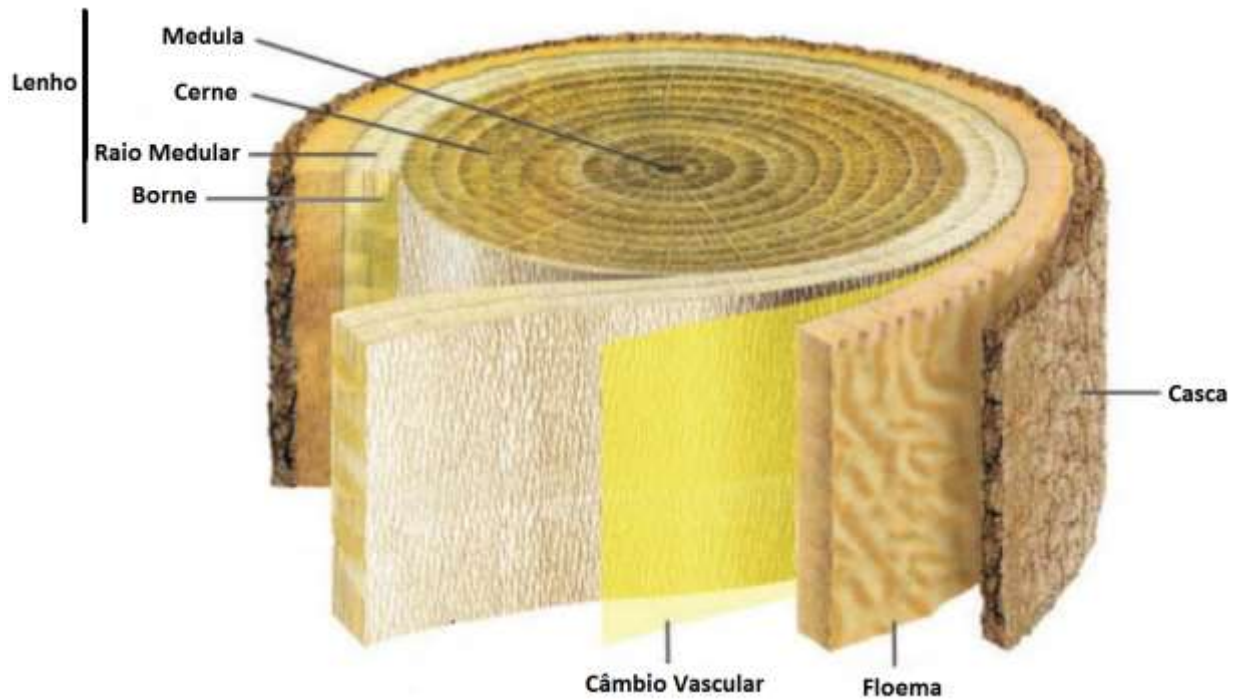
exemplo, uma sequoia chamada Hyperion existente nos Estados Unidos, mais concretamente no Parque Nacional de Redwood - a norte de São Francisco.

É a partir da árvore, do seu tronco lenhoso, para ser mais preciso, que se obtém a madeira, distinto material que desde os primórdios, figura na lista dos principais materiais de construção. Os fatores que caracterizam as propriedades da madeira dividem-se em 3 grupos:

- **Características mecânicas** que têm em conta a resistência do material, nomeadamente à compressão axial e transversal, flexão estática e dinâmica, tração axial e transversal, corte, dureza e fendimento;
- **Características químicas** que dizem respeito à sua composição e que passam pelo teor em óleos, resinas, taninos, etc.;
- **Características tecnológicas** que envolvem as técnicas e época de abate, facilidade de impregnação de produtos preservadores, facilidade de secagem e facilidade de laboração e acabamento.

A matéria-prima da madeira surge a partir do tronco da árvore, sendo este constituído pela casca e pelo lenho (ver Figura 22). A **casca** corresponde à parte exterior que serve de proteção do tronco e tem na sua composição três substâncias:

- o **ritidoma** que corresponde ao estrato externo, formado por tecido morto, e que é responsável pela proteção da árvore face aos agentes nocivos existentes no meio ambiente;
- o **entrecasco** que é responsável pelo transporte de seiva;
- o **câmbio vascular** é uma camada fina de tecidos vivos, sendo responsável pelo crescimento da árvore. É de salientar que ao infligir-se um corte, acidentalmente ou não, do entrecasco e do câmbio vascular à volta do tronco, resulta na morte da árvore.
- o **lenho** é a parte do tronco de onde se extrai a madeira, localizado entre a casca e a medula, e divide-se em duas partes distintas:
  - o **cerne**, que é a parte mais escura e resistente e é composta por células mortas resultantes do crescimento da árvore, tem maior compacidade, densidade, resistência mecânica e garante uma maior durabilidade, tendo em conta que esta parte constitui-se por tecido morto, não contém açúcar ou amido, mas antes consideráveis quantidades de lenhina, resinas, taninos, óleos, entre outras substâncias tóxicas, minimizando assim o ataque à madeira pelos insetos. O tecido mole e esponjoso, denominado como **medula**, é o núcleo do **cerne**.
  - o **alburno** ou **borne**, de cor mais clara, é responsável pelo transporte de seiva bruta das raízes para as folhas e localiza-se entre o cerne e o cambio vascular.



**2.2.1.**                      **Figura 22 - Estrutura interna de um tronco de madeira (Gonzaga, Adaptado)    Produção    de madeira**

A adoção da madeira como material para a construção civil passa primeiro pelo abate da árvore, operação que deve ser realizada, no Inverno, tendo em conta que a secagem natural acontece mais lentamente, anulando, assim, o surgimento de rachas e fendas, é também nesta época do ano em que a madeira contém menos seiva elaborada, e sendo esta, uma fonte de alimento, pelo que o ataque dos insetos e fungos torna-se mais reduzido.

A segunda operação passa por torar, isto é, cortar transversalmente a árvore abatida em tamanhos pretendidos, sendo habitualmente desramada durante este corte, podendo também ser feito o descasque durante esta operação (ver Figura 23), tendo em vista a necessidade de aproveitamento da casca para fins comerciais, como para fins estéticos e adubos dos solos em espaços ajardinados, mas também para incorporação nos derivados de madeira.



**Figura 23 - Equipamento de corte e abate de árvores**  
(Fonte: Konevieste)

Como terceira operação pode salientar-se, embora muito rara, o processo de falquejar o toro (tronco cortado à medida desejada), que passa por esquadriar o toro (falca de meia quadra ou falca de aresta viva), mas a prática corrente é que, após o corte da árvore em toros, estes vão diretos para a serração, onde mecanicamente os mesmos são transformados em elementos de madeira para utilização - como sendo vigas, barrotes, pranchas, tábuas ou ripas. Tal transformação requer um estudo prévio sobre o corte dos toros, para que resulte no melhor aproveitamento dos elementos de madeira, como é visível no exemplo da Figura 24.

De salientar que todos os elementos obtidos com a mesma dimensão irão ter propriedades mecânicas distintas, pois a posição das fibras varia. Após a sua secagem e transformação, darão lugar aos mais diversos elementos de carpintaria, como sendo soalho, portas, mobiliário, estruturas de coberturas, etc. O referido processo de secagem da madeira pode ser natural ou artificial.



**Figura 24 - Aproveitamento dos toros de madeira**  
(Fonte: Oregon State)

### **2.2.2. Aplicações da madeira**

Relembrando ainda que a madeira natural, pela diversidade de espécies existentes, cada uma com as suas características próprias e que, por natureza, diferem significativamente umas das outras, por vezes até dentro da mesma espécie, embora com menor expressão.

Dadas estas diferenças em termos de comportamento físico e mecânico, da facilidade de laboração, do ponto de vista da durabilidade e por motivos estéticos, foi sendo possível selecionar as espécies mais apropriadas, tendo em conta as suas exigências funcionais.

Então, é possível verificar que a indústria de construção civil tem no seu registo como espécies de maior aplicação o pinho, o eucalipto, o carvalho e outras madeiras exóticas, tais como os mognos, sucupiras, tola, etc. Já na indústria do mobiliário, figuram a noqueira, o castanho, a cerejeira, o plátano, a faia, etc. enquanto para a indústria do papel, tem especial destaque o eucalipto e o choupo.

A madeira, como material de construção, deve passar sempre por um processo de secagem, salvo raras exceções. Este processo tem uma importância vital na medida em que contribui para a estabilização da madeira em termos de retratilidade, para anulação de tensões internas, facilidade de laboração e uma maior dificuldade no desenvolvimento da generalidade dos fungos, em madeiras com teor de humidade inferior a 20%, retardando assim a degradação deste material.

A humidade da madeira é a relação expressa em percentagem entre a massa de água que se evapora por secagem e a massa do provete depois de seco, conforme Equação seguinte:

$$H = \frac{m_{\text{húmido}} - m_{\text{seco}}}{m_{\text{seco}}} \times 100\%$$

Sendo esta uma propriedade física da madeira, que importa ser sempre considerada antes da fase de laboração, pois vai condicionar o seu comportamento no processo de secagem, na laboração e preservação, geometria dos elementos de madeira, nas características mecânicas e na durabilidade. Saliente-se a configuração de um mecanismo medidor de humidade na madeira. Outra propriedade não menos importante é a densidade ou massa volúmica, que corresponde ao peso por unidade de volume. A densidade aparente varia muito por esta depender da humidade da amostra e da estrutura do lenho.

No seu estado natural (madeira verde), este material possui um teor de humidade superior a 30%, podendo atingir valores superiores a 100% para determinadas espécies de madeira menos densas. Em contrapartida, as madeiras com maior densidade têm naturalmente menor percentagem de humidade no seu estado natural, mas nunca inferior a 30%.

O processo de secagem implica diretamente baixar o teor de humidade existente na madeira para o valor pretendido e que pode ser efetuado de duas formas distintas, sendo uma ao natural (efetuado ao ar livre – ver Figura 25) em que o tempo de secagem pode variar entre três a doze meses ou mais dependendo da densidade da madeira e das dimensões da secção da mesma, depois de seca, obtêm-se teores de humidade que se situam entre 14% e 18%.





A outra forma de secagem da madeira, é aquela que é feita ao ar livre – natural (Madeira Falsarella), em que é possível obter-se o teor de humidade pretendido e em tempo significativamente inferior, conforme exemplo da Figura 26. Considera-se como madeira seca quando esta encontra-se com teor de humidade entre 8% e 12, podendo assim afirmar-se que a madeira comercialmente seca apresenta uma humidade inferior a 20%, a título de informação, a madeira dissecada está entre 0% e 14% e a madeira anidra, quando o valor é de 0%, contendo somente água de constituição).



A secagem sempre causa deformações pela retração da madeira e estas dependem da parte do fuste, tendo em conta que o teor de humidade baixa para valores inferiores ao ponto de saturação das fibras e que, por consequência, dão-se variações de dimensão em todas as direcções, naturalmente diferentes em cada uma delas, o que se deve à heterogeneidade e anisotropia deste material. As direcções referidas têm a sua significância na retração axial que varia entre 0,1% e 1%, na retração radial oscila entre 2% e 7%, e na retração tangencial a variação mais expressiva entre 4% e 13%. Como exemplo para a madeira de pinho, estas retrações situam-se em 0,7%, 4,9% e 8,6%, respetivamente.

É de realçar que a anisotropia pode ser alta se a relação entre retração tangencial e retração radial for superior a 2, aumentando assim a probabilidade de fendilharão deste material. Quando a relação for inferior a 1,5; a tendência da fendilharão é menor.

Outra propriedade da madeira a ter em conta é o facto de este material ser combustível e inflamável. Perante uma temperatura de 275°C, arde espontaneamente, começando pelas arestas, mas em função da simetria da secção da peça, do teor da humidade e da sua densidade é possível manter as suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, face à exposição de uma fonte de calor durante um determinado período de tempo (ver Figura 27). Com a descoberta e aplicação de produtos ignífugos que, em reação com o oxigénio, libertam gases que evitam a combustão, melhorando assim o comportamento da madeira face ao fogo.



Para além das propriedades físicas da madeira anteriormente referidas e dos fatores anatómicos, é de registar a densidade, a humidade, os defeitos, o tempo de atuação de carga, o ângulo formado pela direção do esforço e a direção do fio da madeira como sendo estas as características que determinam a resistência mecânica da madeira e que, devido à heterogeneidade e anisotropia, esta resistência deixa de ser igual em todas as direções e para qualquer tipo de solicitação.

Saliente-se alguns exemplos que comprovam as referidas diferenças: a tração paralela às fibras garante uma resistência de aproximadamente  $970 \text{ kg/cm}^2$ , mas a tração perpendicular às fibras garante apenas uma resistência de aproximadamente  $30 \text{ kg/cm}^2$ ; em relação à compressão e ao corte paralelo às fibras garante o valor aproximado de  $450 \text{ kg/cm}^2$  e  $95 \text{ kg/cm}^2$ , respetivamente. Quanto à flexão estática perpendicular às fibras, o valor aproxima-se para a resistência mecânica de  $870 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.2.3. Degradação da madeira

A madeira contém 60% de celulose e 28% de lenhina, fazendo ainda parte da sua composição os açúcares e amidos. O ataque dos agentes destruidores é condicionado, em grande medida, pela espécie florestal em causa, considerando ainda outros fatores, tais como o teor de humidade, sendo que este, para valores superiores a 20%, vai proporcionar o desenvolvimento de fungos no interior da madeira; já o teor em substâncias tóxicas, nomeadamente taninos, resinas, gomos, etc., quanto mais elevado, melhor será a proteção do material; ainda o teor em substâncias nutritivas, como sendo os açúcares e amidos, que, quanto maior a sua quantidade, maior será a vulnerabilidade do material face aos agentes agressores.

Também a quantidade de cerne presente no lenho, que, quanto maior, melhor será a proteção da madeira, devido à ausência de amidos e açúcares e por conter maiores quantidades

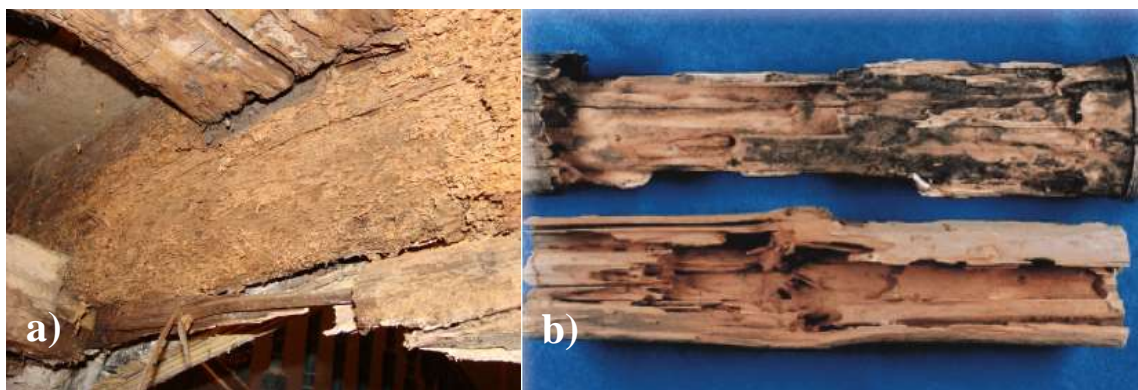


de substâncias tóxicas, como o lenhino, resinas, óleos, taninos, etc.; por último, a densidade, a espessura das camadas anuais, a percentagem do lenho de Outono significa que, quanto maior a densidade, menor a espessura das camadas anuais e a percentagem do lenho e Outono, maior será a resistência da madeira face à degradação.

A degradação da madeira verifica-se com o desenvolvimento de fungos, insetos ou bolores no interior deste material. Conhecidos que são dois tipos de fungos xilófagos, sendo os fungos cromogéneos que apenas provocam manchas e os fungos da podridão que destroem a resistência da madeira. Ambos os tipos de fungos, desenvolvem-se durante o crescimento da árvore, durante a secagem, mas também na madeira aplicada em obra. Existem também diversos insectos xilófagos terrestres, tais como o caruncho grande (*hylotrupes bajulus*), que apenas atacam o borne de madeiras resinosas.

Por sua vez, o caruncho pequeno (*Anobium punctatum* e *tribolium castaneum*) já ataca todo o lenho, tanto o borne como o cerne, e tanto nas espécies de folhosas como de resinosas.

Também a formiga-branca (*Reticulitermes lucifugus*), uma espécie de térmita subterrânea, atinge qualquer tipo de madeira que se encontre próximo do solo e com teor de humidade adequado ao desenvolvimento de fungos. Contam-se ainda as térmitas da madeira seca, que atacam madeiras secas, mesmo estando estas distantes do solo (Ver figura 28 - a) e b) respetivamente).



**Figura 28 - Elementos de madeira atacados por a) caruncho e b) formiga branca (Disertação Sérgio Martins, 2009)**

Outros agentes destrutivos são os xilófagos marinhos, sendo estes seres marinhos que atacam a madeira permanentemente imersa, com maior incidência em zonas sujeitas ao movimento das marés.

Por fim, os bolores, cujo desenvolvimento tem lugar quando as condições de humidade da madeira o permitem, e que será sempre acima de 20% do teor de humidade.

#### 2.2.4. Proteção da madeira

É a partir da aplicação que se pretende dar à madeira, em termos funcionais e estéticos, que se determina a escolha do produto preservador, o que implica naturalmente conhecer qual o tipo de madeira a tratar e a natureza dos potenciais agentes de degradação, dada a grande existência de diferentes espécies de madeira, e cada uma com características diferentes em termos de vulnerabilidade, bem como pela existência de alguma diversidade de agentes nocivos.

