

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO 1

MADEIRAS

Joana de Sousa Coutinho

1999

MADEIRAS

1. GENERALIDADES

As estruturas de madeira existem desde os primeiros tempos de vida do Homem. Conhecendo a pedra, e tendo provavelmente já noção das suas possibilidades de suporte ao contemplar o tecto da caverna onde habitava, a primeira viga ter-lhe-á surgido sob a forma de um tronco de árvore caído de margem a margem de um curso de água e sobre o qual pôde passar confiadamente. A madeira, sendo leve, resistente, fácil de talhar e aparecendo com abundância em comprimentos e diâmetros variáveis, deu ao Homem a possibilidade de abandonar a caverna, construindo inicialmente cabanas cuja estrutura resistente era constituída por ramos e canas e cobertura realizada de folhas aglomeradas com argila ou então colmo ou peles. A mais elementar estrutura de madeira surge a seguir, com a forma de dois paus cravados no solo e ligados nas extremidades superiores por elementos vegetais fibrosos, como o vime, por tiras de pele ou, mais tarde, por elementos de ferro ou bronze - Figura 1.

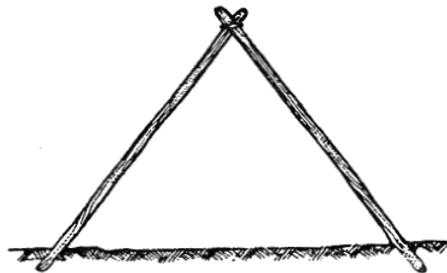


Figura 1 - A estrutura mais simples de cobertura: dois paus redondos cravados no solo e ligados no vértice (Mateus, 1961).

A necessidade de cobrir espaços cada vez mais amplos torna a estrutura mais complexa; as peças inclinadas exigem um apoio intermédio, surgindo assim as escoras e o contranível, uma peça horizontal. O travamento no sentido longitudinal era

assegurado por duas madres e por uma fileira ao nível do cruzamento das peças inclinadas.

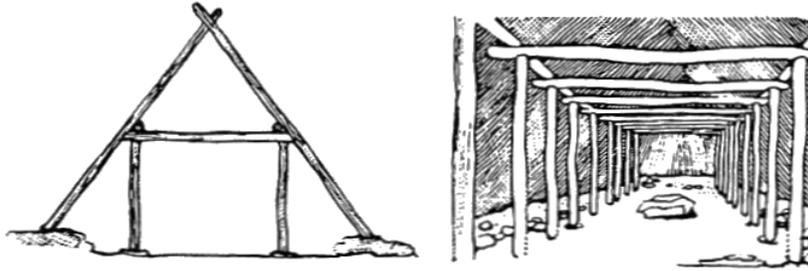


Figura 2 - Estrutura de cobertura da Idade do Ferro construída com paus redondos, cruzados e ligados no vértice com apoios intermédios (Mateus, 1961).

Para maior aproveitamento do espaço e mais facilidade de realizar aberturas para o exterior, as peças de suporte directo da cobertura deixaram de vir até ao solo, passando a apoiar em elementos verticais, realizando assim o esqueleto de paredes.

A arte de carpinteiro é anterior à de pedreiro, que só surge quando o Homem decide fraccionar a pedra em blocos facilmente manuseáveis que, sobrepostos, davam longas paredes resistentes. Antes ainda do emprego da alvenaria o Homem utilizou o adobo, acamando facilmente a argila com a água.

As cidades lacustres de que ainda se encontram vestígios (Suiça), atestam o largo emprego que, na pré-história, se deu à madeira na formação de estruturas resistentes, desde a estacaria às plataformas de acesso às habitações e demonstram o desenvolvimento na arte de construir e como pode ser grande a duração deste material.

Durante muitos séculos foi o carpinteiro o artífice mais importante na construção das edificações, cuja arquitectura foi fortemente influenciada por este material. Desde as habitações às primeiras fortificações, com os seus órgãos de defesa (pontes levadiças, catapultas, etc.), e os edificios religiosos, cuja cobertura dos mesmos e estruturas das torres trouxeram problemas de vão e de forma de resolução difícilima, a intervenção do carpinteiro foi primordial. Os muitos carpinteiros transmitiam de geração em geração a sua própria experiência somada à experiência anterior; embora baseados no empirismo, os seus conhecimentos sobre as características da madeira e sobre o comportamento das

estruturas, permitiram-lhe realizar, na Idade Média e nos séculos XVI, XVII e XVIII, verdadeiras obras primas quer do ponto de vista de concepção como de realização.

Nos fins do século passado o grau de evolução já atingido pareceu não permitir maiores progressos. O aparecimento do aço, com perfis de forma e dimensões extremamente variadas, foi possibilitando a realização de novas e mais arrojadas estruturas, correspondendo às exigências do desenvolvimento industrial como as grandes oficinas, hangares para aviação, pontes de grande vão, por exemplo. Verificou-se, paralelamente, um rápido e grande progresso no domínio do cálculo das estruturas e do conhecimento das propriedades dos materiais. A madeira, de emprego empírico e tradicional, começou a ceder o seu lugar ao novo material. A crise acentuou-se com o progresso do betão armado, estando as aplicações da madeira, em muitos países, em grande decadência.

Um esforço tem sido feito, no entanto, nos últimos anos, no sentido de reabilitar a madeira como material principal de construção. Forçoso se tornou abandonar os sistemas construtivos clássicos; hoje, dispõe-se de meios mais eficazes para realizar as ligações; lança-se mão de novas concepções estruturais, com peças de secção composta que se aproxima das que são características do aço; o emprego de estruturas laminadas coladas, o progresso nos contraplacados e aglomerados, um melhor conhecimento das suas propriedades mecânicas, são outras tantas formas que levam novas perspectivas de um maior emprego da madeira na construção civil (Sampaio, 1975/76).