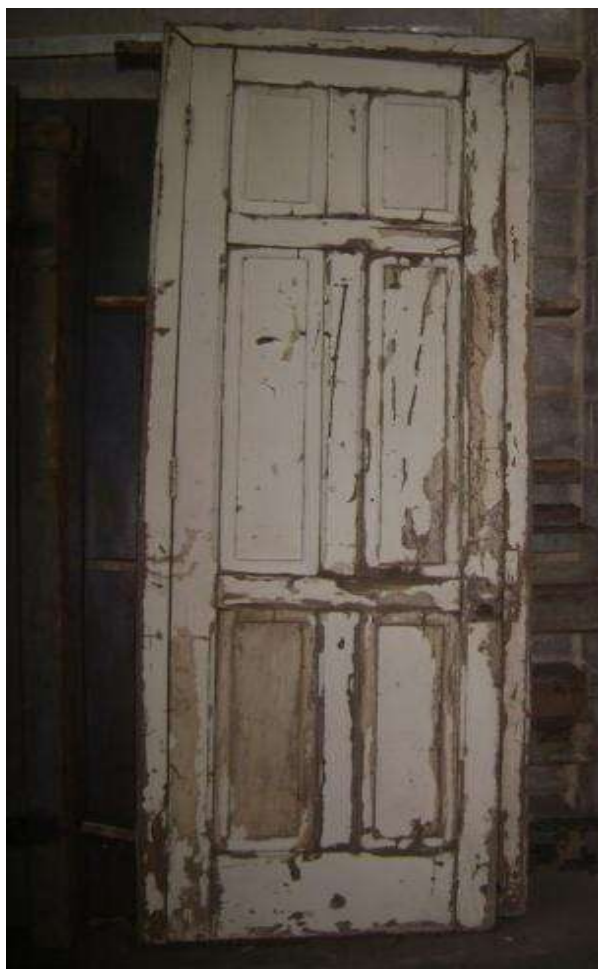
Também é importante conhecer qual o tipo de acabamento pela disponibilidade no mercado de preservadores com diferentes texturas e tons, sendo necessário também conhecer quais os tipos de ligações, porque estas podem ser metálicas ou de outros materiais. Nesses casos, a escolha do preservador deve ter em conta esse facto de forma a não provocar deterioração nos materiais de ligação.



São vários os fatores que estão diretamente relacionados com o grau de eficácia do produto preservador, entre eles, a toxicidade que, quanto mais elevada, maior é a proteção conferida face a fungos e insetos xilófagos. Outro fator passa pela capacidade de penetração, sendo que quanto mais profunda melhor é a proteção do lenho.

Não menos importante é a capacidade de permanência do preservador, devendo este apresentar fraca volatilidade e solubilidade em água, diminuindo a vulnerabilidade face às intempéries e outros agentes de deterioração.

Há ainda o fator do preservador que se relaciona com a ação do mesmo sobre a madeira, metais e outros materiais. Este deve evitar o aumento da combustibilidade, não deve provocar efeitos nefastos nos diferentes materiais que possam conduzir à sua deterioração, como sendo a corrosão dos metais, degradação dos vernizes, pinturas ou outros revestimentos (ver exemplo da Figura 30).



Por fim, o fator que reflete a ação do preservador sobre o homem e animais, pois este, após a sua aplicação, em momento algum pode colocar em risco a saúde e bem-estar dos ocupantes. Assim como a existência de cheiros e odores desagradáveis deve ser acautelada, sob pena de ser posta em causa a saúde dos ocupantes.

Tendo em conta estes últimos dois fatores, deve excetuar-se a utilização dos preservadores oleosos em materiais a aplicar em recintos fechados, pelo forte cheiro que libertam devido à presença de creosote e óleos de antraceno que figuram na sua composição. Para além dos preservadores oleosos referidos, salienta-se também os preservadores dissolvidos em água, sendo que estes são constituídos por sais metálicos, como sendo, sulfatos de cobre,

cloretos de zinco e de mercúrio, etc., que, após a sua aplicação na madeira, transmitem uma cor esverdeada.

Por fim, os preservadores contidos em solventes orgânicos, sendo estes constituídos por naftenatos metálicos, pentaclorofenato de cobre, etc., que, apesar de mais caros, são também mais eficazes pelo seu poder de penetração. Assim como a escolha do preservador, a escolha do método de preservação também depende da aplicação que se pretende dar à madeira.

E, para uma melhor proteção deste material, independentemente do método de tratamento a aplicar, é aconselhável que estes sejam aplicados enquanto o material se encontra ainda no seu perfeito estado de sanidade, assim como, entre os métodos existentes, alguns há em que a sua aplicação tem lugar antes da laboração dos elementos de construção, enquanto outros aplicam-se após os produtos acabados, já como elementos de carpintaria, sejam estes colocados em obra ou não.

Verificou-se, então, quatro métodos distintos e disponíveis no mercado. Começa por salientar-se, entre estes, a pincelagem e a pulverização.

A pincelagem, como sendo o método mais conhecido do senso comum, o mais acessível e de fácil aplicação (ver Figura 31), sendo, sem sombra de dúvidas, o mais utilizado, porém, não é possível obter-se uma proteção prolongada no tempo, visto que a penetração do preservador na madeira é muito superficial, como tal é necessário dar-se alguma atenção à sua manutenção, devendo ser privilegiados os solventes orgânicos, porque têm uma capacidade de penetração superior às soluções aquosas. Este método aplica-se em produtos na fase de acabamento, geralmente após a sua aplicação em obra.

Outro método passa pela impregnação por pressão, em que este deve ser aplicado antes da laboração dos elementos de construção. Este processo consiste na introdução dos elementos de construção em compartimentos cilíndricos fechados, onde, através de equipamentos hidráulicos, dá-se a compressão do elemento preservador, penetrando de forma significativa na madeira através de pressões que podem chegar a 1,5 MPa, garantindo, assim, maior proteção face aos agentes nocivos e, por conseguinte, o efeito da durabilidade, como é perceptível na Figura 32.





(Fonte: Tintas e Pintura)

**Figura 31 - Aplicação de verniz (pincelagem)**



Existe também **Figura 32 - Método de Impregnação por pressão (CTA)** o método de imersão rápida e imersão prolongada, dado que a penetração do produto preservador aumenta com o tempo de imersão, no entanto a profundidade atingível será sempre diminuta, tendo em conta que este processo se prolonga apenas por poucos dias, sendo que a prática habitual não ultrapassa o tempo de trinta minutos, daí a aplicação deste método dever ter lugar quando a probabilidade de atracão de fungos é insignificante.

Por fim, é de referir que o método de imersão a quente-frio, que consiste na imersão dos elementos de madeira no produto protetor durante algumas horas a uma temperatura que se eleva a 80-90°C, provocando a expansão no interior das células da madeira e expelindo parte do ar existente com o arrefecimento posterior, criando o efeito de pressão no interior das células, provocando a penetração do líquido preservador nos vazios do lenho.

Tão importante quanto a escolha do preservador e a seleção do método de tratamento para a redução ou eliminação do risco da atração de agentes nocivos para a madeira é necessário considerar a época do corte e processo de secagem.

A época do corte, que deve ser no Inverno pela existência de menor quantidade de seiva elaborada conforme já referido anteriormente, também a importância do método de secagem, sendo a secagem feita em estufa a mais vantajosa pelas altas temperaturas a que a madeira é submetida a uma celeridade no processo relativamente a uma secagem natural, ainda as condições da sanidade, de armazenamento e empilhamento, bem como as condições do ambiente da sua aplicação.

## **2.3. PROPRIEDADES FÍSICAS**

### **2.3.1. A presença de água na madeira**

A água está presente na constituição de todos os seres vivos, incluindo as plantas – de onde provém a madeira. A presença deste elemento na madeira pode acontecer de três formas:

- Água de constituição;
- Água de impregnação;
- Água livre.

A água de constituição faz parte da própria constituição da madeira, não sendo possível a existência material da mesma sem esta água.

A água de impregnação é aquela que se encontra no interior das paredes celulares e no lúmen das células. Esta água influencia sobremaneira as propriedades físico-mecânicas da madeira. Com o aumento do teor em água, verifica-se uma diminuição da resistência mecânica, além de alterar a resistência ao choque, bem como a tenacidade. É possível eliminar a água de impregnação, por secagem em estufa, a uma temperatura a rondar os 103°C.

Já a água livre é a que envolve as cavidades das células, sendo a mesma eliminada por secagem natural, através de simples exposição ao ar. A única propriedade físico-mecânica afetada pela variação de água livre é a densidade aparente (Martins, 2009).

### **2.3.2. O teor de humidade**

A madeira procede a uma constante troca de humidade com o ar, dependendo este processo da humidade relativa do ar, da temperatura do meio ambiente e do teor em água da

própria madeira (H). As trocas de humidade alteram as propriedades do material e, por consequência, o seu desempenho face a solicitações diversas.

O teor em água da madeira é definido pela percentagem de água correspondente ao peso da madeira húmida em relação ao peso da madeira seca em estufa.

Depois do abate e corte da árvore, a madeira apresenta um teor em água entre 50 a 110 %. Com secagem ao ar, diminui para valores de 16 a 18 %. Quando submersas em água, algumas espécies apresentam teores em água muito altos, na ordem dos 100 a 200 %. Nas madeiras resinosas, o teor em água do borne é geralmente superior ao do cerne. Nas folhosas, essa diferença não é tão significativa.

Há um determinado valor para o teor em água, a partir do qual, mesmo que esse valor aumente, as propriedades da madeira não são alteradas, designado de ponto de saturação das fibras (PSF). Fisicamente, consiste na situação em que as paredes celulares estão saturadas de água, sem que exista água no lúmen das células. O ponto de saturação das fibras normalmente aproxima-se de um teor de humidade a rondar 30 %. A absorção da água acontece só até um certo valor, correspondente ao teor em água máximo que o material consegue atingir, valor a partir do qual a madeira não consegue absorver mais água. Isto ocorre quando as paredes celulares e o lúmen das células se encontram saturados.



Figura 33 - Fase de saturação das fibras

Quando o teor em água se revela abaixo do ponto de saturação das fibras, as paredes celulares deixam de ter água no seu interior. Em madeira verde, as paredes celulares encontram-se saturadas de água, existindo uma quantidade de água adicional no lúmen das células.

### 2.3.3. Higroscopicidade

A higroscopicidade é uma propriedade característica dos materiais que realizam trocas de humidade com o ar envolvente, absorvendo ou libertando água para a atmosfera, até atingir um ponto de equilíbrio, consoante a temperatura e a humidade relativa do ar. A madeira é um material higroscópico, procurando, de forma constante, atingir o equilíbrio, em que a mesma nem absorve nem perde humidade, designando-se por humidade de equilíbrio.

Este parâmetro pode ser aferido através da consulta das curvas de humidade de equilíbrio da madeira (ver Figura 34), sendo as mesmas constantes para a generalidade das espécies de madeira, fazendo-se uma leitura simples sabendo a Humidade Relativa do ar (%) e a temperatura ambiente (° C). Existem produtos no mercado com o objetivo de mitigar as trocas de humidade com o ar envolvente, como é o caso de ceras, vernizes e tintas.

As madeiras devem apresentar um teor de humidade o mais próximo possível da humidade de equilíbrio para as condições higrotérmicas do local onde as mesmas serão aplicadas. É possível consultar, na seguinte tabela, os teores de humidade aconselhados para algumas utilizações (ver Tabela 1).

<b>Utilização</b>	<b>Teor de Humidade aconselhado (%)</b>
Obras Hidráulicas	30
Ambientes muito húmidos	25 – 30
Exposição à humidade (que não sejam coberturas)	18 – 25
Obras coberturas com aberturas	16-20
Obras coberturas e fechadas	13 – 17
Locais fechados e aquecidos	12 – 14
Locais com aquecimento contínuo	10 – 12

**Tabela 1 - Teor de Humidade de acordo com a utilização**

Geralmente, o material encontra-se referenciado de acordo com o teor em água que ele possui, sendo disso exemplos a madeira seca, a madeira verde, a madeira saturada, entre outros. A classificação da madeira de acordo com o seu teor em água, pode ser consultada na Tabela 2.



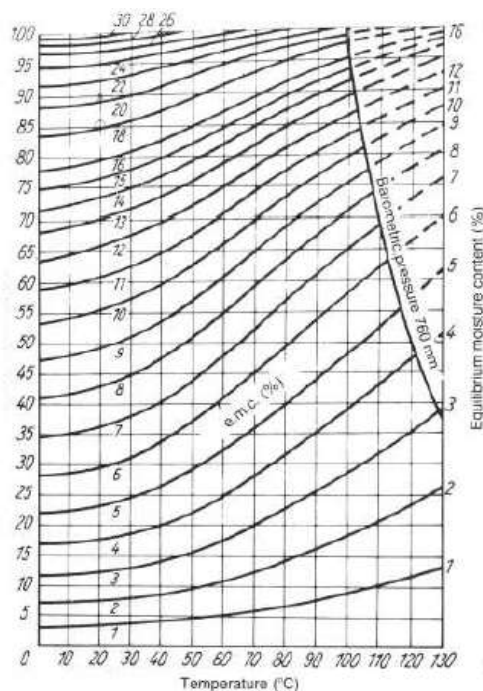


Figura 34 - Curvas de Humidade de Equilíbrio

Classe	Teor de Água (%)	Comentários	
Madeira Saturada	> 70 %	Madeira durante longo tempo imersa em água	
Madeira Verde	PSF – 70	Madeira em pé, ou de corte recente.	
Madeira Semi-Seca	23 – PSF	Madeira serrada em verde. Madeiras em ambientes muito húmidos e/ ou frequentemente expostas à chuva.	
Madeira Seca	18 – 23	Madeira Seca (fora do risco de alteração cromática).	Construções não cobertas ou cobertas mas muito expostas (hangares por exemplo)
Madeira Seca ao ar	13 – 18	Inverno: 16 – 18 Primavera / Outono: 14 – 16 Verão: 12 – 14	
Madeira Dissecada	0 – 13	Interiores. Ambientes Aquecidos	
Madeira Completamente Seca	0	Estabiliza em peso a 103 °C. Não é possível de manter em condições ambientes pois a madeira absorverá água do ar.	

Tabela 2 - Tipos de classes e teor de água das madeiras

#### 2.3.4. Retração e dilatação

É de vital importância prever o comportamento que os materiais irão apresentar durante a sua vida útil. A madeira carece de grande caracterização do meio onde irá ser aplicada, de forma a prever-se o seu comportamento em funcionamento e evitar danos.

Assim, devem compreender-se os fenómenos que a seguir se apresentam.

A madeira é dimensionalmente estável quando o teor em água é superior ao ponto de saturação das fibras (PSF). As variações dimensionais ocorrem para valores abaixo do PSF, quando a madeira perde ou absorve água. Quando a madeira liberta água, devido à secagem, as dimensões reduzem-se, diminuindo a presença de água no interior das paredes celulares, sendo este fenómeno designado por retração. Estando a madeira já seca, começa a reter humidade, voltando a dilatar proporcionalmente à humidade captada, sucedendo assim o fenómeno de dilatação. A retração provoca empenamento, fendilhação, quebra de ligações e espaços vazios – caso do soalho. Esta situação pode ocorrer apenas na superfície da madeira, em que o elemento sofre retração devido à perda de humidade, mas no interior a madeira pode encontrar-se bastante húmida. A dilatação provoca um aumento de esforços, podendo resultar em danos graves.

Sendo um material anisotrópico, a madeira apresenta retrações diferentes consoante a direção das fibras. A retração é maior no plano tangencial, enquanto no plano radial é metade do valor do plano tangencial. No plano longitudinal, a retração não é relevante, visto ser muito inferior à dos outros dois planos – sensivelmente 20 vezes. No estado verde, a retração tangencial varia de 5 a 10 % da dimensão, conforme as espécies, a retração radial de 2,5 a 5 % e, a retração longitudinal de 0,1 a 0,3 %.

Uma maior retração longitudinal também pode ocorrer em casos de madeira de reação ou madeira próxima do centro do tronco (madeira juvenil), ou da madeira de fio cruzado. Em geral, as retrações pronunciadas estão associadas a elevadas densidades. As dimensões da secção das peças de madeira também afetam a retração, bem como a duração da secagem. Estas madeiras devem ser evitadas quando a estabilidade dimensional longitudinal é importante.

Apesar de o comportamento face à humidade ser bastante imprevisível, a retração pode ser estimada, tendo em conta a espécie de madeira e o ambiente a que está exposta, fornecendo assim valores de referência. Esses valores são obtidos através da retração total que a madeira verde pode atingir até se encontrar totalmente seca. Como exemplo, a madeira de sucupira tende a apresentar uma retração tangencial de 7 %.

Para se evitar a retração e a dilatação, podem tomar-se os seguintes cuidados:

- As madeiras aplicadas devem apresentar uma reduzida retração;
- O corte das peças deve ser radial;
- As superfícies das peças devem ser impermeabilizadas com vernizes ou pinturas;

- A madeira aplicada deve apresentar um teor de humidade próximo da humidade de equilíbrio do local onde será aplicada;
- Devem ser dimensionadas juntas apropriadas aos possíveis movimentos que o material possa sofrer;
- Devem ser cumpridas normas e boas regras de construção em madeira, com especial cuidado nos pormenores construtivos.

### 2.3.5. Densidade e densidade relativa

Uma das propriedades físicas mais importantes é a densidade, influenciando sobremaneira outras propriedades, tais como a higroscopicidade, a resistência, a retração e inchamento, as propriedades acústicas, as propriedades elétricas e inclusivamente a forma de processamento industrial.

A densidade, ou massa volúmica, é a relação entre a massa e o volume do elemento, de acordo com a Equação 1.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Equação 1 - Massa Volúmica**

Onde:

$\rho$  – Densidade (kg / m<sup>3</sup>)

$m$  – Massa do elemento (kg)

$V$  – Volume do elemento (m<sup>3</sup>)

Como forma de estabelecer um critério uniforme para a comparação de densidades, convencionou-se que a densidade deve ser obtida para um teor de humidade de 12 % – teor de humidade de referência.

A densidade relativa caracteriza-se por ser uma propriedade adimensional, relacionando a densidade de um elemento com a densidade da água à temperatura de 4° C (1 g/cm<sup>3</sup>), de acordo com a Equação 2.

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{\text{água}}}$$

**Equação 2 – Densidade Relativa**

Onde:

$\rho_r$  – Densidade Relativa

$\rho$  – Densidade (kg / m<sup>3</sup>)

$\rho_{\text{água}}$  – Densidade da água a uma temperatura de 4°C em volume do elemento (kg/m<sup>3</sup>)

A densidade é um parâmetro que varia muito entre as diferentes espécies de madeira. Em indivíduos da mesma espécie, a mesma pode também variar um pouco, sobretudo quando existe madeira de reação. A densidade pode apresentar valores de 300 kg/m<sup>3</sup> (balsa) até 1300 kg/m<sup>3</sup> (*lignum vitae*).

A densidade da madeira de árvores resinosas costuma variar entre 400 a 550 kg/m<sup>3</sup>, enquanto a densidade da madeira de árvores folhosas apresenta valores ligeiramente mais elevados, entre 600 a 700 kg/m<sup>3</sup>.

Apesar das diferenças entre folhosas e resinosas, ao analisarmos apenas a estrutura celular de cada uma delas, pode constatar-se que a densidade da parede celular é igual para ambas as classes botânicas, concluindo-se que, quanto maior for o teor de humidade, maior será a densidade.

A nível químico, verifica-se que quanto maior for a concentração de substâncias extrativas, maior é a densidade. É de salientar a importância desta propriedade, uma vez que está relacionada com a trabalhabilidade da madeira, isto é, a uma maior densidade corresponde uma menor trabalhabilidade.

#### **2.3.6. Durabilidade**

A espécie de madeira deve ser adaptada à sua utilização, para que se consiga otimizar o tempo de vida do material em boas condições de funcionamento. Durabilidade é, então, a resistência que a madeira apresenta à degradação provocada por fungos e xilófagos, e de se manter em boas condições de funcionamento, quer estéticas quer estruturais, perdurando ao longo do tempo.

Mesmo as madeiras mais brandas podem exibir uma boa resistência ao apodrecimento, bastando garantir um ambiente seco. As madeiras deterioram-se mais facilmente em ambientes quentes e húmidos, do que em ambientes frios e secos. As elevadas altitudes também inibem o apodrecimento da madeira, desencorajando o desenvolvimento de fungos devido à baixa temperatura.

Apesar da degradação biológica a que a madeira está sujeita, esta também apresenta alguma resistência natural ao apodrecimento. A madeira do borne tende a uma maior degradação do que a madeira cerneira, uma vez que possui mais nutrientes e uma menor concentração de lenhina, originando uma maior vulnerabilidade aos agentes agressivos. A

madeira do cerne é mais durável, dada a presença de substâncias extrativas, tóxicas aos agentes biológicos e, também, a maior quantidade de lenhina que torna a madeira mais dura e, consequentemente, menos apetecível aos organismos biológicos.

Quando as espécies têm uma resistência aos ataques biológicos muito elevada, basta, após o abate e corte da árvore, proceder-se a imersão num produto preservativo. Já nas situações em que o risco de apodrecimento é muito elevado, é apropriado o tratamento por pressão.

### **2.3.7. Propriedades térmicas**

Atualmente, com as novas exigências regulamentares térmicas, a madeira surge como um material de construção que responde aos requisitos. É um bom isolante térmico, apresentando coeficientes de transmissão térmica inferiores a outros materiais (pedra, betão, tijolos ou vidro). Ou seja, quando utilizada em paredes, consegue-se, com uma menor espessura, obter o mesmo desempenho, ou até melhor, do que os materiais de construção convencionais. Por exemplo, o tijolo cerâmico apresenta uma condutibilidade térmica a rondar os 0,60 W/m. °C, enquanto a madeira (folhosas semi-densas) apresenta um valor de 0,18 W/m. °C. Além da sua disponibilidade, esta será uma das razões que explica a existência de tanta construção em madeira nos países do norte da Europa.

A condutibilidade térmica é afetada pela densidade, teor de humidade, conteúdos extrativos, direção do grão e irregularidades estruturais; quanto maiores forem estes parâmetros, maior é a condutibilidade térmica (Martins, 2009).

Ao compararmos a madeira com outros materiais, é facilmente possível caracterizá-la como um material que apresenta uma temperatura constante. Isto permite situações em que o ambiente interior se encontra quente e o material não aquece e vice-versa.

### **2.3.8. Propriedades acústicas**

Não é correto afirmar que a madeira é um bom isolante acústico, sendo necessário cumprirem-se dois requisitos para um determinado material possuir um bom comportamento acústico: a absorção sonora e o isolamento sonoro. A madeira cumpre só um dos requisitos, a absorção sonora, por ser constituída por uma estrutura interna de vasos ocos que amortecem as ondas sonoras, convertendo a energia sonora em energia calorífica.

Por outro lado, o facto de a madeira apresentar uma reduzida densidade, faz com que o seu desempenho em termos de isolamento acústico não seja o melhor.

### 2.3.9. Propriedades elétricas

Quando se encontra no estado anidro, a madeira possui boas características para isolante elétrico, realidade que se altera com o aumento do teor em água. Os diferentes valores de resistência elétrica consoante o teor de humidade presente na madeira são a base do funcionamento dos higrómetros.

### 2.3.10. Resistência ao fogo

Um incêndio pode ser caracterizado por duas fases distintas: desenvolvimento inicial e propagação (Alvarez, 2000). Para a primeira fase, é importante descrever a facilidade com que os materiais se inflamam, ou seja, a facilidade de ignição de um incêndio e o aumento da chama à superfície dos próprios materiais. Corresponde, assim, ao comportamento do material ao fogo.

Para a fase de continuidade, é relevante a combustibilidade dos materiais. Esta fase está associada a resistência ao fogo que os materiais oferecem, como elementos construtivos. Para se organizar a reação dos materiais ao fogo, compreendem-se cinco classes:

- M0 - Não combustível;
- M1 - Combustível mas não inflamável;
- M2 - Combustível e dificilmente inflamável;
- M3 - Combustível e medianamente inflamável;
- M4 - Combustível e facilmente inflamável.

A madeira é classificada em M3, mas, caso se encontre impregnada com produtos anti-fogo, pode obter a classe M2 ou M1. A reação ao fogo é dependente da espécie de madeira, ou seja, da densidade e da espessura. Para a madeira apresentar uma boa resistência ao fogo, deve possuir uma densidade elevada e uma espessura significativa. Na seguinte tabela, explanam-se as diferentes classes de acordo com a espessura e classe botânica da madeira.

Designação da Madeira	Espessura (mm)	Classe
Madeira maciça de resinosas	$\leq 18$	M4
	$> 18$	M3
Madeira maciça de folhosas	$\leq 14$	M4
	$> 14$	M3

Tabela 3 - Classes de Reação da Madeira ao Fogo

Apesar de a madeira ser combustível, esta não arde rapidamente. O que faz deste material ser combustível é a sua composição química baseada em carbono, oxigénio e hidrogénio (celulose, hemicelulose e lenhina). A madeira necessita de estar exposta a uma temperatura superior a 400 °C para começar a arder. Quando na presença de chama, para começar a arder necessita de uma temperatura à superfície de aproximadamente 300 °C, antes de se iniciar a ignição.

A combustão da madeira é peculiar. Numa primeira fase, sucede a combustão da superfície da madeira, originando uma capa carbonizada. Por baixo desta, encontra-se uma outra camada, a zona de pirólise, onde decorre o processo de decomposição dos constituintes químicos da madeira (celulose, hemicelulose e lenhina). Sob a zona de pirólise, encontra-se madeira sã, sem qualquer sinal de degradação. A camada carbonizada confere à madeira uma proteção ao seu interior. A degradação por combustão dos elementos de madeira deve-se à perda de secção e não por perda de resistência do material.

Existe uma relação linear entre a profundidade de carbonização e o tempo de exposição, sendo possível considerar uma velocidade de carbonização constante. A madeira de árvores resinosas apresenta uma velocidade de carbonização de 0,67 mm/min (densidade superior a 290 kg/m<sup>3</sup>), e a madeira de árvores folhosas apresenta uma velocidade de carbonização de 0,54 mm/min (densidade superior a 350 kg/m<sup>3</sup>).

## **2.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS**

Do ponto de vista da estabilidade estrutural e durabilidade da madeira, as propriedades mecânicas são deveras importantes para a caracterização e classificação do material, permitindo escolher a espécie de madeira mais apropriada.

As propriedades mecânicas da madeira apresentam uma grande variabilidade, quer devido à sua estrutura anisotrópica, quer devido à presença de defeitos, densidade, temperatura, duração da carga e ao teor de humidade. Não só existem diferenças entre espécies, como também em indivíduos da mesma espécie. Tal é explicado pelas condições climáticas que podem ser muito diferentes, como o vento, a chuva, a exposição solar, entre outros.

Além dos fatores extrínsecos, os fatores internos interferem nas propriedades da madeira, levando a diferentes comportamentos conforme as solicitações em causa. Tendo em conta a ortotropia da madeira, esta apresenta propriedades mecânicas distintas conforme a direção em estudo, três planos distintos que a caracterizam, plano longitudinal, plano radial e plano tangencial. Apesar da diferença de propriedades entre os planos radial e tangencial, estas

não são significativas quando comparadas com as do plano longitudinal, sendo essa a razão pela qual apenas se define o comportamento da madeira na direção paralela às fibras (plano longitudinal) e na direção perpendicular às fibras (planos radial e tangencial).

Existem dois grandes processos para se avaliar a resistência mecânica da madeira. O mais antigo consiste na obtenção de provetes pequenos (20x20 mm de secção transversal), sem defeitos (fio direito) sem nós e sem fendas. A inexistência de defeitos nos provetes elimina a necessidade de utilização de fatores de correção (Coutinho, 1999). Quando comparamos estes provetes com os elementos reais, conclui-se que estes possuem dimensões muito reduzidas, não representando a realidade das situações correntes de peças estruturais.

O outro processo, mais recente, para avaliação da resistência mecânica consiste na classificação prévia da madeira, medindo a resistência em peças de dimensão real (possuindo defeitos).

De seguida, procede-se a uma listagem das diversas propriedades mecânicas da madeira, que consistem na reação do material às variadas solicitações.

#### **2.4.1. Compressão paralela às fibras**

Consiste na resistência à carga aplicada na direção paralela as fibras (ver Figura 35), medida pela tensão de rotura à compressão nesta direção. A madeira atinge valores elevados de resistência à compressão no sentido das fibras, sendo uma propriedade extremamente importante em colunas. Devido ao fenómeno de encurvadura, na realidade, a madeira acaba por revelar uma redução da resistência à compressão (CORMA - Corporacion Chilena de la Madera).



**Figura 35 - Compressão paralelas às fibras**

#### **2.4.2. Compressão perpendicular às fibras**



Consiste na resistência da madeira à carga aplicada na direção perpendicular às fibras (ver Figura 36), medida pela compressão de rotura nesta mesma direção. A baixa quantidade de fibras nesta direção, a que acresce a praticamente inexistência de travamento entre as fibras (dado as árvores não estarem naturalmente submetidas a esforços nesta direção), explicam a fraca resistência (Martins, 2009).

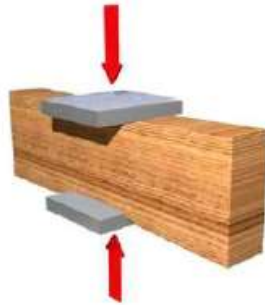


Figura 36 - Compressão perpendicular às fibras

#### 2.4.3. Flexão estática

Consiste na resistência da madeira face a uma carga pontual, sendo esta aplicada a meio vão (ver Figura 37) e medida pela flexão de rotura. A madeira apresenta valores elevados de resistência à flexão estática, sobretudo quando relacionados com a densidade. A resistência à flexão resulta na existência de fibras superiores sujeitas à tração e fibras inferiores sujeitas à compressão. Esta propriedade mecânica reveste-se de importância no caso das vigas.



Figura 37 - Flexão Estática

#### 2.4.4. Tração paralela às fibras

Consiste na resistência da madeira a uma força de tração na direção paralela às fibras (ver Figura 38) e mede-se pela tensão de rotura axial. A madeira possui altos valores de resistência à tração paralela às fibras, sendo esta propriedade vital nos tirantes e pendurais das asnas (Alvarez, 2000).



Figura 38 - Tração paralela às fibras

#### 2.4.5. Tração perpendicular às fibras

Constitui a resistência da madeira a uma força de tração perpendicular às fibras (ver Figura 39) e é medida pela tensão de rotura transversal. A madeira apresenta valores muito baixos para a resistência à tração perpendicular às fibras, à semelhança de outras propriedades transversais. Esta é uma propriedade a ter em consideração em vigas com cargas suspensas, vigas curvas e arcos.



Figura 39 - Tração perpendicular às fibras

#### 2.4.6. Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade consiste na capacidade de uma peça recuperar o seu estado inicial após deixar de estar solicitada a uma carga.

Quanto maior for o módulo de elasticidade, maior é a resistência à deformação (Graça).

Quando comparada com materiais de construção convencionais, tais como betão e aço, a madeira apresenta um módulo de elasticidade baixo. Contudo, se se atender à relação entre o módulo de elasticidade e a densidade do material, a madeira possui um valor próximo do aço.

Se é verdade que a madeira apresenta valores distintos para o módulo de elasticidade, consoante a direção em análise, em termos práticos apenas é utilizado um valor do módulo de elasticidade para a direção paralela às fibras e direção perpendicular às fibras, assumindo-se um valor médio entre os módulos de elasticidade à compressão e tração. Na direção perpendicular às fibras, o módulo de elasticidade é cerca de 30 vezes inferior ao paralelo às fibras. Nas madeiras resinosas, o módulo de elasticidade paralelamente às fibras varia entre 7 a 16 GPa, enquanto perpendicularmente às fibras varia entre 0,23 a 0,53 GPa. Já nas madeiras folhosas, o

módulo de elasticidade na direção paralela às fibras ronda 10 a 20 GPa e na direção perpendicular às fibras entre 0,64 e 1,33 GPa (Cachim, 2007).

#### **2.4.7. Corte**

O esforço por corte origina tensões tangenciais sobre as fibras da madeira, atuando quer no plano paralelo às fibras quer no plano perpendicular às fibras. Assim, a rotura pode ocorrer por deslizamento das fibras umas em relação às outras ou corte tangencial.

As tensões por deslizamento são muito mais gravosas, produzindo-se a rotura mais facilmente nestes planos.

A resistência ao corte em madeiras resinosas varia entre 1,7 e 3,8 MPa, já nas folhosas este parâmetro ronda 3 a 6 MPa. A resistência ao corte assume relevância em vigas e vigas curtas.

#### **2.4.8. Dureza**

A dureza é a propriedade que representa a resistência da madeira à penetração de corpos estranhos (ver Figura 40), sendo muito importante para a avaliação do material do desgaste à abrasão, sendo uma referência na seleção de espécies de madeira adequadas para pavimentos. A resistência à abrasão é mais elevada na direção paralela as fibras (Graça).



**Figura 40 - Dureza na direção paralela às fibras**

#### **2.4.9. Fatores que influenciam as propriedades mecânicas**

À semelhança do que acontece em qualquer material, existem fatores que influenciam o comportamento mecânico da madeira, resultando em variações das suas propriedades mecânicas, designadamente o teor em água, a duração de aplicação da carga, os defeitos da madeira, a temperatura e o efeito de escala.

Quando o teor em água aumenta, a resistência e o módulo de elasticidade diminuem. A variação ocorre somente para teores em água abaixo do ponto de saturação das fibras. Perante

o aumento do teor em água, sucede a expansão das paredes celulares e, com água nas cavidades entre células, passa a existir uma maior distância entre as microfibrilas, induzindo a uma diminuição da resistência mecânica (Martins, 2009).

Diversas investigações têm constatado, através de ensaios laboratoriais, que a resistência da madeira depende muito do período de atuação da carga. Para cargas de duração permanente, atingem-se valores de resistência de aproximadamente 60 % da resistência para cargas de curta duração.

Ainda relacionado com a duração da carga, a madeira pode apresentar dois fenômenos diferentes: fadiga e fluência. A fadiga corresponde ao fenômeno do aumento da deformação com o tempo, mediante aplicação de uma carga periódica. A fluência corresponde ao fenômeno do aumento da deformação ao longo do tempo, perante carga permanente.

A qualidade da madeira é um dos fatores de maior importância, sendo que os defeitos que a madeira possa apresentar levam a uma diminuição das suas propriedades mecânicas, sendo eles:

- Nós - pontos onde existiam ramos no tronco, existindo um desvio de direção das fibras longitudinais;
- Fendas - zonas de descontinuidade (aberturas) provocadas por secagem excessivamente rápida ou por tensões de crescimento;
- Gretas - separação dos anéis anuais, provocada por ações externas ou por tensões internas;
- Abaulamento - aumento de curvatura na direção da largura da peça;
- Arqueamento - aumento de curvatura longitudinalmente;
- Desvios da fibra (inclinação do fio) - variação da direção das fibras em relação ao eixo longitudinal;
- Lenho de reação - zonas do tronco da árvore sujeitas a ações externas, resultando em propriedades anormais, maior espessura de anéis, maior retração e dilatação com a secagem;
- Bolsas de resina - cavidades existentes na madeira que contêm gomas ou resinas;
- Descaio - falha de madeira nas arestas da peça.

O efeito da temperatura na resistência mecânica da madeira é diminuto. Abaixo dos 0 °C, a resistência à flexão e à compressão aumenta dado o congelamento da água nas paredes

celulares (Martins, 2009). Para temperaturas elevadas, e de uma forma constante, a madeira pode sofrer uma diminuição das suas propriedades mecânicas, sendo mais expressiva em temperaturas superiores a 50 °C.

O tamanho dos elementos de madeira é também relevante para a sua resistência mecânica, ou seja, quanto maior for a peça, menor é a tensão de rotura. Então, o efeito de escala representa as variações da resistência de acordo com as dimensões das peças (United States Department of Agriculture (USDA), 1999).

## **2.5. PRODUÇÃO MUNDIAL DE MADEIRA**

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a produção de madeira cresce pelo quarto ano consecutivo, depois da crise económica mundial de 2008/09.

A produção em 2013 superou o nível anterior à recessão de 2007 para todos os grupos de produtos de madeira, com especial exceção para a madeira serrada. A adoção de políticas e consumos bioenergéticos na Europa vão contribuir para um crescimento relevante em 2013 no que se refere aos derivados de madeira. A produção mundial de derivados de madeira atingiu um máximo histórico, o expressivo número de 358 milhões de metros cúbicos, sendo 7,8% superior a 2012 e 30% superior a 2009.