2. USO DA MADEIRA - VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens do uso da madeira como material de construção, são muitas, nomeadamente:

1. Pode ser obtida em grandes quantidades a um preço relativamente baixo. As reservas renovam-se por si mesmas (...) tornando o material permanentemente disponível.
2. Pode ser produzida em peças com dimensões estruturais que podem ser rapidamente desdobradas em peças pequenas, de delicadeza excepcional.
3. Pode ser trabalhada com ferramentas simples e ser reempregue várias vezes.
4. Foi o primeiro material empregue, capaz de resistir tanto a esforços de compressão como de tracção.

5. Tem uma baixa massa volúmica e resistência mecânica elevada. Pode apresentar a mesma resistência à compressão que um betão de resistência razoável. A resistência à flexão pode ser cerca de dez vezes superior à do betão, assim como a resistência ao corte.
6. Permite ligações e emendas fáceis de executar.
7. Não estilhaça quando submetida a choques bruscos que romperiam ou fendilhariam outros materiais de construção.
8. Apresenta boas condições naturais de isolamento térmico e absorção acústica.
9. No seu aspecto natural apresenta grande variedade de padrões.

Em contraposição, apresenta as seguintes principais **desvantagens**, que devem ser cuidadosamente levadas em consideração no seu emprego como material de construção:

1. É um material fundamentalmente heterogéneo e anisotrópico.
2. É bastante vulnerável aos agentes externos, e a sua durabilidade é limitada, quando não são tomadas medidas preventivas.
3. É combustível.
4. Mesmo depois de transformada, quando já empregue na construção, a madeira é muito sensível ao ambiente, aumentando ou diminuindo de dimensões com as variações de humidade.
5. As dimensões são limitadas: formas alongadas, de secção transversal reduzida.

Estes inconvenientes, como visto, fizeram com que a madeira fosse, em determinada época, suplantada pelo aço e pelo betão armado, e relegada à execução de estruturas provisórias, cimbres e cofragens (Petrucci, 1975).

No entanto, a madeira somente adquiriu reconhecimento como material moderno de construção, com condições de atender às exigências de técnicas construtivas recentemente implementadas, quando outros tantos **processos de melhoramento** foram desenvolvidas e permitiram **anular as características negativas** que a madeira apresenta no seu estado natural:

- a degradação das suas propriedades e o aparecimento de tensões internas decorrentes de alterações da humidade são anulados pelos processos desenvolvidos de secagem artificial controlada;

- a deterioração da madeira em ambientes que favoreçam o desenvolvimento de seus principais predadores é contornada com os tratamentos de preservação;
- a marcante heterogeneidade e anisotropia próprias de sua constituição fibrosa orientada, assim com a limitação das suas dimensões são resolvidas pelos processos de transformação nos laminados, contraplacados e aglomerados de madeira (Uriartt, 1992).

3. FISILOGIA E CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

Uma árvore é composta pela raiz, pelo caule e pela copa.

A raiz fixa a árvore ao solo e dele retira água contendo sais minerais dissolvidos, isto é, a **seiva bruta**, necessária ao desenvolvimento do vegetal.

O tronco, ou caule, sustenta a copa com as ramificações e conduz, por capilaridade, tanto a seiva bruta, desde a raiz até as folhas da copa, como a seiva elaborada, das folhas para o lenho em crescimento.

A copa desdobra-se em ramos, folhas e frutos. Nas folhas processa-se a transformação da água e sais minerais em compostos orgânicos: **a seiva elaborada**.

Considerando o tronco como a parte útil para a produção de peças de madeira natural, material de construção, vamos examinar, em detalhe a sua constituição.

Conforme mostra a Figura 3, a secção do tronco de uma árvore permite distinguir, da casca para o miolo, as seguintes partes bem distintas:

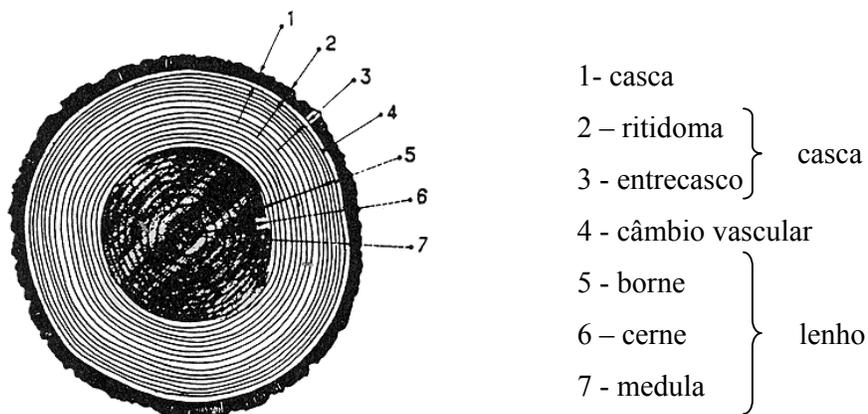


Figura 3 - Corte transversal do caule de uma árvore (LNEC E31).

3.1. Casca

Protege o lenho e é o veículo da seiva elaborada das folhas para o lenho do tronco (seiva descendente). Duas camadas assumem essa dupla incumbência: um estrato externo e epidérmico, formado por tecido morto, denominado por ritidoma (carrasca, no pinheiro) e outro interno, formado de tecido vivo, mole e húmido, portanto com actividade fisiológica e condutor de seiva elaborada, denominado por entrecasco.

O ritidoma protege os tecidos mais novos, do ambiente, dos excessos de evaporação e dos agentes de destruição. Se racha, cai e é renovado, pois, sendo um tecido morto, não tem crescimento. De um modo geral, não apresenta interesse como material de construção: no preparo do lenho é quase sempre extraído e rejeitado. Em algumas espécies, como o sobreiro, o ritidoma designado por **cortiça** tem um desenvolvimento tão grande que permite a retirada de lâminas espessas. Essas lâminas, que apresentam propriedades termoacústicas vantajosas, têm emprego adequado em processos de isolamento: revestimentos de paredes e forros, inertes para betão leve, etc.

Pela outra camada da casca, o entrecasco, desce a seiva que foi elaborada nas folhas a partir de substâncias retiradas do solo e do ar.

Do solo, recolhido através dos pelos absorventes das raízes, provém principalmente a água que contem, em solução, compostos minerais, e que constitui a seiva bruta que sobe por capilaridade pela parte viva do lenho, o borne, até as folhas da copa.

Nas folhas e noutras partes verdes da copa são absorvidos do ar, o anidrido carbónico e o oxigénio e realiza-se a função clorofilina ou fotossíntese, formando-se a seiva elaborada que desce pelo entrecasco e pode ficar armazenado nas células sob forma de amido.

Partindo dos açúcares que formam a seiva elaborada, as árvores sintetizam todas as substâncias orgânicas que compõem as células lenhosas. Essa transformação ocorre principalmente no estrato de tecidos que vem logo a seguir à casca: o câmbio vascular (Uriartt, 1992; LNEC E31).

3.2. Câmbio vascular

Consiste numa fina e quase invisível camada de tecidos vivos: está situado entre a casca e o lenho. É constituído por um tecido de células em permanente transformação: Tanto o entrecasco como o câmbio vascular são vitais para o crescimento da árvore de tal forma que o corte de ambos, accidental ou provocado, ocasiona inevitavelmente a

morte da árvore. Um processo de secagem com a árvore em pé, recomendado para madeiras de difícil secagem (como algumas variedades de eucaliptos), consiste em estrangular as árvores vivas com um forte arame de aço - argolamento - até à sua morte, seguida da perda gradual de humidade.

No câmbio realiza-se a importante transformação dos açúcares e amidos em celulose e lenhina, principais constituintes do tecido lenhoso. O crescimento transversal verifica-se pela adição de novas camadas concêntricas e periféricas provenientes dessa transformação no câmbio: os anéis de crescimento.

Nos anéis anuais de crescimento reflectem-se as condições de desenvolvimento da árvore: são largos e pouco distintos em essências tropicais de rápido crescimento: apertados e bem configurados nas espécies oriundas de zonas temperadas ou frias. Em cada anel que se acrescenta, ano a ano, duas camadas podem destacar-se, muitas vezes nitidamente: uma de cor mais clara, com células largas de paredes finas, formada durante a primavera e verão, o **anel de primavera**, e outra, de cor mais escura, com células estreitas de paredes grossas, formada no verão-outono, o **anel de outono**.

Os anéis de crescimento registam a idade da árvore e servem de referência para a consideração e estudo da anisotropia da madeira que é uma característica marcante. Para esse efeito, na avaliação do desempenho físico e mecânico do material serão sempre considerados nos ensaios três direcções ou eixos principais - Figuras 4 e 5.

- a) direcção tangencial, direcção transversal tangencial aos anéis de crescimento;
- b) direcção radial, direcção transversal radial dos anéis de crescimento;
- c) direcção axial, no sentido das fibras, longitudinal em relação ao caule.

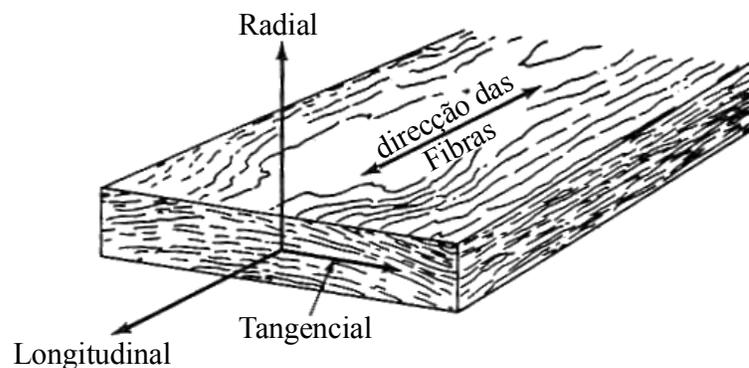


Figura 4 - Direcções ou eixos principais (Smith, 1990).

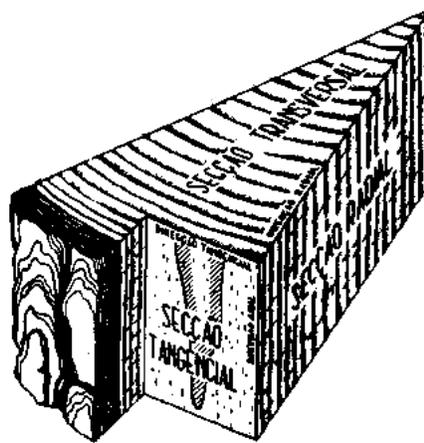


Figura 5 - Direcções ou eixos principais (LNEC E 31).

Falsos anéis de crescimento ou deslocamentos de anéis podem ser provocados por interrupções de crescimento, devido a períodos de seca, ataques de pragas ou abalos sofridos pela planta. Estes defeitos irão provocar anomalias no comportamento do material.

3.3. Lenho

É o núcleo de sustentação e resistência da árvore e é pela sua parte viva que sobe a seiva bruta. Constitui a secção útil do tronco para obtenção, por abate e preparo, das peças estruturais de madeira natural ou madeira de obra.

Em quase todas as espécies o lenho apresenta-se com duas zonas bem contrastadas: o **borne** e o **cerne**.

O borne (externo) tem cor mais clara que o cerne e é formado por células vivas e activas. Além da função resistente, é condutor da seiva bruta, por ascensão capilar, desde as raízes até à copa.

O cerne (interno), de cor mais escura que o borne, é formado por células mortas. As alterações no borne vão formando e ampliando o cerne. As alterações progressivas são processos de crescente engrossamento das paredes celulares, provocados por sucessivas impregnações de lenhina, resinas, taninos e corantes. Em consequência, o cerne tem maior densidade, compacidade, resistência mecânica e, principalmente, maior

durabilidade, pois, sendo constituído de tecido morto, sem seiva, amido nem açúcares, não atrai insectos nem outros agentes de deterioração. A sua frequente impregnação por resinas e óleos torna-o tóxico ou repelente em relação aos predadores da madeira.