Sendo que esta categoria de produtos tem vindo a crescer constantemente, com particular relevância nas regiões da Ásia e Pacífico, América latina e no Caribe, onde a produção aumenta 59% e 23%, respetivamente, durante o período 2009-2013.

A China é já responsável por metade da produção mundial quanto à madeira serrada e ganha cada vez mais relevância na área dos produtos florestais, e aumenta significativamente a exportação de madeira serrada em toro, atingindo níveis recorde em 2013, superando países importantes como o Canadá, quanto à produção de madeira serrada, e supera também os EUA quanto ao consumo desta.

Saliente-se que em 2013 a produção mundial de madeira serrada ultrapassa os 412 milhões de metros cúbicos, representando um acréscimo de 4,6% face a 2012 e de 22% face a 2009. Segundo Thais Linhares Juvenal (especialista da FAO), destaca que devido à recente crise mundial, a indústria de madeira esteve entre os mais afetados pela importância existente nas economias nacionais, considerada uma importante fatia da população encontra, direta ou indiretamente, o seu sustento económico, com base nos recursos florestais.

Em comunicado, a FAO refere que a produção de pallets para combustível verifica um crescimento de 16% ao ano, atingindo um valor de 26 milhões de toneladas, não só pelo seu crescente consumo na Europa, mas também na Coreia do Sul e Japão. Saliente-se que os números tendem a crescer à medida que outros países se comprometem com as decisões internacionais relativas aos efeitos climáticos.

Segundo a presidente da Indústria Brasileira de Árvores (IBA), “as florestas plantadas representam um grande incentivo à economia de baixo carbono e têm grande potencial de gerar diversos produtos sustentáveis, desde o papel e madeira, até aos combustíveis mais limpos, como a biomassa e o etanol celulósico, e produtos farmacêuticos retirados das árvores”.

O Brasil é claramente um país com expressão ao nível das madeiras, e que acompanha a evolução do crescimento na área da produção, do consumo, como também na produtividade da madeira no país, segundo Carvalhães, “Com os maiores e melhores clones do mundo e a melhor engenharia genética”. O ano 2015 fica marcado pelo aumento das exportações, considerando um volume superior a 564 mil metros cúbicos de painéis de derivados de madeira, tendo como principais destinos os mercados da América Latina e do Norte.

## **2.6. COMPARAÇÃO ENTRE CONSTRUÇÃO EM MADEIRA E OUTROS MATERIAIS**

### **2.5.1. Vantagens da madeira como material de construção**

Pelas suas características, o material madeira, desde os tempos mais longínquos continua a marcar presença relevante em quase todas as obras de construção, tanto ao nível estrutural, como de revestimento e ao nível de cofragem (ver exemplo da Figura 41).



**Figura 41 - Exemplo de aplicação de madeira – revestimento e teto**

Está-se assim, perante um material de elevada resistência mecânica, reduzida massa volúmica e com boas características de elasticidade.

A madeira apresenta uma maior resistência quando a força atuante é perpendicular à disposição das fibras, quando a força tem a mesma direção que as fibras (paralelo) então será o caso mais desfavorável a nível de resistência. Esse acontecimento é perceptível na figura 42.

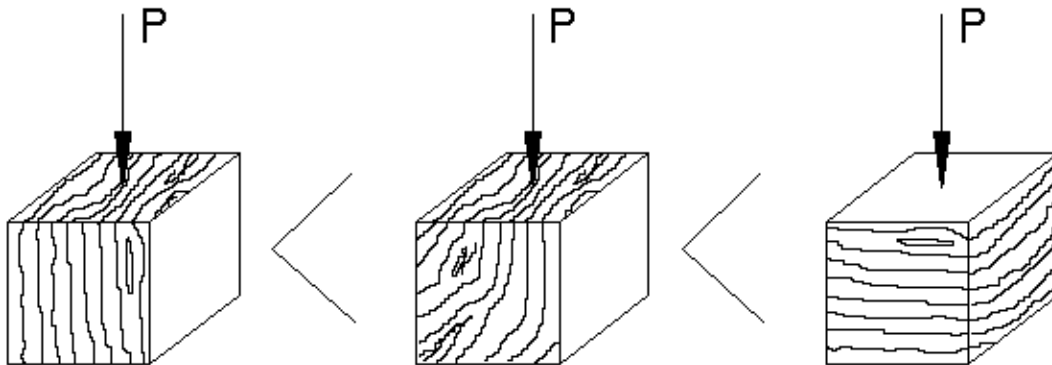
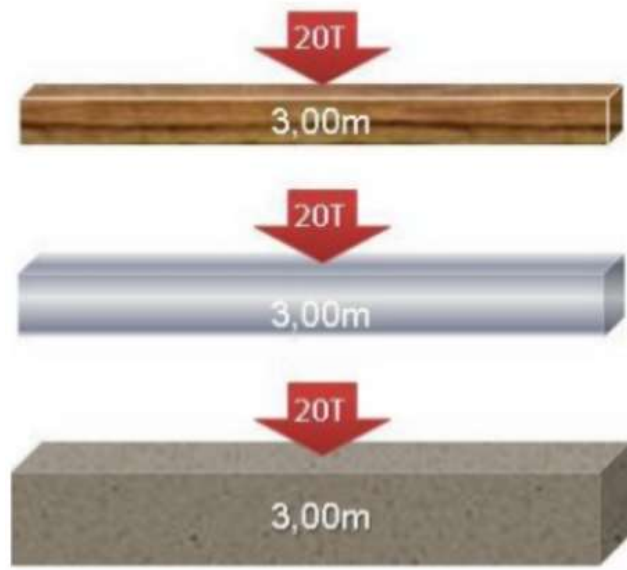


Figura 42 - Variação de resistência e disposição das fibras (Orange)

Comparativamente ao betão e quanto à resistência à compressão, podemos afirmar que existe alguma paridade. No que concerne à resistência à flexão e ao corte, a madeira é aproximadamente dez vezes superior. Embora parecendo que o material madeira perde relativamente ao aço, na verdade ganha quanto à massa volúmica pois esta é inferior à do aço, assim como na resistência química (na oxidação), ácidos, água do mar e preço. Para o exemplo de uma viga com vão de 3 metros e com aplicação de uma carga de 20 toneladas. Variando o tipo de solução (material utilizado), teria as seguintes massas (perceptível pela Figura 43):

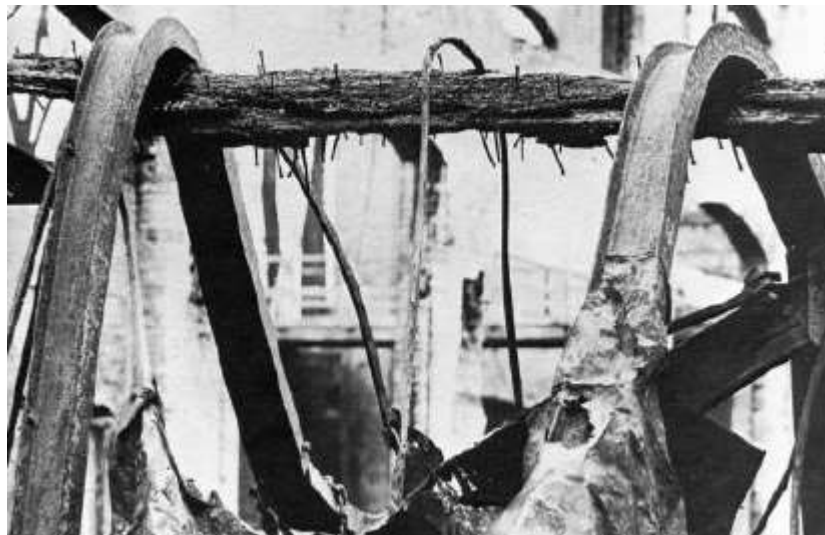
- Madeira: 60 kg;
- Aço: 80 kg;
- Betão Armado: 300 kg.



**Figura 43 - Relação entre utilização dos diversos materiais estruturais (UNIPACS)**

A madeira é um material que quando submetido a choques não estilhaça e tem a particularidade de ser reutilizável, fator muito importante na atualidade pois a construção sustentável torna-se uma questão imperativa (Maia, 2013).

Ainda comparando o material madeira com o aço, e perante a ação do fogo, observa-se que as madeiras, quando devidamente protegidas, apresentam deformações inferiores (ver Figura 44).



**Figura 44 - Deformabilidade de elementos de madeira e aço sob a ação do fogo**  
(Fonte - Apontamentos de Materiais de Construção)



De salientar a facilidade de aquisição deste recurso, tanto na quantidade como na diversidade de espécies e dimensões relativamente a secções transversais e longitudinais. Salvo algumas exceções, para formas alongadas e secções transversais elevadas.

Perante uma gestão sustentável do recurso madeira, através da renovação das espécies, consciencialização que ganha cada vez mais evidencia no seio das grandes empresas exploradoras deste recurso, faz deste um material permanentemente disponível (processo perceptível na Figura 45).

Trata-se de um material de fácil laboração e reparação de elementos deteriorados, pois permite a substituição parcial da peça, pois possibilita uma grande facilidade de execução de ligações e emendas, através de encaixes, pregos, parafusos, colas, etc. Garantindo flexibilidade das estruturas face a alterações ou remodelações.

Tem boas propriedades de absorção acústica, isolamento térmico e baixa condutibilidade elétrica, fator muito importante no que diz respeito à escolha de construções em madeira.



**Figura 45 - Ciclo de vida da madeira (Acréscimo)**

Pela vasta variedade de espécies existentes é possível encontrar neste material uma considerável diversidade de texturas e tons, podendo ainda ser mais relevante com a aplicação de velaturas, tintas e vernizes, combinando assim, com os mais diversos produtos, tanto na ótica da funcionalidade, como na estética (ver exemplo da Figura 46). Sendo ainda capaz de vencer grandes vãos através dos lamelados colados, devido ao seu baixo peso próprio.



**Figura 46 - Maior construção em madeira do mundo**  
(Fonte: A Partir de Portugal)

Considere-se que uma maior densidade significa que o material tem uma dureza maior (mais rija) geralmente origina um maior esforço na sua laboração, maior dificuldade na secagem, maior retração, porém tem características substancialmente favoráveis como sendo maior resistência mecânica, menor permeabilidade e, sobretudo, uma maior durabilidade natural.

#### **2.5.2. Desvantagens da madeira como material de construção**

Perante uma grande diversidade de espécies, pode apresentar uma significativa variabilidade de propriedades, entre elas pode ocorrer por vezes, dentro da mesma espécie. Pode ainda apresentar quatro categorias de defeitos diversos, resultantes de inúmeros fatores intrínsecos e extrínsecos, sendo as seguintes categorias:

- **Defeitos anatómicos ou morfológicos** que se relacionam com as características do fuste, como, por exemplo, se é achatado, torto, escasso, fuste com medula excêntrica, tipo de nós, forquilha, se o fio é torcido ou reverso ou irregular, se o anel é ondulado, descontínuo, irregular, estreito ou largo, com o lenho de compressão ou tração (ver Figura 47).



Figura 47 - Defeitos anatômicos / morfológicos da madeira (Velka)

- **Defeitos devido a influências externas** em que estas evidenciam cicatrizes, inclusão de corpos estranhos ou casca ou resina, pode também evidenciar madeira da árvore morta ou estrangulamento (ver figura 48).



Figura 48 - Defeitos devido a influências externas (Thinkstock)

- **Defeitos relacionados com ataque por degradação biológica**, onde se incluem as manchas, podridão e insetos (observar Figura 49).



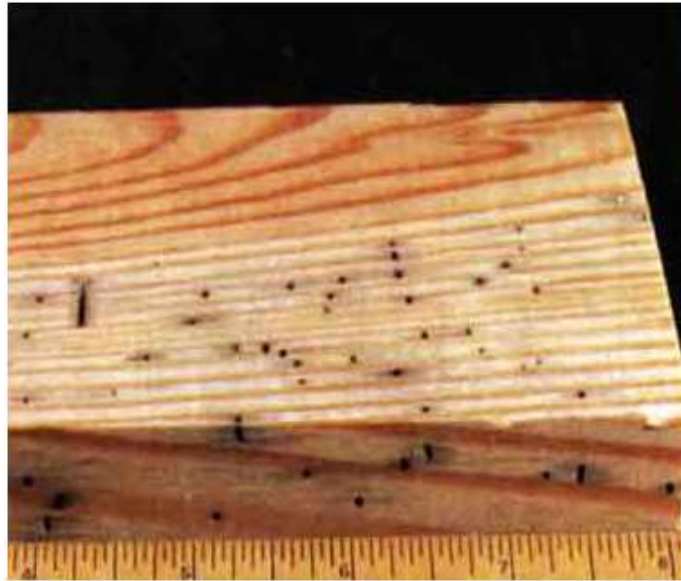


Figura 49 - Defeitos relacionados com ataque por degradação biológica (Londriseto)

- **Defeitos tecnológicos** como sendo os empenos, entre estes figuram o empeno de arco de face, o empeno em hélice, o empeno em arco de canto e o empeno em meia cana (ver Figura 50). Ainda desta última categoria, figuram as fendas de secagem, madeira verde, queimado da estufa, fio diagonal, desvio de dimensões e descaio.



Figura 50 - Defeitos tecnológicos (Deman)

A madeira é também um material substancialmente vulnerável face a alguns agentes externos, em que, caso não sejam tomadas determinadas precauções, pode pôr em causa a sua

durabilidade. É desaconselhável ainda em locais onde predomina o risco de incêndio, visto que a madeira é combustível.

É um material heterogêneo e anisotrópico, ou seja, o estudo da anisotropia da madeira tem na sua base os anéis de crescimento que registam a idade da árvore, sendo necessário considerar nas três direções ou eixos principais a avaliação do desempenho físico e mecânico, pois estes tomam valores distintos ao longo dos mesmos, como é visível na Figura 51. Isto significa que a madeira terá de ser avaliada nas direções longitudinal, radial e tangencial.

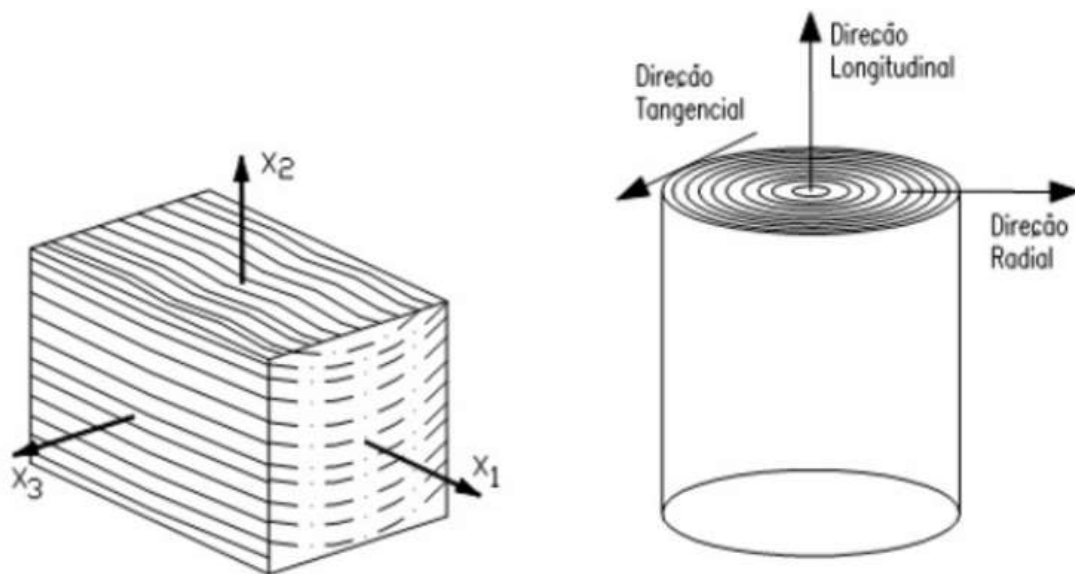


Figura 51 - Anisotropia da madeira (UNIPACS)

Salienta-se ainda que os elementos de carpintaria (produto final e empregue em obra) também sofrem variações dimensionais em função da humidade do ambiente, porém estas variações podem ser limitadas adotando formas alongadas e secções reduzidas nos diversos componentes do elemento.

## 2.7. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONTROLO DE EXECUÇÃO

As estruturas de madeira devem ser concebidas de forma a respeitar os princípios definidos em projeto. Quer os materiais quer a mão-de-obra, nas fases de fabricação, preparação e colocação em obra, devem ser rigorosos.

Relativamente a montantes e vigas suscetíveis de encurvadura, a deformação a meio vão deve ser limitada a  $L/300$  para elementos de madeira maciça e  $L/500$  quando de madeira lamelada-colada.

Antes da sua aplicação, a madeira deverá ser seca até um teor de água o mais próximo possível do correspondente ao equilíbrio nas condições ambientais a que a estrutura estará sujeita.

Aquando da utilização de ligações coladas, a resistência das mesmas deve ser confirmada na verificação da segurança aos estados limites últimos e submetidas a um controlo de qualidade com vista a garantir que são respeitadas as especificações técnicas aplicáveis; seguindo-se as recomendações do fabricante da cola no que diz respeito à sua preparação, condições ambientais de aplicação e cura, teor de água da madeira, entre outras. Merece chamar a atenção para as colas que carecem de algum tempo após a sua aplicação para alcançar a plena resistência, que implicam a inexistência de esforços sobre as ligações durante esse tempo (IPQ, 1998).

Já no que diz respeito às ligações com ligadores, o descaio, fendas, nós e outros defeitos devem ser evitados de forma a não colocar em causa a capacidade resistente das ligações.

Os pregos deverão ser cravados perpendicularmente ao fio da madeira e fazendo com que a superfície das suas cabeças fique nivelada com a da madeira.

O diâmetro dos furos para inserir parafusos de porca não deverá ultrapassar 1 mm ao do parafuso. As anilhas devem apresentar diâmetro e espessura igual ou superior a  $3d$  e  $0,3d$  ( $d$  é o diâmetro do parafuso de porca), respetivamente. Estas devem ser aplicadas sob todas as porcas dos parafusos e toda a sua superfície deve estar em contacto com a madeira.

Em situação de transporte e colocação em obra, especialmente de estruturas em arco ou de pórticos, deve ser tomado cuidado especial de forma a evitar deformações aquando das manobras de elevação.