Contudo, é desaconselhável e antieconómica a prática rotineira de retirar todo o borne (branco das árvores) e considerá-lo como impróprio para a construção; desaconselhável não só do ponto de vista económico, pois a proporção do borne varia, conforme a espécie, de 25 a 50% de lenho, mas também do ponto de vista tecnológico, porque o borne é a parte que melhor se deixa impregnar por produtos anti-deteriorantes nos processos de preservação da madeira, além de apresentar características mecânicas satisfatórias.

3.4. Medula

É o núcleo do lenho. O tecido é mole e esponjoso, muitas vezes já apodrecido. Não tem nem resistência mecânica nem durabilidade; a sua presença em peças serradas constitui um defeito.

3.5. Raios lenhosos

São conjuntos de células lenhosas transversais radiais cuja função principal é o transporte e armazenamento de nutrientes. Nas secções radiais ou tangenciais de determinadas espécies aparecem como um "espelhado" com um bonito efeito estético e decorativo: por exemplo no carvalho, cedro, louro, etc. A sua presença, quando significativa, é vantajosa na medida em que funcionam como uma amarração transversal das fibras, impedindo que "trabalhem" exageradamente frente a variações de teor de humidade (Uriartt, 1992; LNEC E31).

4. ESTRUTURA FIBROSA DO LENHO

O lenho é constituído por vários tipos de células elementares cujas dimensões, forma e agrupamentos variam de acordo com a sua localização no lenho e a espécie lenhosa.

A constituição diferenciada do tecido lenhoso é a causa do comportamento anisotrópico da madeira e da sua heterogeneidade quer em relação às várias espécies quer em função da localização no mesmo toro.

O lenho das resinosas e das folhosas tem uma constituição diferente.

Resinosa: árvore do grupo das Gimnospérmicas, de folhas lineares (abeto), aciculares (pinheiro) ou escamiformes(cipreste).A maioria pertence à classe das coníferas.

Folhosa: árvore do grupo das Angiospérmicas, de folhas geralmente planas e largas. Exs:carvalho, castanheiro, Faia.

4.1. Lenho das resinosas

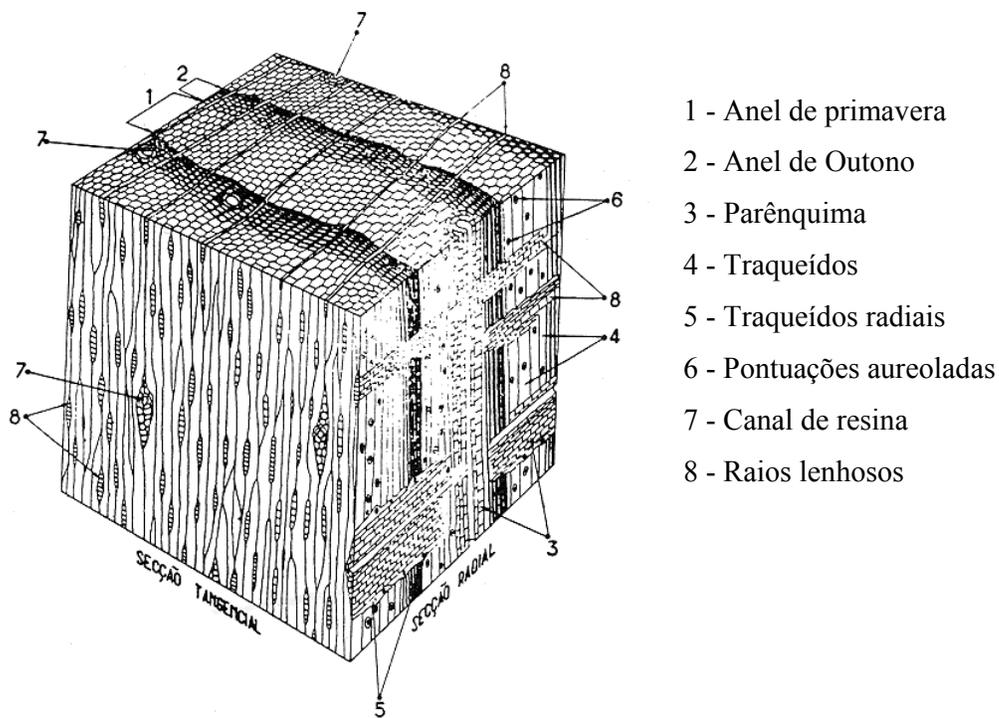


Figura 6 - Estrutura do lenho de uma resinosa (LNEC E31).

Lenho de uma resinosa {
Traqueídeos
Raios lenhosos
Canais de resina

1 - *Traqueídeos:*

O lenho das resinosas é composto quase na totalidade pelo prosênquima que é um tecido formado de traqueídeos que são células alongadas de diâmetro quase constante, semelhantes a tubos finos e que desempenham uma função dupla de condução da seiva e suporte mecânico.

Os traqueídeos, designados tecnicamente por fibras, podem ser traqueídeos longitudinais ou radiais e tem pontuações aureoladas que consistem em depressões, sensivelmente troncocónicas de uma das camadas da parede celular.

2 - Raios lenhosos

Além dos traqueídeos, existem também numerosas linhas finas e claras que se desenvolvem radialmente - os raios lenhosos e que conduzem e/ou armazenam substâncias nutrientes no sentido radial do tronco.

Os raios lenhosos constituem o parênquima radial. O tecido do parênquima, disposto segundo a direcção geral das fibras designa-se por parênquima longitudinal. O parênquima é, portanto, um tecido de células curtas providas de paredes relativamente pouco espessas, disseminado no seio do prosênquima e destinado principalmente à distribuição e reserva das substâncias nutrientes (hidratos de carbono).

3 - Canais de resina

As resinosas ainda contém os canais resiníferos que são limitados por células secretoras de resina.

4.2. Lenho das folhosas

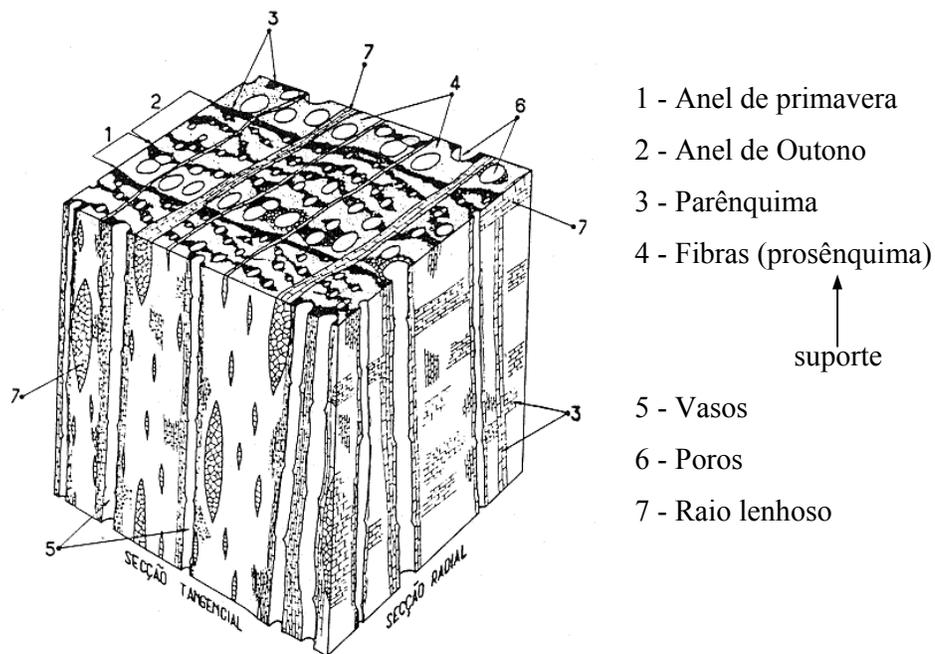
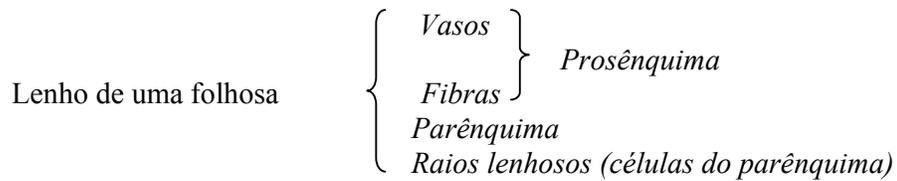


Figura 7 - Estrutura do lenho de uma folhosa.(LNEC E31).



1 - Vasos:

Vasos, são tubos longitudinais de células do prosênquima que é o tecido que forma, nas folhosas grande parte do lenho. Cada vaso é formado de células longitudinais e tubulares justapostas, visíveis a olho nu, abertas nas extremidades e justapostas. Permitem o fluxo da seiva através do lenho.

2 - Fibras:

As fibras, dispostas longitudinalmente no caule, são células com extremidades afiladas, diâmetro variável e reduzido. No seu conjunto, fortemente aglomeradas, constituem os elementos de resistência e sustentação da árvore. As características mecânicas da madeira produzida estão estreitamente ligadas à compacidade, textura e disposição do tecido fibroso. As fibras são células do prosênquima.

3. Parênquima

O parênquima é um tecido de células curtas providas de paredes relativamente pouco espessas disseminado no seio do prosênquima, destinado principalmente à distribuição e reserva de hidratos de carbono.

4. Raios lenhosos

Os raios lenhosos são faixas de células do parênquima dispostas em fiadas radiais. A sua presença implica uma amarração das fibras no sentido radial, alterando as características nesta direcção.

5. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A composição química da madeira varia muito pouco e qualquer que seja a espécie, no estado anidro, a sua composição média é a seguinte:

Carbono	49%
Hidrogénio	6%
Oxigénio	44%
Azoto	1%
Cinzas (matéria mineral)	1%

Segundo a sua natureza, a madeira é constituída por cerca de 60% de celulose que é constituída por hidratos de carbono (carbono, oxigénio e hidrogénio) e que constitui a maior parte das paredes das células), por cerca de 28% de lenhina (substância dura e corada, impermeável, pouco elástica de resistência mecânica apreciável e insensível à humidade e temperaturas habituais, sendo os outros constituintes óleos, resinas, açúcares, amidos, taninos, substâncias nitrogenadas, sais inorgânicos e ácidos orgânicos (Sampaio, 1995/76; Uriartt, 1992).

6. IDENTIFICAÇÃO

As madeiras são identificadas pela sua nomenclatura comercial e designação botânica que pode ser completada em laboratório por microscopia comparando lâminas da madeira em questão, que são tratadas (secas e coloridas) e comparadas com lâminas-padrão ou com um atlas de microfotografias (NP890; Uriartt, 1992; Machado, 1996).

As principais madeiras de utilização corrente, provenientes ou não de Portugal, e a sua principal aplicação encontram-se referidas no Quadro 1 para as espécies folhosas e Quadro 2 para as resinosas (LNEC E31; Machado, 1996; FICHAS do LNEC, Madeiras para construção M3 a M9).

Quadro 1 - Madeiras de folhosas mais usadas e sua principal aplicação.