Deve existir um plano de controlo de fabrico e colocação em obra, bem como da estrutura já concluída, integrando:

- Ensaios preliminares;
- Verificação dos materiais e respetiva identificação:
  - Espécie, classe de qualidade, marcação, tratamento aplicado e teor de água - para madeiras e derivados;
  - Tipo de cola, processo de fabrico e qualidade da colagem - para estruturas coladas;
  - Tipo e proteção recomendada contra a corrosão – para ligadores;
- Transporte desde a fábrica, armazenamento e movimentação em estaleiro;

- Verificação do rigor das dimensões;
- Verificação da montagem e colocação em obra;
- Verificação de pormenores construtivos:
  - Número de pregos, parafusos de porca e outros acessórios;
  - Dimensão dos furos e precisão da perfuração;
  - Espaçamento e distância dos ligadores aos topos e aos lados;
  - Fendas na madeira;
- Verificação final por meio de inspeção visual ou ensaios de carga

# Capítulo 3

## Derivados de Madeira

### 3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A procura incessante pela ciência na descoberta por mais e melhores materiais, nas mais diversas áreas de atividade, a par do desenvolvimento tecnológico, é uma evidência. No que diz respeito aos materiais inerentes à construção civil, mais concretamente os que estão ligados à madeira ou os que dela dependem, saliente-se que também aqui se têm verificado grandes avanços no que se refere às suas propriedades físicas e mecânicas, como do ponto de vista estético e de durabilidade. Na figura seguinte pode visualizar a maior construção em madeira, a Metropol Parasol em Sevilha. Conhecida popularmente como cogumelos gigante.

O material utilizado foi um derivado da madeira, denominado LVL – folhado laminado de madeira, tem como objetivo estrutural devido à sua alta resistência (ver Figura 52).



Figura 52 - Estrutura de madeira do Complexo da Penteada (Madeira Island Masters)



Este processo consiste na colagem de folhas de madeira (paralelas), possuindo uma excelente relação massa específica e resistência.

Com presença constante desde os tempos mais longínquos, como da continuidade do uso da madeira natural, também popularmente conhecida como madeira maciça, nas mais diversas aplicações em obra, eis que com o aparecimento dos derivados de madeira, acontecimento que se verificou nas últimas décadas e, mais recentemente, o surgimento dos tão aclamados OSB (conforme Figura 53).



**Figura 53 - Placas OSB (Sach)**

Esta diversidade de derivados vem, assim, reforçar a posição do material madeira, face aos demais materiais de construção. São inúmeras as vantagens dos derivados relativamente à madeira natural, como sendo a possibilidade de homogeneização na sua composição, um bom comportamento físico em termos de isotropia, bom comportamento mecânico, também maior facilidade de secagem, tratamento de preservação e ignifugação, por se considerar tratar-se de um material reduzido a pequenos fragmentos ou lâminas, sendo possível, desta forma, o aproveitamento integral de todo o material lenhoso disponível nas árvores, bem como a possibilidade de aproveitamento dos resíduos provenientes da indústria das madeiras, tendo como exemplo as aparas, serradura, etc.

Há ainda a capacidade de obtenção de materiais com dimensões variáveis, que vão muito além das limitações impostas pela madeira natural, pois, aliada às significativas melhorias no domínio das suas propriedades, está a capacidade de redução ou anulação dos mais diversos defeitos existentes na madeira natural, nomeadamente a heterogeneidade, anisotropia, etc.

Atualmente, permite uma vasta variedade de derivados de madeira com aplicação relevante no domínio dos materiais de construção, importa salientar os mais expressivos, como sendo:

- **Aglomerados de partículas de madeira;**
- **Aglomerados de partículas extrudidas de madeira;**
- **Contraplacados de madeira;**
- **Placas lameladas de madeira;**
- **Lamelados colados de madeira;**
- **Aglomerados de aparas de madeira e cimento;**
- **Aglomerados de fibras de madeira de fibras de madeira com casca;**
- **Aglomerados de fibras de madeira;**
- **Aglomerados de partículas de madeira e cimento;**
- **Termolaminados;**
- **MDF;**
- **OSB;**
- **Etc.**

Para uma melhor perceção das capacidades inerentes a cada um dos diferentes derivados, tendo em conta as suas exigências funcionais, é necessário munir-se de toda informação sobre as diferentes matérias-primas que fazem parte da sua constituição, assim como, qual o processo de fabricação, e quais as suas propriedades físicas e mecânicas como produto final.

Entre os derivados referidos, comece por considerar-se o **aglomerado de partículas de madeira**, sendo que a matéria-prima que figura neste material é constituída por cola, aditivos químicos, madeira sob a forma de resíduos, como sendo estilha, falheiros e serrim e resinas sintéticas.

O seu fabrico passa pela produção de partículas nas dimensões pretendidas, secagem e separação das partículas por granulometria. De seguida, dá-se a mistura e pulverização das partículas com cola e aditivos, que posteriormente dá lugar à sua deposição em molde, a fim de submeter-se a uma pré-prensagem a frio, seguida de outra prensagem a quente (entre 80 a 90°C) e, por fim, corte e acabamento, como é visível na Figura 54.

Este material pode conter uma ou três camadas, sendo que o de uma camada é constituído apenas por partículas de pequenas dimensões, absorvendo, assim, maior quantidade

de cola pouco absorvente e homogêneo em altura, dando origem a um produto final com boas condições para a colagem. Por conseguinte, os aglomerados de três camadas são constituídos por partículas finas junto das faces exteriores e no interior figura uma camada com partículas mais grosseiras, logo estas placas são heterogêneas em espessura, originando também num menor consumo de cola, devido à menor superfície específica das partículas mais grosseiras.



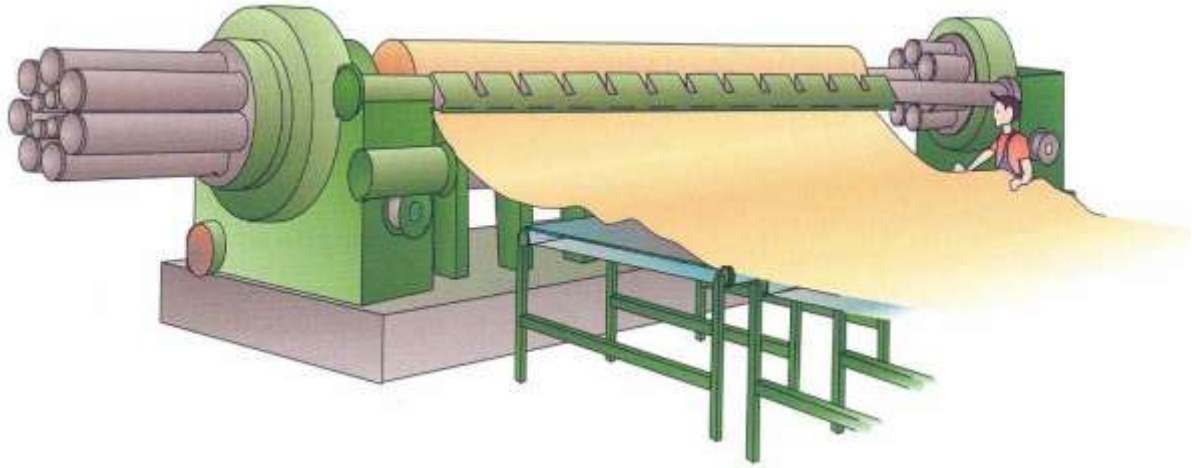
Figura 54 - Aglomerado de partículas de madeira com acabamento (Luminard)

Sendo que o material de uma ou três camadas pode receber diversos acabamentos, como, por exemplo, a folha de madeira, película em PVC, papel de parede, etc. Este aglomerado tem grande expressividade na indústria de mobiliário, mas também com grande relevância na indústria da construção, nas carpintarias, mais concretamente nos caixilhos, guarnições, roupeiros, etc.

Salientando também um outro derivado; **aglomerado de partículas estruturadas de madeira**, sendo que este é produzido da mesma forma que o anterior, mas difere quanto ao revestimento das faces, podendo este ser feito em contraplacados ou madeira maciça, disposto perpendicularmente em relação às partículas. A espessura deste material varia entre 35 e 120 mm, tendo como principal utilização a compartimentação.

Outro derivado com alguma expressividade nos mais diversos trabalhos de carpintaria e mobiliário, e que conta já com algumas dezenas de anos, são os designados **contraplacados de madeira**. Estes têm na sua constituição como matéria-prima: água, cola e madeira, sob a forma de folhas muito finas, e que variam em espessura entre 0,4 a 3 mm, extraídos a partir de toros de médio ou grande porte, sendo a sua fabricação feita a partir de um número ímpar de

folhas, submetidas à pulverização de cola, posteriormente dispostas umas sobre as outras em sentidos contrários, tendo em conta uma boa resistência mecânica que se verifica no sentido axial das mesmas, e, por fim, submetidas a uma prensagem de pratos quentes, e por fim corte e acabamento (ver Figura 55).



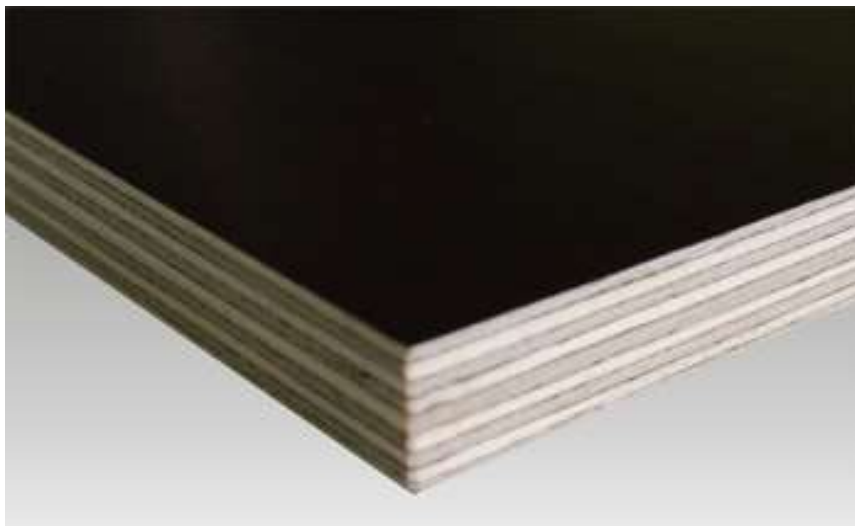
**Figura 55 - Processo de corte (Portal da Madeira)**

Estas folhas podem ser extraídas com recurso a máquinas industriais, a partir da rotação dos toros, através de lâminas mecânicas com comprimento igual ao do toro, ou também ser feita a sua obtenção a partir do toro já em forma paralelepípedica, possibilitando o corte de forma a definir o desenho dos anéis, geralmente direcionados para fins estéticos.

Tendo em conta as diversas aplicações possíveis, e consoante as suas espessuras, que podem variar aproximadamente entre 3 a 21 mm, estes derivados podem ser perfurados (fins acústicos), marítimos (resistente à água e humidade), ignífugos (resistente ao fogo) e cofragens. A sua aplicação tem lugar desde o forro de paredes, roupeiros, etc.

Passando pela constituição de outros derivados, também no revestimento de salas de espetáculos, anfiteatros, onde se verifica a presença do contraplacado perfurado, pelas excelentes características em termos de absorção acústica e ainda com grande evidência nas carpintarias de cofragem.

Um contraplacado de cofragem, para que possa suportar as temperaturas transmitidas pelo betão em fase de presa, deve ser submetido a um tratamento WBP (water boiled proof), como é perceptível na Figura 56. Já o contraplacado marítimo, para que possa resistir à água, a sua fabricação deve ser feita com recurso a colas epóxicas.



**Figura 56 - Pormenor de um contraplacado de cofragem (Água de Placa)**

Entre os demais, figuram também as **placas lameladas de madeira**, sendo estas compostas por três camadas que têm como matéria-prima na sua constituição: a cola e a madeira sob a forma de folhas ou contraplacados e que darão lugar às faces das referidas placas, e, para a camada inferior, temos ainda como matéria-prima a madeira, com origem nos restos dos toros de outros aproveitantes com defeitos, sob a forma de lamelas paralelepípedicas, podendo ter dimensões variadas, estas podem ser somente coladas às faces (conforme Figura 57).



**Figura 57 - Pormenor de placas lameladas de madeira**  
(Fonte – Sebenta da Cadeira de Materiais de Construção)

O seu fabrico faz-se a partir da colagem das lamelas invertidas, seguindo-se a colagem e prensagem a quente conjuntamente com duas folhas de contraplacado, uma de cada lado e, por fim, corte e acabamento (como se pode observar na Figura 58). Estas placas, sendo mais baratas do que os contraplacados, não são tão resistentes do ponto de vista mecânico, a sua



aplicação está, portanto, virada para a indústria do mobiliário e, por vezes, para a compartimentação interior, dado ser menor a exigência da resistência mecânica.



Figura 58 - Pormenor de fabrico de placas lameladas de madeira (Future Eng)

Saliente-se também os **lamelados colados de madeira**, cuja matéria-prima é apenas cola e madeira, sob a forma de pranchas paralelepípedicas e submetidas a exigências de seleção, de acordo com a aplicação a que se destinam, como também por questões estéticas. As diferenças entre estes e as anteriormente referidas placas são que, para além da ausência de revestimento em folha de madeira ou em contraplacado, é também o facto de as pranchas serem ligadas através de juntas topo a topo e de forma alternada entre as diversas camadas das pranchas, permitindo, assim, dimensões e geometrias pretendidas, bem como significativas melhorias ao nível da resistência mecânica.

O processo de fabrico é feito a partir da seleção das madeiras e corte das mesmas em pranchas paralelepípedicas, podendo ter medidas diversas, tendo em conta a sua aplicação. O passo seguinte passa pela execução das juntas de topo e colagem das pranchas topo a topo até à dimensão pretendida, de seguida faz-se a colagem e prensagem das pranchas lado a lado e de forma alternada para que as junta de topo não coincidam entre as diversas pranchas, e, por fim, dá-se a regularização das superfícies, o corte e controlo de qualidade.

Pela sua leveza e estética, facilidade de laborar e manutenção, apresenta ainda bom comportamento térmico e ao fogo apresenta elevada resistência química, dependendo da cola pode ter aplicações no interior ou exterior, não induz pontes térmicas e capaz de reduzir significativamente as solicitações sísmicas, tendo em conta o seu menor peso próprio, comparativamente às estruturas de betão armado.

Todos estes fatores fazem deste um dos materiais de referência como elementos estruturais, com aplicação nas mais diversas obras de construção da atualidade (ver exemplo da Figura 59). Sendo possível ver-se em estruturas de pavilhões, piscinas, etc.



Figura 59 - Estrutura em lamelados colados de madeira no Hotel Lopesan Baobab Resort

Considere-se, ainda, o **aglomerado de aparas de madeira e cimento**, em que a matéria-prima é constituída por água, cimento Portland, sais minerais e madeira sob a forma de aparas obtidas a partir de toros e outros desperdícios de madeira (ver Figura 60). A sua fabricação inicia-se com a produção das aparas, sendo estas feitas a partir de estilhamento de madeiras, através de máquinas industriais específicas.

Após este processo, dá-se a impregnação das aparas com produtos minerais, fazendo-as enrolar, de seguida, colocam-se as aparas dentro de um molde com medidas standard previamente definidas de forma a que estas sejam polvilhadas com cimento Portland e água, sendo depois sujeitas a uma prensagem com recurso a um controlo de humidade e temperatura.



**Figura 60 - Diversidade de tonalidades de painéis (VIROC)**

De seguida, dá-se a descompressão e o processo de cura do material, por fim é feito o corte e acabamento. Está-se perante um aglomerado que apresenta boas propriedades de isolamento térmico e acústico, assim como um bom comportamento ao fogo e resistência à humidade, garantindo também estabilidade dimensional, sendo ainda resistente ao impacto e ataque de agentes destruidores, nomeadamente fungos ou insetos xilófagos, tornando-o imputrescível.

Apresenta também a possibilidade de receber rebocos ou pinturas diretamente. As referências apresentadas fazem deste um material importante nas mais diversas aplicações e obras, tanto no interior como no exterior, como, por exemplo, cofragens perdidas, tecos, revestimentos de pavimentos, etc.

Quanto à sua fixação, e tendo em conta o grau de exigência, é possível através de colas, parafusos, pregos ou agramos (conforme Figura 61).



**Figura 61 - Pormenor de fixação dos painéis (VIROC)**



Ainda quanto aos derivados de madeira, não seria possível passar à frente sem antes fazer-se uma necessária abordagem às **placas OSB (Oriented Strand Board)** dado o seu potencial como novo e distinto material de construção civil, tanto pelas excelentes características, bem como pela já expressiva aplicação em obras por parte dos diversos intervenientes no processo e que conta naturalmente com o cunho da engenharia civil (ver exemplo da Figura 62).

Salienta-se, então, estas placas, especialmente usadas para revestir e reforçar estruturas, trata-se, portanto, de um aglomerado de partículas de madeira, longas e orientadas, possuindo assim características semelhantes aos lamelados colados de madeira.



**Figura 62 - Aplicação de painéis OSB numa estrutura LSF (Perkuno Trestas)**

A matéria-prima utilizada neste aglomerado é constituída por cera, resinas e madeira sob a forma de pequenas lamelas com dimensões até cerca de 10 cm de comprimento, sendo que as espécies mais utilizadas na sua produção incluem o pinheiro, o abeto e o choupo. Importa também referir que a utilização da madeira de pinho bravo como matéria-prima na produção de estruturas de lamelados colados é reconhecida na norma EN-386 (2001), conforme o autor Pontífice de Sousa (1990).

As espécies mais consideradas na produção destes derivados são o abeto (*Abies alba*), o espruce (*Picea abies*), a pseudotsuga (*Pseudotsuga sylvestris*) e a conhecida casquinha (*Pinus sylvestris*), também conhecida como pinho nórdico. Quanto aos EUA, o mesmo autor refere

que as espécies mais utilizadas são também *pseudotsuga* e outra diferente designada de *pitespine*, que engloba um conjunto de espécies designadas por Southern pine (*Pinus echinata*, *Pinustaeda*, *Pinus elliottii* e *Pinus palustris*).