Designação portuguesa	Origem	Principal aplicação
Acácia Austrália	Europa	Construção civil Marcenaria Tanoaria
Buxo	Europa	Tornearia
Carvalho roble	Europa	Tanoaria Marcenaria
Castanho	Europa	Mobiliário Decoração Tanoaria
Cerejeira	Europa	Marcenaria
Choupo negro	Europa	Pasta de papel Fósforos Carpintaria de limpos
Eucalipto comum	Ásia	Pasta para papel Travessas caminhos de ferro Construção civil Mobiliário
Faia	Europa	Material de escritório

Designação portuguesa	Origem	Principal aplicação
Freixo do Sul	Europa	Cabos para ferramentas Material para desporto Mobiliários
Nogueira	Europa	Mobiliário
Plátano comum	Europa	Marcenaria
Sobro (sobreiro)	Europa	Tacos
Ulmo	Europa	Marcenaria
Bissilão (mogno africano)	África	Marcenaria Construção civil
Câmbala	África	Marcenaria Decoração Pavimentos Trabalhos hidráulicos (condutas) Construção naval Construção civil Carpintaria de limpos
Limba	África	Contraplacados Construção aeronáutica
Menga-menga (memenga)	África	Marcenaria
Missanda (muave, tali)	África	Carpintaria
Tola branca	África	Contraplacados e lamelados Marcenaria Guarnecimentos Construção naval Carpintaria de limpos
Umbila (ambila, mecurambira)	África	Marcenaria Decoração Contraplacados
Undianuno (mogno africana)	África	Carpintaria de limpos Folheados Contraplacados Marcenaria Pavimentos
Andiroba	América	Marcenaria
Freijó (louro pardo)	América	Marcenaria
Macacaúba	América	Carpintaria de limpos Mobiliário Tacos
Peroba	América	Marcenaria Carpintaria de limpos
Sucupira	América	Marcenaria Carpintaria de limpos
Teca (sailô, jati)	Ásia	Construção naval Carpintaria de limpos

Quadro 2 - Madeiras de resinosas mais usadas e sua principal aplicação.

Nome comercial		Principal aplicação
Pinho bravo	Europa	Construção Civil Carpintaria Caixotaria
Cipreste do buçaco	Europa	Marcenaria Material de desenho
Pinho manso (pinho branco)	Europa	Construção naval
Criptoméria	Ásia/Europa	Carpintaria de limpos Fabrico de lamelados Pré-fabricação
Casquinha (pinho silvestre)	Europa	Pasta de papel Construção civil Marcenaria (peças maciças ou contraplacado) Caixotaria
Pitespaine	América	Construção naval Construção civil

NOTA1: Para informação mais detalhada consultar a especificação do LNEC E31, "TERMINOLOGIA DE MADEIRAS" ; a norma portuguesa NP890, "MADEIRAS DE RESINOSAS. Nomenclatura comercial"; "MADEIRAS DE FOLHOSAS E RESINOSAS. Nomenclatura comercial" - José Saporiti Machado, LNEC, Lisboa, 1996 e Fichas LNEC Madeiras para construção M3, M4, M5, M6, M7 e M8.

NOTA2: Carpintaria de limpos - Carpintaria que produz peças para se utilizarem como guarnecimentos, portas e janelas.

NOTA3: Lamelados - estruturas internas de móveis e de portas planas.

NOTA4: Pré-fabricação - elementos construtivos leves que não sejam destinados a suportar esforços mecânicos elevados ou submetidos a desgaste, tais como madeiramentos interiores tábuas de forro, divisórias ligeiras, etc..

7. PRODUÇÃO

A produção da madeira em geral inclui as seguintes operações:

- 1.Abater
- 2.Torar
- 3.Falquejar
- 4.Serrar

7.1. Abate

Consiste na operação de deitar por terra a árvore. Esta operação deve ser realizada no Inverno.

A época do corte não tem influência na resistência mecânica da madeira produzida, mas tem grande importância na durabilidade. A madeira cortada durante o **inverno** seca melhor e mais lentamente, evitando o aparecimento de fendas e rachas que são vias de acesso para os agentes da deterioração. Além disso, o Inverno corresponde a uma paralisação na vida vegetativa das árvores, quando contêm menos seiva elaborada, amido e fosfato que nutrem os fungos e os insectos destruidores da madeira.

7.2. Torar

Consiste na operação de cortar transversalmente em troços (toros) o tronco abatido, desramado e despontado (sem a parte superior). Nalgumas espécies os toros são descascados e descortiçados nesta fase.

7.3. Falquejar

Consiste na operação de converter um toro em falca, isto é num toro esquadriado em que a secção é aproximadamente rectangular por remoção de quatro costaneiras.

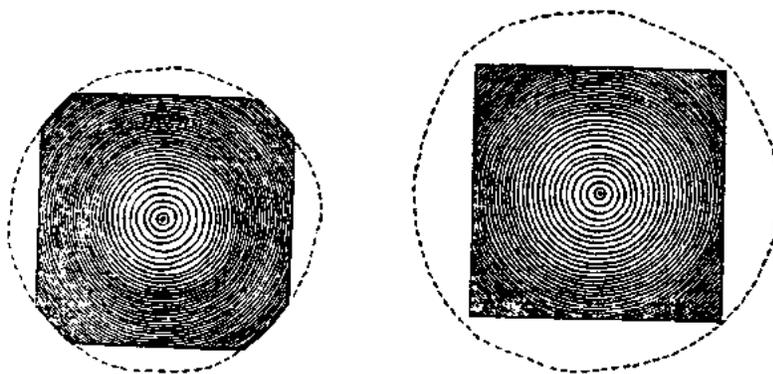


Figura 8 - Falca de meia quadra (uma ou mais arestas com descaio)
à esquerda e falca de aresta viva, à direita.

7.4. Serrar

Esta operação consiste em subdividir um toro ou uma peça de madeira por cortes longitudinais ou em série. A serração pode ser por exemplo realizada por cortes longitudinais paralelos (desfiar) ou por cortes normais aos anéis de crescimento (serração radial) - Figura 9.

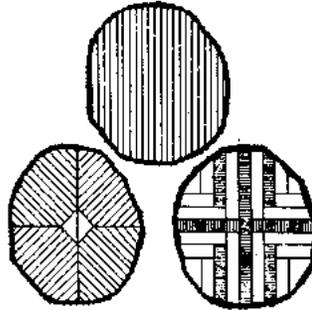


Figura 9 - Serração normal (desfiar), serração radial e mista.

8. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS MADEIRAS

8.1. Factores que influenciam a variabilidade das Propriedades Físicas e Mecânicas

A escolha da madeira de uma determinada espécie lenhosa para um determinado uso, somente poderá ser realizada, com economia e segurança, conhecendo-se os valores médios que definem o seu comportamento físico e sua resistência às solicitações mecânicas.

Esse conhecimento indispensável é adquirido como resultado da realização de **numerosos** ensaios sobre amostras representativas de madeira da espécie lenhosa em questão.

Tais ensaios devem, necessariamente, levar em consideração todos os factores que influenciam a variação das características do material, tanto os factores naturais, decorrentes da própria natureza do material, como os factores tecnológicos, decorrentes da técnica de execução dos ensaios.

8.1.1 - Factores naturais que influenciam as características da madeira

1. *a espécie botânica da madeira* - a estrutura anatómica e a constituição do tecido lenhoso, primeiros responsáveis pelo comportamento físico-mecânico do material, variam de espécie para espécie lenhosa. Daí ser necessária a perfeita identificação botânica da espécie a ser qualificada;

2. *a massa volúmica do material* - a massa volúmica aparente é um índice da distribuição ou concentração de material existente e resistente no tecido lenhoso. A massa volúmica da madeira permite estimar valores de outras propriedades com ela relacionadas por aplicação de fórmulas determinadas experimentalmente, por correlação;

3. *a localização da peça no lenho* - o resultado de qualquer ensaio sofre alterações conforme o provete é extraído do cerne, do borne, próximo das raízes ou próximo da copa. De facto são notáveis as alterações do tecido lenhoso e a massa volúmica, conforme as diferentes zonas do lenho;

4. *a presença de defeitos* - a presença de defeitos (nós, fendas, fibras torcidas, etc.), dependendo de sua distribuição, dimensões e, principalmente, de sua localização, provoca consideráveis anomalias no comportamento físico-mecânico da peça.

5. *a humidade* - a madeira é constituída por fibras de paredes celulósicas hidrófilas, pelo que o grau de humidade determina profundas alterações nas propriedades do material. Assim, apresentará o máximo de resistência mecânica quando completamente seca, o mínimo quando completamente saturada e valores intermediários para diferentes teores de humidade entre esses dois extremos.

8.1.2 - Factores tecnológicos (técnica de execução dos ensaios)

Os factores tecnológicos que influenciam a variação dos resultados são aqueles que resultam do procedimento dos ensaios: forma e dimensões dos provetes, orientação das forças aplicadas em relação aos anéis de crescimento e velocidade de aplicação das cargas. Esses factores dizem respeito à distribuição de tensões internas nas peças,

variável conforme a sua forma e dimensões, e às respostas anisotrópicas do material decorrentes de sua estrutura fibrosa orientada.

8.2. Normalização

A influência dos factores na variabilidade das propriedades do material conduzem à necessária normalização dos ensaios sobre provetes de madeira para que os resultados obtidos sejam comparáveis.

Presentemente um dos objectivos dos países da Europa, em termos de normalização, é a implementação de normas sobre madeiras, sua utilização e durabilidade. Algumas normas ainda se encontram em fase de projecto (pr), outras em fase de apreciação (ENV) ou já tem carácter definitivo (EN).

Cada país europeu tem como missão traduzir e adaptar cada norma. Em Portugal essa missão está a ser levada a cabo e o LNEC tem vindo a publicar, paralelamente, as "Fichas de madeira para construção" cujo objectivo é dar indicações sobre as propriedades da madeira face à utilização prevista e os parâmetros a especificar.

De toda a normalização referida destacam-se os seguintes documentos:

ENV 1995-1-1:1993 – Eurocódigo 5 – Projecto de estruturas de madeira.

Ensaaios de caracterização mecânica e física:

EN 408:1995- Timber structures - Structural Timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties.

EN 384:1995- Structural Timber - Determination of characteristic values of mechanical properties and density.

Classificação em classes de Qualidade ou de Resistência:

EN 338:1995 - Structural Timber-Strength classes.

EN 518:1995 - Structural Timber - Grading-Requirements for visual strength grading standard.

EN 519:1995 - Structural Timber Grading-Requirements for machine strength graded timber and grading machines.

PrEN 1912:1995 - Structural Timber - Strength classes – Assignement of visual grades and species.

NP 4305:1995 – Madeira serrada de pinheiro bravo para estruturas. Classificação visual. (Esta norma foi elaborada de acordo com a EN 518). As características mecânicas do pinho bravo são apresentadas na Ficha LNEC M2.

Dimensões:

EN 1313: 1996 – Round and sawn timber – Permitted deviations and preferred sizes – Part 1: softwood sawn timber.

Durabilidade natural:

EN 350-2: 1994 – Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood – Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.

Classes de risco:

NP EN 335-1: 1994 - Durabilidade da madeira e de produtos derivados. Definição das classes de risco de ataque biológico - Parte 1: Generalidades.

NP EN 335-2: 1994 - Durabilidade da madeira e de produtos derivados. Definição das classes de risco de ataque biológico - Parte 2: Aplicação à madeira maciça.

Tratamento preservador:

(Se necessário utilizar um tratamento preservador para aumentar a durabilidade natural é preciso conhecer a sua impregnabilidade, isto é, a facilidade de impregnação da madeira por produtos líquidos preservadores:)

EN 350-2 (já referida).

Produtos preservadores:

EN 599-1: 1995 - Durability of wood and wood-based products. Performance of preservative wood preservatives as determined by biological tests - Part 1: Specifications according to hazard class.

EN 599-2: 1995 - Durability of wood and wood-based products. Performance of preservative wood preservatives as determined by biological tests - Part 2: Classification and labeling.

NP 2080: 1985 - Preservação de madeiras. Tratamento de madeiras para construção.

Processos de tratamento:

EN 351-1: Durability of wood and wood-based products – Preservative treated solid wood - Part 1: Classification of preservative penetration and retention.

NP 2080: 1995 (já referida).

Anexo A da EN 599-1 (já referida).

Refere-se ainda que tem sido elaboradas pelo L.N.E.C. Fichas com o título *madeira para construção*, nomeadamente:

M1 Especificação de Madeiras para estruturas. Lisboa, 1997.