Quanto ao processo de fabricação, é apresentado a seguinte figura para uma melhor percepção de todo o desenvolvimento. Este começa pela obtenção das lamelas, sendo estas extraídas com recurso a máquinas industriais específicas, transformando os troncos descascados através do movimento de diversas lâminas, que as estraçalham e os transformam integralmente em alongadas lamelas com comprimentos que não chegam além dos 10 cm.

Após a secagem das lamelas, segue-se, então, a realização da sua mistura com cera e resinas da mais elevada qualidade, para depois dar lugar à sua disposição em molde e por camadas, cada uma com orientações diferentes, atribuindo assim maior resistência e estabilidade. Posteriormente, submete-se à prensagem, através de progressiva pressão e temperatura, até atingir valores bastante elevados, dotando este aglomerado de um nível de comportamento de resistência mecânica notável.

Por fim, após a prensagem, dá-se o corte e acabamento. São as especificidades implementadas no processo de fabricação que lhe conferem as excelentes características do OSB, como por exemplo o facto deste aglomerado ser extremamente resistentes e de boa estabilidade dimensional, sendo também significativamente resistentes à humidade, conferindo-lhe assim grande durabilidade e resistência aos ataques biológicos.

Dadas as suas características de uniformidade, de resistência à deformação, à rotura e à delaminação, bem como à possibilidade de um quase total aproveitamento integral do lenho, o que se traduz num reduzido impacto ao nível dos recursos florestais, assim como a possibilidade de aquisição deste material a custos inferiores face a outros materiais capazes de desempenhar idênticas funções nos mais diversos tipos de utilização.

Perante a diversidade existente ao nível do OSB, é possível também verificar-se diferenças ao nível das suas características, como pela sua espessura, classes de risco e serviço, a sua classificação e durabilidade, montagem e sua fixação, sendo estes fatores que determinam o tipo de placa OSB, diferenciando-os através dos Eurocódigos.

No que diz respeito aos custos do fabrico, é apresentado na Figura 63.

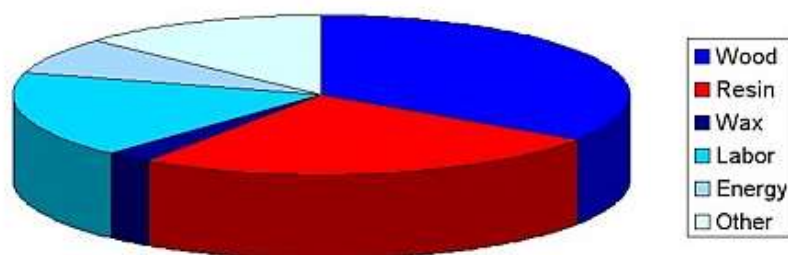


Figura 63 - Custos de fabrico de placas OSB (Idac Logic)

A seleção do tipo de placa será sempre em função das suas exigências funcionais. Quanto à sua aplicação, para além de desempenhar funções de revestimento estrutural, as placas OSB são ainda consideradas como ponto integrante da estrutura pelo seu contributo ao nível de resistência estrutural. Sendo que o seu comportamento é considerado no dimensionamento do cálculo da engenharia.

Revela-se ainda o aspeto estético, a sua leveza relativa, que o torna fácil de manusear em obras, com grande facilidade de cortar e fixar, bem como a importância do excelente contributo ao nível do isolamento térmico, sendo também capaz de receber diretamente outros revestimentos ou servir de base para receber outros materiais de acabamentos de fachadas, por exemplo, perante a diversidade de OSB pelas diferentes características existentes entre este aglomerado.

Foram adotadas quatro classes de OSB reconhecidas em Eurocódigos através da normal EN-300 (ver Figura 64), a qual define cada uma das classes com base nas suas propriedades físicas e mecânicas e respetivo ambiente de aplicação:

- OSB 1 – Placas com características de resistência limitadas, não sendo compatíveis para fins estruturais, sendo apenas reservadas para usos gerais, como sendo mobiliário, decorativo, etc., em ambiente seco/interior.
- OSB 2 – Placa com características de resistência, compatível com o uso para fins estruturais, mas em ambientes secos e interiores.
- OSB 3 – Placas com características de resistência compatível com uso para fins estruturais em ambientes húmidos, interiores e exteriores.
- OSB 4 – Placas com nível superior de desempenho estrutural em ambientes húmidos.

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS - PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS - PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

	ESPESSURA-ESPESOR-THICKNESS (mm)			
	6-8-10	10-12	18-22	REF.
Densidade/Densidad/Density (Kg/m <sup>3</sup> ) (*) – gama/rango/range	620±40	600±40	580±40	EN 323
Teor de humidade/Humedad residual/Moisture content (%) – gama/rango/rang	9±3	9±3	9±3	EN 322
Flexão/Flexión/Bending (MPa) – min.				
Módulo longitudinal/Módulo longitudinal/Longitudinal modulus	4600	4600	4600	EN 310
Módulo transversal/Módulo transversal/Transversal modulus	1900	1900	1900	EN 310
Resist. flexão longit./Resist. flexión longit./Longit. bending strength	28	26	24	EN 310
Resist. flexão transv./Resist. flexión transv./Transv. bending strength	14	13	12	EN 310
Resist. flexão V313/Resist. flexión V313/Bending strength V313	12	11	10	EN 310
Tracção/Tracción/Internal Bond (MPa) – min.				
Resist. tracção/Resist. tracción/Tensile strength	0,50	0,45	0,40	EN 319
Resist. tracção V313/Resist. tracción V313/Tensile strength V313	0,18	0,15	0,13	EN 319
Resist. tracção V100/Resist. tracción V100/Tensile strength V100	0,15	0,13	0,12	EN 319
Inchamento/Hinchamiento/Thickness swelling (24h) (%) – max.	15	12	12	EN 317
Teor de formaldeído/Contenido en formaldehído/Formaldehyde potencial(mg/100g) – max.	5	5	5	EN 120
Resistência ao fogo/Restencia al fuego/Fire resistance	B2	B2	B2	DIN 4102 T1

(\*) Valor de referência / Dato orientativo / Guiding value

Figura 64 - Propriedades físico-mecânicas de placas OSB 3 (TA Fibra)

Sendo necessário referir que para estruturas LSF só podem ser utilizadas as classes OSB 3 e OSB 4, sendo a OSB 3 a que tem maior aplicação (conforme Figura 65).

Pavimento - Pavimento - Floor Decking

DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (cm) - DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm) - JOIST SPACING (cm)

USO USO USE		MEIO HÚMIDO (classe de serviço 2) MEDIO HÚMEDO (clase de servicio 2) HUMID CONDITIONS (service class 2)				MEIO SECO (classe de serviço 1) MEDIO SECO (clase de servicio 1) DRY CONDITIONS (service class 1)			
Cargas de utilização Cargas de uso Allowable loads		150 Kg/m²	200 Kg/m²	250 Kg/m²	300 Kg/m²	150 Kg/m²	200 Kg/m²	250 Kg/m²	300 Kg/m²
Cargas permanentes Cargas permanentes Permanent loads		45 Kg/m²							
Espessura (mm) Espesor (mm) Thickness (mm)	15	48	48	45	45	49	49	48	47
	18	64	64	60	60	65	65	63	62
	22	75	75	71	68	80	80	76	73

Hipótese de cálculo: Cargas permanentes: próprio peso do painel (15 kg/m<sup>2</sup>) – Piso leve (5 kg/m<sup>2</sup>) - 20% de carga total de utilização. / Hipótesis de cálculo: cargas permanentes: el propio peso del panel (15 kg/m<sup>2</sup>) – Piso ligero (5 kg/m<sup>2</sup>) - 20% de carga total de utilización. / Calculus hypothesis: permanent loads: panel own weight (15 kg/m<sup>2</sup>) – Light flooring (5 kg/m<sup>2</sup>) – 20 % total working load.

Figura 65 - Vãos e cargas admissíveis de placas OSB 3 em situação de pavimento (TA Fibra)

### 3.2.

## PLACAS OSB

### Sustentabilidade



As placas OSB, bem como todos os derivados de madeira, respeitam o conceito de ecoeficiência, pois têm na sua base, aquando do processo industrial, um aproveitamento quase integral de todo o lenho proveniente da árvore, por vezes incluindo os mais diversos resíduos da mesma.

Os resíduos sobrantes do lenho e da casca podem também ter aproveitamento como combustível na própria fábrica (biomassa), tal como é visível na Figura 66.



Figura 66 - Aproveitamento dos resíduos para biomassa (Salmeron)

O conceito de sustentabilidade é também uma evidência, sendo prática comum em diversos países fazer-se a plantação das espécies em questão e de forma propositada para fins comerciais. Trata-se, portanto, de uma gestão controlada ao nível de recursos florestais. Saliente-se que estas espécies contam com um período de crescimento que ronda aproximadamente 20 anos, desde a sua plantação ao abate, tratando-se de espécies da família das resinosas e consideradas de crescimento rápido.

O respeito pelos conceitos referidos traduz-se num significativo contributo para a saúde e bem-estar das sociedades tanto a nível económico como ao nível ambiental, pois estes materiais são alternativas mais económicas, pela garantia de estabilidade, reciclagem e menor consumo de energia na sua produção face a outros materiais, bem como pela contribuição na redução das alterações climáticas, devido ao efeito de retenção de carbono a longo prazo.

### Durabilidade

O conceito de durabilidade assenta no período de vida útil definido nos requisitos do projeto, segundo condições de segurança, funcionalidade e estética de uma determinada

estrutura sem custos de manutenção não previstos, sendo que tais requisitos estão baseados no grau de agressividade do meio ambiente de exposição, bem como na avaliação e desempenho dos materiais integrados na referida estrutura.

No que diz respeito às placas OSB, desde que tomadas as devidas disposições, construtivas, bem como a correta aplicação de produtos preservadores, de acordo com a classe de risco no que se refere às estruturas de madeira, teoricamente pode afirmar-se que estamos perante durabilidade prolongada.

Salienta-se que o limite mínimo à vida útil de vida expectável deste tipo de materiais é condicionado pela determinação dos Eurocódigos. Em exemplo dos demais materiais de construção, do betão, da madeira natural, sendo que bem projetados, bem aplicados e bem mantidos, seguramente garantem uma grande longevidade, ora sendo o OSB um derivado da madeira, garantindo qualidade e coesão entre partículas, com presença no mercado há mais de duas décadas. É, portanto, de prever longevidade equiparada.

Pela sua durabilidade, este derivado enquadra-se na classe 4, garantindo assim um período de vida útil de 50 anos ou mais. No entanto, e para que tal se verifique, conforme o Eurocódigo 5 (EN-1995-1-1), é necessário ter em conta aspetos fundamentais, tais como a qualidade e as características da madeira e ainda a qualidade e as características dos materiais associados, como sendo as colas, conectores, parafusos, etc.

O OSB foi concebido e desenvolvido em finais da década de 70 nos EUA, originalmente direcionado para construção seca e demonstrando excelentes resultados no contraventamento de estruturas de madeira e aço, afirmando-se como de uso comum em estruturas LSF (*Light Steel Framing*), com potencial de crescimento o OSB evolui e ganha cada vez mais expressividade nas mais diversas aplicações.

Dentro da área da construção, como estruturas cobertas, paredes, pavimentos, etc., segundo Lourival Marim Mendes (Revista da madeira). Também na indústria de mobiliário, decoração, embalagens, etc. Contudo, é a partir dos anos 90 que se dá o “boom”, devido ao desenvolvimento progressivo da indústria, procura e aceitação pelo mercado, tendo em conta as suas características de resistência estrutural, a qualidade e o preço competitivo.

Este material é normalmente produzido em espessuras que variam entre 6 e 19 mm e dimensões de 2440 mm x 1220 mm ou outras dimensões superiores excecionalmente para fins industriais (ver exemplo da Figura 67). A produção em grande escala nos EUA e Canadá, em que cada unidade de produção supera o volume de produção na ordem dos 300 mil metros cúbicos por ano.



**Figura 67 - Exemplo de uma Placa OSB (Linyi)**

Já na Europa, através da Escócia e França, conta-se com uma capacidade de produção à volta de 115 mil metros cúbicos por ano e 75 mil metros cúbicos por ano, respetivamente. Ainda a indústria chinesa conta com uma capacidade de produção entre 8 mil a 16 mil metros cúbicos. Também o Brasil conta com unidades industriais com capacidade de produção superior a 300 mil metros cúbicos por ano.

Convém, portanto, afirmar que a produção de OSB tem crescido de forma significativa, mais concretamente na América do Norte, verificando-se que em 1993 as indústrias dos EUA e Canadá produziram à volta de 10 milhões de metros cúbicos, em 1997 estes valores sobem para 16 milhões de metros cúbicos e estima-se que, a partir do ano 2000, a produção de OSB ultrapassa a fasquia de 50% do mercado total no que se refere a países estruturais.

A APA – *the engineered wood association*, instituição norte-americana com forte implementação física, munida de excelentes recursos humanos de elevado conhecimento teórico e científico na área de produtos de madeira, tendo já realizado centenas de publicações, relatórios técnicos, estudos de mercado, ensaios, pesquisas, etc, funciona como centro de pesquisa e realização de ensaios, procura de novas soluções e melhorias de processos, com efeitos benéficos para toda a economia norte-americana na criação de derivados de madeira, como elemento estrutura de elevada resistência e versatilidade. Ressalva-se a importante informação sobre a vida útil das placas OSB com registo no documento “*Service Life of*

*Oriented Strand Board* (OSB)” publicado em 2000 por esta privilegiada instituição, conforme cópia e respetiva tradução.

### 3.3. PLACAS MDF

**MDF – Medium density fireboard**, trata-se de um derivado de madeira feito com uma única camada de fibras e composição homogénea em toda a sua superfície exterior (Figura 68).



Figura 68 - Variações de placas MDF (Shouguang)

Quanto à matéria-prima utilizada na sua composição, temos a madeira em forma de fibras de pequena dimensão, resinas sintéticas e outros aditivos.

O seu processo passa pela desfibração da madeira por meios mecânicos tecnologicamente evoluídos que transformam os toros já descascados em cavacos e depois em fibras, que pode ser perceptível na Figura 69.

Com aproveitamento quase integral de todo o lenho, sendo depois submetidas estas fibras a uma cozedura em vapor e pressão, seguindo-se a uniformização das fibras, o polvilhamento das resinas e outros aditivos, logo depois uma pré-prensagem precedida de prensagem a quente com temperaturas de 150 °C. Posteriormente, dá-se o arrefecimento, lixagem, acabamento e corte. A casca e descartáveis são aproveitados como produtos de biomassa para alimentação das caldeiras, de modo a produzir energia na própria fábrica.



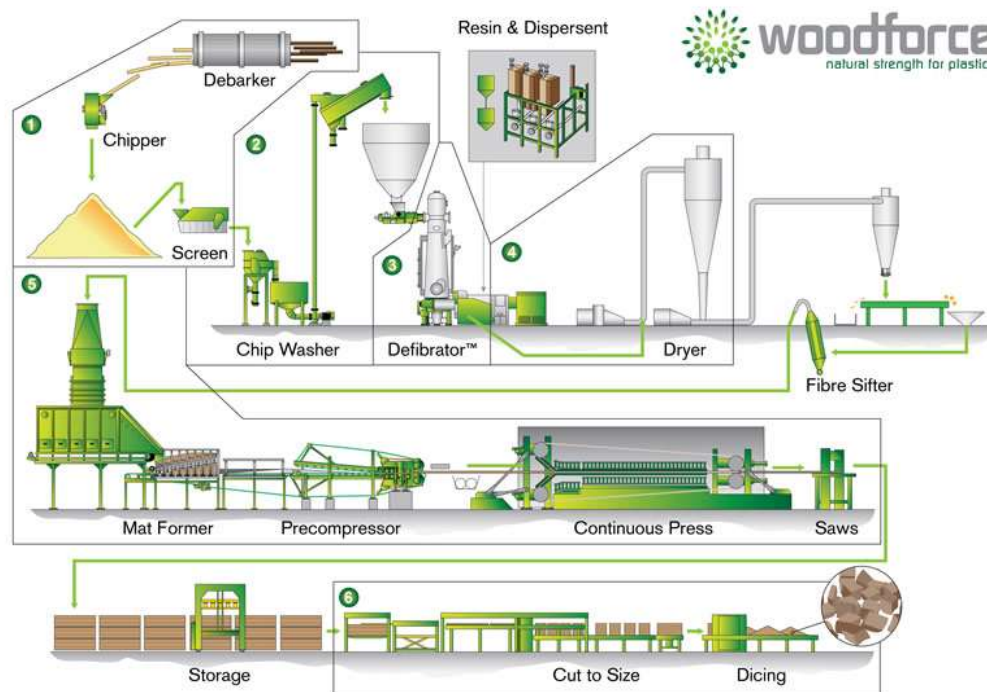


Figura 69 - Processo de fabrico de placas MDF (Woodforce)

O MDF tem origem nos anos 60 do século XX nos EUA e chega à Europa em meados dos anos 70 na República Democrática da Alemanha, chega a Espanha em 1977 e ao Brasil em 1997. Trata-se de um material homogêneo devido à uniformização das fibras durante o processo de fabricação, sendo também consistente, com boa estabilidade dimensional e resistência.

Com excelente capacidade de usinagem e com possibilidade de proporcionar bons acabamentos, dada a sua consistência e comporta ainda algumas características mecânicas próximas da madeira maciça.

Tendo em conta a sua aplicação, os painéis MDF podem ser produzidos com diferentes características, estes podem ser normais ou resistentes ao fogo ou resistentes à água ou até podem possuir maior resistência mecânica e ao choque.

As suas espessuras variam entre 3 e 60 mm e como acabamentos disponíveis no mercado, os painéis podem ser naturais (crus) ou com revestimentos laminados de baixa pressão (ver Figura 70).



**Figura 70 - Diversidade de espessuras de placas MDF (Prime Panels)**

Salienta-se que o MDF em cru pode depois receber acabamentos a verniz, pintura, lacagem ou até revestido a lâmina de madeira. As consideráveis características fazem do MDF um material muito usado na indústria do mobiliário, como por exemplo componentes frontais, internos e laterais de móveis, tampos de mesa, fundos de gaveta, etc.; na indústria da construção civil, a sua aplicação aparece nas guarnições, rodapés, divisórias, almofadas de porta, roupeiros, batentes, peças torneadas, balaustres, etc.

O estudo da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) prevê que o MDF, o OSB e os painéis de partículas muito utilizados pelas indústrias de mobiliário e construção civil mantenham a tendência de crescimento em alta ao nível da produção, salientando também que países como Brasil e Chile como sendo muito competitivos na produção destes painéis pelas condições de baixo custo quanto à produção, bem como quanto à matéria-prima, pela produção sustentada das plantações florestais de crescimento rápido (aproximadamente 17 anos) venham incrementar a sua produção regional a médio e longo prazo.

Acresce informar que estas plantações florestais se baseiam na espécie Pinus. Segundo o BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento Económico e Social, instituição brasileira), o comércio mundial de MDF movimenta um volume de 14 milhões de metros cúbicos, correspondendo a 34% do consumo mundial.

A Europa e América latina destacam-se pela exportação, enquanto o Canadá, Ásia e EUA caracterizam-se pela importação. A Ásia lidera o consumo mundial de MDF com 56%, seguida pela Europa com 22%, depois pelos EUA e Canadá com 15% e, por fim, a América latina com 7%. No período de 1995 a 2005, o crescimento mundial de consumo de MDF foi de 18,5%.

Para além do acabamento a cru, é possível encontrar os mais diversos revestimentos e cores, como sendo o caso de películas de madeira ou sua imitação (conforme Figura 71).



**Figura 71 - Panóplia de revestimentos disponíveis em placas MDF (MDF Cortecia)**

# Capítulo 4

## Caso de Estudo

### **4.1. IDENTIFICAÇÃO DE CASO DE ESTUDO (PATOLOGIAS DIFERENCIADAS)**

#### **4.1.1. Edifício Sede da Secção Regional da Madeira da Ordem dos Engenheiros**

Edifício – Sede da Secção Regional da Madeira da Ordem dos Engenheiros, sito à Rua Conde de Carvalhal n.º 23, Funchal. Estamos perante um edifício antigo recentemente reabilitado e inaugurado a 6 de novembro de 2015.

O projeto arquitetónico atual tem autoria do Arq. Duarte Caldeira e Arq. Sérgio Gouveia, tendo por base a reabilitação-adaptação e ampliação do mesmo.

Trata-se de um edifício antigo, implantado numa área de terreno considerável, construído provavelmente nos anos 50, desde então considerado como moradia unifamiliar, tipo Quinta. Contido de dois anexos - uma garagem e uma arrecadação - localizados junto aos limites da propriedade, cuja área total deve rondar os 2500 metros quadrados. Tendo também este, posteriormente e durante algum tempo, funcionado como escola (creche), tornando-se depois devoluto, e, recentemente, adquirido pela Ordem dos Engenheiros. A Figura 72 mostra o edifício no estado da sua aquisição.

A defesa e a preservação dos valores culturais, o ambiente e a memória de um povo, princípios que marcam a cultura desta Ordem, os mesmos que a levam à procura de um edifício antigo, de forma a fazer deste a sua casa, afirmando-se como exemplo.



**Figura 72 - Fachada Frontal (antes da reabilitação)**

### **- Edifício Original (Não reabilitado)**

Apresenta características construtivas e traça típicas de uma casa senhorial madeirense de então, e com relativa expressão na sua envolvência.

Comportando na sua construção original dois pisos e sótão visitável, com uma água furtada e cobertura de telha, o acesso entre pisos e ao sótão seria feito através de uma escada interior, toda ela em madeira de pinho, acabada a cera natural, com continuidade desde o rés-do-chão até ao sótão. É também munida de um amplo logradouro com pavimento feito em pedra de calhau rolado. Este contaria no rés-do-chão com corredor de acesso aos diversos compartimentos, desde a sala de jantar e de estar, cozinha, arrecadação, instalações sanitárias e acesso ao piso superior. A Figura 73 mostra o pavimento original do *hall* e da sala localizados no rés-do-chão.

Contaria no piso superior, com quatro assoalhadas e uma instalação sanitária, e no sótão, um espaço para arrumos onde também seria possível disfrutar razoavelmente da vista sobre o centro histórico e a baía do Funchal. A figura 74 mostra o pormenor das guarnições, do pavimento e dos lambris das janelas originais de madeira, localizados neste piso.



**Figura 73 - Estado do pavimento antes da reabilitação**



**Figura 74 - Aspeto do Piso 1 (antes da reabilitação)**



A sua construção original assenta na utilização de modos construtivos tradicionais da região e nos materiais de construção naturais existentes na época, saliente-se a madeira, a pedra aparelhada proveniente da rocha basáltica, areia, a cal e a pedra de calhau rolado.

A telha seria dos poucos materiais, a par das ferragens e das louças, com proveniência fora da região.

As fundações, feitas somente em pedra natural devidamente alicerçadas, surgem como importantes elementos estruturais que estão na base de suporte de toda a estrutura, e é sobre estas que nascem as paredes interiores e exteriores do edifício.

As paredes exteriores, também estas feitas de pedra pobremente aparelhada, mas devidamente entrosadas ao longo das quatro fachadas em simultâneo e por camada após camada, desde as fundações até à cobertura, conforme Figura 75.



**Figura 75 - Parede exterior (fachada interior)**

As paredes interiores, feitas em tabique através de uma estrutura de madeira de castanho composto por uma camada de ripas de cada lado, em madeira de criptoméria e separadas por pequenos intervalos, com preenchimento interior em aparas e outros resíduos de madeira, de forma a poder ganhar algum comportamento em termos de absorção sonora/isolamento acústico, conforme é possível verificar na Figura 76.



**Figura 76 - Pormenor da parede interior em tabique**

Enquanto as suas faces seriam revestidas em argamassa constituída por água, cal e areia fina, sobrepondo-se uma camada de regularização em massa de cal, permitindo assim uma superfície regular e macia, sendo posteriormente caiadas como acabamento final, o mesmo verifica-se quanto ao revestimento das paredes exteriores.

As paredes interiores e exteriores, constituindo importantes elementos estruturais verticais, que servem de suporte às vigas de madeira que, por sua vez, vão também suportar o pavimento do primeiro andar, o pavimento do sótão, bem como da estrutura de cobertura e da própria cobertura. Estas vigas servem ainda de suporte dos tetos do rés-do-chão e do primeiro andar. Saliente-se a estrutura de suporte do pavimento do rés-do-chão, também representadas por vigas de madeiras nobres, neste caso, o castanho.

Colocadas sobre pedras de rocha basáltica, originando assim o necessário afastamento do solo, formando uma caixa-de-ar, como forma de arejamento e garantia de maior durabilidade, conforme Figura 77.

É de referir que os elementos de madeira são particularmente sensíveis à ação da água e humidade do solo, sendo que estes elementos quando se encontram munidos de teor de humidade superior a 20% (Maia, 2013), dá lugar ao desenvolvimento de fungos e por conseguinte, levando a uma rápida degradação. Os pavimentos dos dois pisos e do sótão, são representados por soalho tradicional em madeira de pinho natural, enquanto as vigas estruturais que os suportam e os elementos da estrutura de cobertura, seriam representados por mistura de madeiras de castanho e de pinho, esta ultima espécie, menos resistente, aliado a uma carpintaria pobre, carece de manutenção e proteção regular.





**Figura 77 - Estrutura antiga do pavimento do rés-do-chão**

Os tetos do rés-do-chão e primeiro andar são feitos a partir de ripas de madeira de criptoméria pregadas às vigas, posteriormente regularizados com recurso a uma argamassa de cal, areia fina e água, posteriormente moldurados em gesso com figuras características da época, sendo depois caiados como acabamento final.

Sendo que estes tetos são fixados às vigas estruturais de madeira, tornando-as invisíveis e formando uma caixa-de-ar entre o teto e o pavimento.

As caixilharias das portas interiores, bem como das portas e janelas exteriores e tapa-sóis, seriam feitos em madeira natural e da mesma espécie (pinho), assim como as guarnições e rodapés e tendo como acabamento final pinturas à trincha em esmalte.

No logradouro, aplicou-se como pavimento a pedra de calhau rolado, sendo este feito a partir da consolidação do solo com base na terra batida, e tendo sempre em conta as necessárias pendentes de forma a permitir o escoamento das águas, evitando assim possíveis infiltrações junto das fundações.

O calçetamento deste pavimento executa-se por cima de uma camada húmida de areia fina previamente colocada e regularizada sobre a terra batida, sendo depois espalhada entre as pedras calçetadas uma mistura de cal e areia fina posteriormente pulverizada com água, feita em simultâneo com o bater de um calçetão tradicional de madeira, permitindo assim a ligação e consolidação de todas as pedras que compõem o pavimento, com as devidas pendentes.

Por fim, este só fica concluído com uma lavagem superficial deixando limpa toda a parte superior das pedras, e que faz deste um pavimento original, que em geral só é possível ver-se em edifícios antigos com nível médio/elevado.

**- Edifício Reabilitado: Ampliação e Adaptação**



**Figura 78 - Modelação 3D do edifício a restaurar**

Edifício antigo com sinais evidentes de degradação, não só pela falta de rigor nas práticas construtivas, mas também pela inexistência de manutenção e proteção regular que se impunha, dadas as características da espécie de madeira adotada; foi recentemente adquirido pela Delegação Regional da Madeira da Ordem dos Engenheiros, com a finalidade de fazer do mesmo a sua sede, tendo como primeira opção, reabilitar em vez de demolir e construir de novo (ver Figura 78).

Um edifício antigo, com uma nova alma, moderno nas suas valências e funcionalidades, capaz de responder ao mais alto nível em termos tecnológicos e de conforto no desenvolvimento das atividades inerentes. Mais do que um desafio, uma afirmação.

A opção pela reabilitação deste edifício demonstra bem a sensibilidade existente na classe, na defesa deste novo paradigma, que passa cada vez mais por reabilitar e revitalizar os edifícios antigos, núcleos históricos, assim como a sua envolvência, com base na memória, pela preservação dos valores culturais, defesa do ambiente e pelas vantagens económicas.

Esta reabilitação vem acrescentar valor em toda a sua envolvente e faz deste edifício mais um exemplo digno de registo.

Com recurso a técnicos especializados, a sua mestria e a natural e expectável adoção das boas práticas de intervenção, dá-se então cumprimento à sequência de regras definidas num plano de reabilitação, em que, numa primeira fase, passa sempre por:

1. Identificação das patologias existentes em toda a estrutura;
2. Definição da metodologia de intervenção, considerando a adequação do edifício às novas funcionalidades e prazos de conclusão;
3. Definição da metodologia de execução.

### **Identificação das patologias existentes**

Concretamente, numa primeira análise, verificou-se uma deterioração generalizada e acentuada em quase todos os elementos de madeira desde vigas, escadaria, portas, janelas, pavimentos e alguma estrutura de paredes interiores. Uma vez que estas são também feitas estruturalmente em madeira (paredes em tabique).

Tendo em conta a maior vulnerabilidade de uma das espécies adotada, concretamente o pinho (espécie da família das resinosas), e utilizada em quase toda a estrutura, aquando da sua construção original, a falta de rigor construtivo, de manutenção e proteção dos materiais e aliado ao facto de o edifício ter ficado devoluto durante alguns bons anos, a mesma acaba por se revelar frágil.

O risco de deterioração da madeira seria expectável, face ao ataque de insetos xilófagos terrestres, nomeadamente as térmitas de madeira seca, que atacam as mesmas, mesmo em locais distantes do solo.

Também se registou o conhecido caruncho que ataca o borne e o cerne, tanto na família das folhosas como das resinosas. Outro inseto xilófago muito falado na região é o caso da formiga-branca (*reticulotermes lucifugus*), que se trata de uma térmita subterrânea que ataca os mais diversos tipos de madeira que se encontrem perto do solo e com teor de humidade adequado ao seu desenvolvimento.

Verificaram-se ainda acentuados assentamentos ao nível das estruturas dos pavimentos, da estrutura da cobertura e das paredes interiores, acontecimento que se deve à expressiva degradação já antes referida, com mais relevância nas extremidades (apoios) das vigas estruturais, devido ao contacto com possíveis humidades existentes nas paredes exteriores, degradação ao nível das caixilharias, o mesmo se verificou quanto aos revestimentos, instalações sanitárias, redes de saneamento e abastecimento, assim como evidentes

irregularidades e assentamentos generalizados quanto aos arranjos exteriores, concretamente o pavimento em calhau rolado à volta da casa.

### **Metodologias de Intervenção**

Identificadas as anomalias, segue-se a definição das metodologias de intervenção, em que, entre as diversas possibilidades, se optou por uma intervenção global em todo o edifício, no cumprimento da qualidade construtiva, de forma a garantir funcionalidade e estética e com um período de vida útil exetável de 50 anos, sem gastos excessivos em termos de manutenção.

Definiu-se ainda o prazo de execução da obra, estimado em 360 dias, sendo que o mesmo acabou por se revelar suficiente.

### **Quanto à definição da metodologia de execução**

Colocou-se, então, em prática uma sequência previamente planeada de todos os trabalhos a realizar, definindo prioridades como: a aquisição e aprovisionamento dos materiais necessários à obra, a eliminação ou demolição de elementos de construção desnecessários, a ampliação prevista e adaptação às novas funcionalidades, substituição de redes de saneamento e abastecimento, substituição de elementos deteriorados, reparação dos materiais passíveis de recuperação, como, por exemplo, elementos estruturais, caixilhos, janelas, portas, tapa-sóis e vidraças, etc. Procedeu-se, igualmente, à necessária correção dos assentamentos existentes, correção das deformações devido ao efeito de fluência,

Com recurso a novas réguas de nivelamento, em madeira de cambala (espécie de madeira africana) com uma secção de 7x4 cm, fixadas lateralmente às vigas antigas, através de parafusos, correção das estruturas de coberturas e paredes interiores, a substituição dos materiais irremediavelmente deteriorados, os arranjos exteriores e, por fim, o desenvolvimento de todos os trabalhos definidos e devidamente planeados pelos principais intervenientes, tendo em vista uma conclusão final bem-sucedida.

Saliente-se, então, o relevo desta reabilitação, onde a mesma assenta nos seguintes pontos de intervenção:

- **Demolição dos dois anexos existentes:** dando assim lugar aos arranjos exteriores.
- **Ampliação de um volume:** que dará lugar a uma nova sala de formação/auditório, sendo este construído junto da fachada posterior do edifício, à cota do rés-do-chão, constituída por um compartimento de um só piso, com quatro metros de altura e diretamente ligada a este, através da abertura de um vão, conforme Figura 79.



**Figura 79 - Parte tardoz do edifício (modelação 3D)**

A cobertura inicial apresentava um elevado estado de deterioração, pela falta de manutenção, bem como da entrada dos agentes agressores, conforme Figura 80.



**Figura 80 - Estado da cobertura inicial**

Na sua conjugação, esta nova obra conta com cobertura, constituída por laje e viga perimetral em betão armado, com acabamento: betão aparente com cofragem lisa, respetiva impermeabilização sobre a laje e isolamento ao comportamento térmico exigido, sobreposto



depois por gravilha de basalto de média granulometria. Como elementos estruturais verticais, adotaram-se perfis em aço conjugado com paredes de betão armado.

As paredes exteriores, também estas em betão aparente, com isolamento térmico pela face interior, feito com placas de poliestireno extrudido, sendo estas conjugadas com janelas em caixilharia de alumínio com vidro duplo, de acordo com as especificações adequadas às exigências de comportamento térmico requeridas e munidas com estores de enrolar elétricos, com tela tipo *Screen*, indo assim de encontro com a segurança e controlo de insolação.

Saliente-se também a existência de teto falso feito em painéis acústicos e pavimento em soalho de madeira de riga, sendo que este pavimento é sobreposto numa estrutura com caixa-de-ar de altura considerável, onde alberga o equipamento de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) – como é visível na Figura 81.



Figura 81 - Caixa de Ar

De referir ainda que parte do revestimento das paredes interiores, é feito de painéis em contraplacado da mesma espécie de madeira também com características acústicas, que pode ser observado na modelação 3D do projeto (Figura 82).

- **Adaptações interiores do edifício original:** tendo em conta a acomodação de novas funcionalidades, instalações sanitárias e uma copa.

- **Substituição e reparação de materiais e equipamentos deteriorados:** concretamente, as redes de saneamento e abastecimento, escadaria, caixilharias, paredes interiores, estruturas de pavimentos, pavimentos, revestimentos, estruturas de cobertura e cobertura (ver Figura 83).



**Figura 82 - Proposta do auditório da Sede da Ordem dos Engenheiros**



**Figura 83 - Remoção da cobertura e dos revestimentos**

Saliente-se que a antiga estrutura de madeira do pavimento do rés-do-chão dá lugar a uma laje de betão armado, como garantia de maior estabilidade e longevidade, note-se menores assentamentos e melhor proteção dos materiais, conforme Figura 84.





**Figura 84 - Preparação da laje de pavimento**

Sobre esta laje de pavimento, assenta o novo pavimento feito em soalho de madeira nobre (*Riga Nova*) acabado a verniz. Espécie de madeira que acaba por prevalecer como material de substituição, concretamente ao nível de todos os pavimentos e escadarias de todo o edifício, conforme a Figura 85.



**Figura 85 - Estrutura de suporte do pavimento e teto**

Tal revelou-se uma excelente escolha, pelas boas características em termos de dureza, logo com alguma resistência ao choque/desgaste, assim como pela leveza e sobriedade que a mesma expressa. De notar a forma peculiar no que concerne à sustentação do teto do piso um, sendo esta feita através de tirantes de sisal improvisados, pelas suas boas características nomeadamente de resistência à tração, que são fixos às traves da estrutura de cobertura. Estes

tirantes são banhados a gesso com o intuito de proteção dos tirantes supracitados, tal como na Figura 86.



**Figura 86 - Tirantes que ligam o teto à estrutura**

Saliente-se a nova cobertura, agora constituída por três novos materiais, sendo estes o polietileno extrudido, como isolante térmico, sobreposto por uma camada de subtelha e, por último, um telhado novo, como pode ser observado na Figura 87.



**Figura 87 - Aplicação de novos materiais na cobertura (chapa ondulada)**

Também nas zonas dos tetos houve substituição das ripas de *Criptomeria* que se encontravam deterioradas, como é perceptível na Figura 88.



Figura 88 - Teto do piso 1

- **Arranjos exteriores:** uma vasta área do espaço envolvente dá lugar a uma renovada área ajardinada, conjugada com zona ampla de estacionamento ao ar livre, representada por um pavimento permeável com vegetação e com respetivos acessos feitos em calçada paralelepipedal de basalto.

Por razões de segurança e visibilidade, a porta localizada junto da via pública, terá um recuo de forma a facilitar as manobras de saída e entrada de automóvel, junto a esta porta ficarão dois compartimentos técnicos fechados, um para o lixo e outro para bombas e equipamentos de rega.

Saliente-se ainda a repavimentação e reutilização da calçada de calhau rolado para a área circundante ao edifício e tendo em conta a existência de um desnível no terreno, criando-se uma rampa de acesso, para além de degraus e pavimentos feitos em placas de betão pré-fabricado, conforme Figura 89.



Figura 89 - Arranjos exteriores

- **Implementação de sistemas de renovação do ar e climatização:** de forma a garantir um melhor conforto para os utentes, de notar também o cumprimento em termos de exigências térmicas e acústicas.

**Nota importante:** por questões de proteção e manutenção dos elementos, adotaram-se tubos de acesso às vigas estruturais que suportam os pavimentos do piso um e do sótão.

Por estas se encontrarem inacessíveis, uma vez que estas se encontram entre os referidos tetos e pavimentos, tais tubos permitem assim a proteção destes elementos através da pulverização periódica (dois em dois anos) de um produto antixilófago. Garantindo, assim, a devida sanidade destes elementos escondidos. De salientar, por fim, a preservação das características mais relevantes quanto às qualidades estéticas e funcionais de todo o imóvel.



Figura 90 - Corte da edificação reabilitada

### - Organização espacial:

Este edifício é composto por três níveis, mantendo assim a sua distribuição original (para clarificar, ver Figura 89). Um no rés-do-chão (piso 0), outro sobreposto (piso 1), e, por último, a existência de um sótão visitável, sendo este munido de uma água furtada e uma janela no telhado de forma a garantir maior luminosidade.

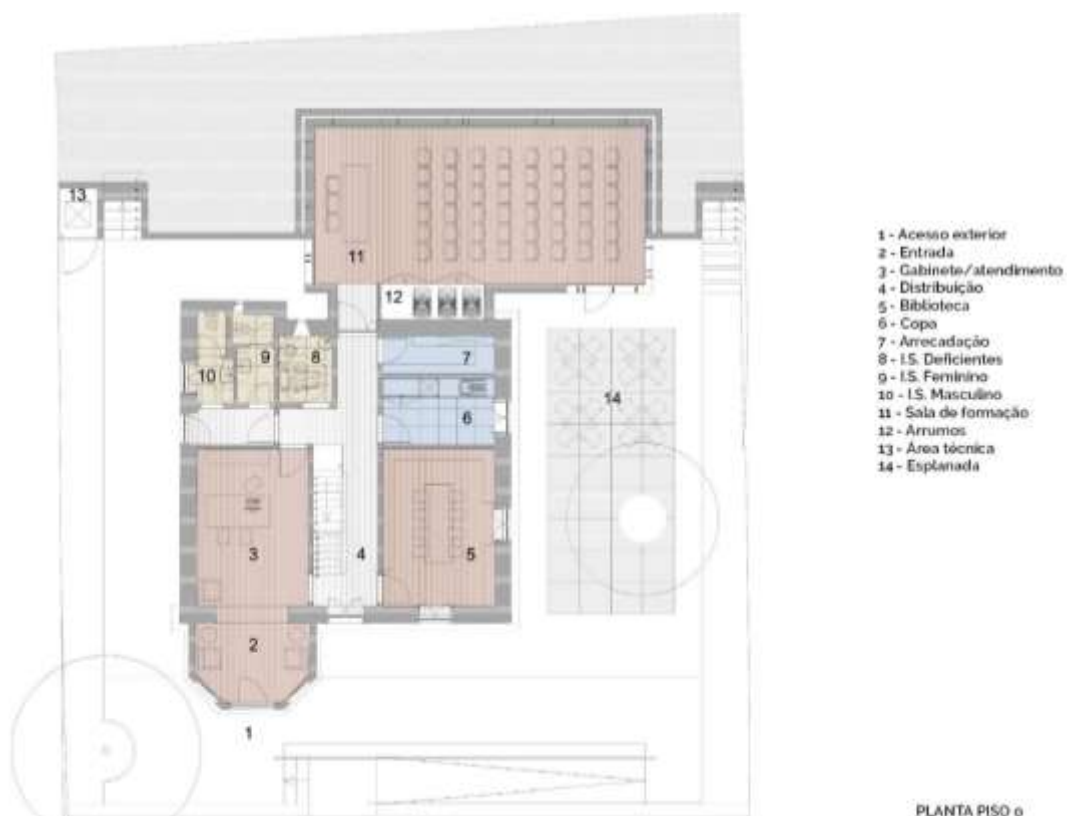
- **Rés-do-chão** (Piso 0): podemos verificar, logo à entrada principal, um átrio a servir de sala de espera e de acesso ao gabinete/atendimento e restantes compartimentos, através da zona de distribuição, contando ainda, entre as diversas valências, com biblioteca, munida já de alguns elementos literários e de pesquisa de interesse para a instituição, seguido de uma copa, que serve de apoio aos utentes em determinadas ocasiões (ver Figuras 91 a 95). Conta ainda com arrecadação, instalações sanitárias, compartimento de domótica, sala de formação/auditório para 50 lugares, arrumos, área técnica e, por fim, uma agradável e



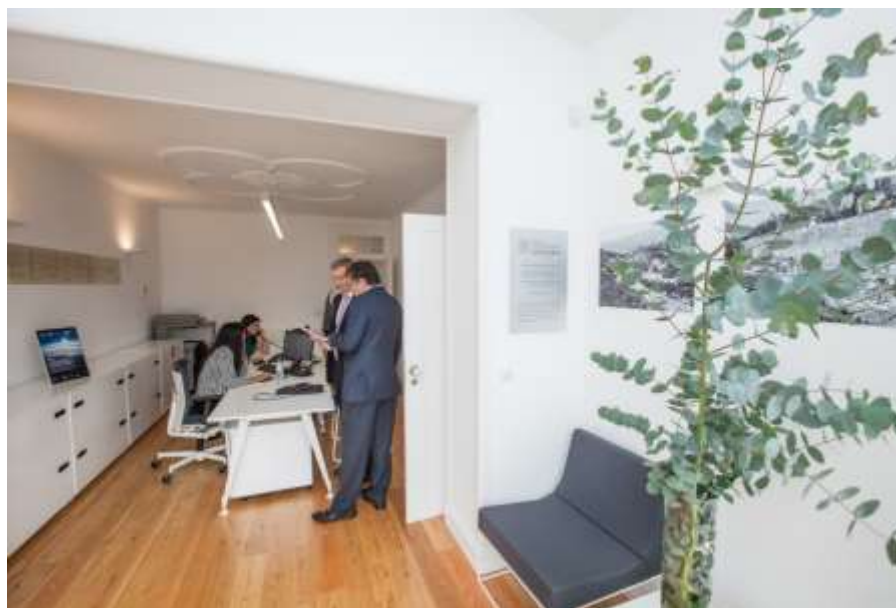
acolhedora esplanada com vista para o jardim, capaz de proporcionar excelentes momentos de diálogo.



**Figura 91 - Auditório da Sede (atual)**



**Figura 92 - Planta do Piso 0**



**Figura 93 - Gabinete de atendimento da Sede da Ordem dos Engenheiros**



**Figura 94 - Imagem da Biblioteca localizada no piso 0**



Figura 95 - Hall de Entrada

- **Piso 1:** servido por uma zona de distribuição, com acesso feito através de uma escada interior que se inicia a partir do piso inferior, e que serve de acesso aos restantes compartimentos localizados neste nível, como sendo: instalações sanitárias, gabinete da direcção, gabinete de apoio, sala de reuniões, sendo esta representada por uma ampla mesa feita a partir das vigas antigas, em madeira de castanho, que, entretanto, sobraram das estruturas dos pavimentos, serve ainda o sótão através de um outro lanço de escada interior – perceptível nas Figuras 96 e 97.

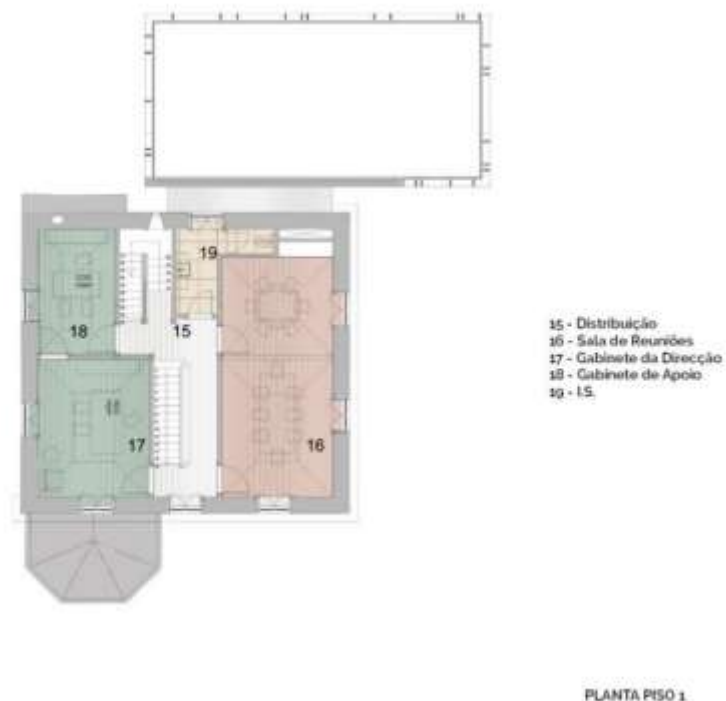


Figura 96 - Planta do Piso 1





Figura 97 - Apresentação da sala de reuniões e a referida ampla mesa

- **Sótão:** de onde é possível disfrutar de alguma vista sobranceira sobre a parte velha da cidade, figura a existência de uma água furtada e o restante espaço de cobertura, área esta quase toda ela destinada a um arquivo (ver Figura 98).

Aqui, pelos acessos criados, é também possível espreitar e preservar a estrutura da cobertura, assim como os já referidos tirantes de corda de sisal, que agarram o teto do piso 1 à estrutura de cobertura, saliente-se ainda a criação de uma janela na cobertura, como garantia de maior luminosidade em todo o espaço (ver Figura 99).

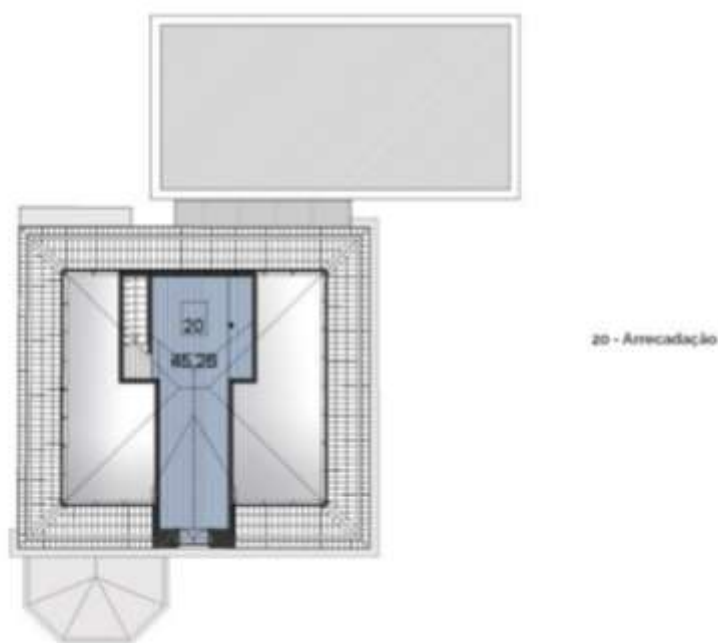


Figura 98 - Cobertura



Figura 99 - Zona envolvente à Sede da Ordem

- **Circulação vertical:** verifica-se a existência de duas escadas interiores de madeira, uma que dá acesso ao piso 1, composta por um só tramo reto e um patamar na base, representada por um corrimão e guarda de balaústres com continuidade como guarda no corredor do mesmo piso. O acesso entre o piso 1 e o sótão faz-se por outra escada que fica localizada mais a norte do edifício, entre duas paredes de tabique, composta por dois lanços intercalados por um patim.

**Comparativo de custos** – Estima-se que o custo, como valor global dos trabalhos desenvolvidos no âmbito desta reabilitação-ampliação e adaptação, aproxima-se dos 480.000,00 euros, conforme anúncio de concurso público.

De salientar que o custo do notável recheio, que atualmente qualifica os diversos compartimentos do edifício, não se encontra incluído no referido valor.

Supondo outra opção (demolir e construir de novo), e tendo como resultado características idênticas às conseguidas na referida reabilitação; e estimando um valor de €1000/m<sup>2</sup> de construção, como sendo este coerente com o executado, numa ótica de boa relação qualidade/preço, não esquecendo ainda os custos de demolição, transporte e remoção dos resíduos para local apropriado, teríamos porventura um custo superior. Saliente-se ainda, entre outros fatores, os incómodos que geralmente acarretam para a vizinhança, em termos de poluição e circulação viária. Assim, por vezes é possível verificar-se que nem sempre é mais barato demolir e construir de novo.

Começa a notar-se uma consciencialização cada vez mais evidente – reabilitar significa que ganha a cultura, ganha o ambiente e ganha também a economia.

Este caso não é apenas mais um novo edifício. É SIMPLEMENTE, O ENGENHO E A ARTE DE TRANSFORMAR.

# Capítulo 5

## Considerações Finais

### 5.1. NOTAS FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de caracterizar o material madeira, dando ênfase à realidade regional. Foi efetuada uma análise às diversas patologias existentes nas madeiras e tratamentos correspondentes. Também foi feito um estudo sobre os materiais mais indicados para a adaptação em questão.

Tentou-se caracterizar as espécies de madeira com maior expressão no mercado, suas vantagens e desvantagens bem como as suas propriedades.

A madeira até há cerca de dez anos tinha decrescido no que diz respeito ao seu consumo, porém, com a introdução de novas técnicas e tecnologias associadas a este material, surgiu então os derivados. As propriedades foram melhoradas e fizeram com que este material se tornasse mais atrativo.

Assim sendo, foi tratado um caso de estudo de reabilitação – ampliação e adaptação de um edifício antigo. O edifício é atualmente a sede regional da Ordem dos Engenheiros da Madeira, tendo função de apoio.

Neste trabalho, foi possível aferir as seguintes conclusões:

- A madeira é um material muito atrativo, pois permite uma panóplia de soluções, oferecendo elevados níveis de conforto, resistência, durabilidade e estética;
- A utilização da madeira como material de construção, quer em elementos estruturais ou não, remonta aos primórdios da edificação, tendo igualmente relevante expressão desde o início do povoamento do arquipélago da Madeira;
- A madeira, à semelhança de qualquer material, apresenta vantagens e desvantagens. O bom senso levará a tratar e aplicar a mesma de forma adequada ao local

de construção. Assim sendo, e não enveredando por uma atitude cegamente favorita em relação à madeira, é possível afirmar que, com tratamento, manutenção e utilização responsável, é possível incorporar o material madeira nas construções modernas, sabendo tirar proveito das várias soluções (madeira maciça ou derivados) adaptadas aos requisitos de funcionamento e estéticos pretendidos;

- A hegemonia da construção em pedra/madeira acabou com o desenvolvimento e massificação do betão armado;
- Atualmente, com os avanços tecnológicos que permitiram tirar proveito de materiais até então tidos como restos da indústria madeireira e oferecendo soluções construtivas relativamente baratas e de fácil aplicação, a madeira começa a ganhar alguma expressão enquanto material de construção;
- A reabilitação de edifícios nem sempre é mais onerosa em comparação com nova construção. De enfatizar a conservação cultural e histórica do património edificado, o qual deve ser preservado;
- Os materiais analisados foram comparados e descritos em relação a aspetos como a sua função, utilização, viabilidade ou preço.

## **5.2 PERSPETIVAS FUTURAS**

Neste trabalho, foram retidos alguns aspetos que deveriam ser abordados no futuro:

- Criação de base de dados de madeiras utilizadas na indústria da construção na Ilha da Madeira;
- Criação de um guia de apoio para intervenções de reabilitação de prédios em madeira, com base nas particularidades regionais;
- Desenvolvimento de análises computacionais, com objetivo de calcular as estruturas de madeira existentes e posterior recuperação.

# Bibliografia

- Alvarez, R. (2000). *Estructuras de Madera - Diseño y cálculo*. Madrid: AITIM.
- Cachim, P. (2007). *Construções em madeira - A madeira como material de construção*. Porto: Publindústria.
- CORMA - Corporacion Chilena de la Madera. (s.d.). *Manual - La construcción de viviendas en madera*. Chile.
- Coutinho, J. (1999). Apontamentos de Materiais de Construção I. *Madeiras*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Graça, J. (s.d.). *Métodos de análise dos produtos florestais - Propriedades físicas e mecânicas*. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2012). *Censos 2011 Resultados Definitivos - Região Autónoma da Madeira*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- IPQ. (1998). *NP EN 1995-1-1 - Projecto de estruturas de madeira - Parte 1.1: Regras gerais e regras para edifícios*. Lisboa: IPQ.
- Maia, L. (2013). *Materiais de Construção. Apontamentos de apoio à unidade curricular*. Funchal: Universidade da Madeira.
- Martins, S. (Setembro de 2009). *Estruturas de Madeira – Inspeção e Diagnóstico. Aplicação em Caso de Estudo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Área de Especialização em Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção*. Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
- Mestre, V. (2002). *Arquitectura Popular da Madeira*. Argumentum.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1999). *Wood handbook - wood as an engineering material*. Wisconsin: Forest Products Laboratory.