M2 Pinho bravo para estruturas. Lisboa, 1997.

M3 Câmbala. Lisboa, 1997.

M4 Casquinha Lisboa, 1997.

M5 Criptoméria. Lisboa, 1997.

M6 Eucalipto comum. Lisboa, 1997.

M7 Tola branca. Lisboa, 1997.

M8 Undianuno. Lisboa, 1997.

M9 Humidade na madeira, Lisboa, 1997.

M10 Revestimentos por pintura de madeira para exteriores. Lisboa, 1997.

8.3. Propriedades Físicas

8.3.1 - Humidade

A água, que nas árvores é condição de sobrevivência do vegetal, existe na madeira em três estados: **água de constituição**, **água de embebição** e **água livre**.

a) A **água de constituição** encontra-se em combinação química com os principais constituintes do material lenhoso. Não é eliminada na secagem.

Quanto à madeira que só contém água de constituição, diz-se **anidra** (seca em estufa).

b) A **água de embebição** impregnada nas paredes células lenhosas: provoca um considerável expansão dessas paredes levando a uma alteração notável de volume da peça de madeira com a variação da água de embebição. Todo o comportamento físico-mecânico do material fica alterado com a presença ou a variação da água de embebição. De facto por exemplo para a resistência à compressão, pode-se verificar uma variação de 4 a 5% e para a resistência à flexão, uma variação de 2% a 4% quando a humidade varia de 1% (água de embebição).

Quando as paredes das células **estão completamente saturadas de água de embebição**, mas a água **ainda não extravasou** para os vazios celulares (sem água livre), diz-se que a madeira atingiu o **ponto de saturação das fibras (PSF)** (Figura 10c). Para a maioria das espécies o **PSF** situa-se entre os 25 e 30%

c) Depois de embeber completamente as paredes das células, a água começa a encher os vazios capilares: é esta a **água livre**. Nem a presença nem a retirada dessa água livre causam **qualquer alteração** dimensional do material. Nesta situação a humidade da madeira é superior ao ponto de saturação das fibras (**PSF**).

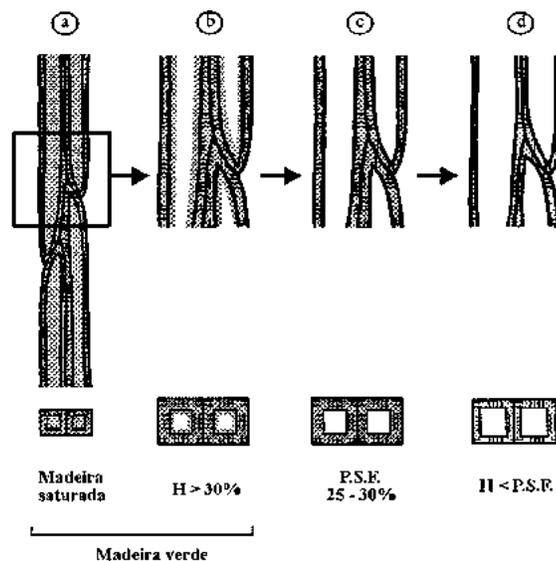


Figura 10 – Fases de secagem da madeira (M9).

No abate, as madeiras têm um teor de humidade da ordem de 52% para as folhosas e 57% para as resinosas. No entanto, em alguns casos pode conter mais de 100% nas madeiras muito leves e atingir os 200% ou mais, em madeiras imersas.

Fazendo-se a secagem, enquanto o valor da humidade se mantém acima do **PSF** apenas se verifica a redução do peso da madeira, não havendo praticamente quaisquer alterações nas suas dimensões. Pelo contrário, quando o teor de água desce abaixo do **PSF** as paredes perdem água, pelo que se contraem, ou seja, começam a diminuir de espessura, iniciando-se assim o fenómeno da retracção (Figura 10d). Esta fase de secagem pode demorar de algumas semanas a muitos meses, dependendo da espécie, da espessura das peças, do teor de água pretendido e do processo de secagem seguido:

Secagem {
natural - ao ar livre
artificial - em estufa

Considera-se a madeira "**comercialmente seca**" logo que o seu teor de água atinja os 20%.

Pelo processo de secagem ao ar o teor de água pode descer até cerca de 18 a 14%, dependendo das condições ambientais.

Para utilizações que requerem teores de água baixos, por exemplo (8 a 12%), é geralmente necessário proceder a uma secagem artificial.

Do ponto de vista de sua utilização, conforme o seu teor de humidade, as madeiras classificam-se portanto em:

Madeira verde: acima do **PSF**, mais de 30% em geral (PSF entre 25 e 30%).

Madeira comercialmente seca: quando $h \leq 20\%$.

Madeira seca ao ar: $14\% \leq h < 18\%$.

Madeira dessecada: $0\% < h < 14\%$ (em geral, só por secagem artificial).

Madeira anidra: com 0% de humidade.

Abaixo de 20% a madeira pode considerar-se ao abrigo do ataque dos agentes de destruição, sendo este teor o mínimo necessário como ambiente favorável à proliferação de fungos e bactérias.

Determinação da humidade:

A humidade ou teor em água de um provete de madeira pode ser determinado segundo a norma portuguesa NP614 - "MADEIRA. Determinação do teor em água" e define-se como:

- Cociente, expresso em percentagem, da massa da água que se evapora do provete por secagem em estufa, a $103^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ até massa constante, pela massa do provete depois de seco.

Sendo:

m_1 - a massa do provete húmido, expressa em gramas,

m_2 - a massa do provete seco, expressa em gramas,

o teor em água, expresso em percentagem, é:

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

A determinação do teor de água por secagem em estufa é o método usado para verificações laboratoriais ou sempre que se exigir uma avaliação rigorosa.

Para aplicações práticas recorre-se normalmente a métodos expeditos que permitem uma leitura instantânea da humidade, como sejam os humidímetros de agulhas ou de contacto-Figura 11.

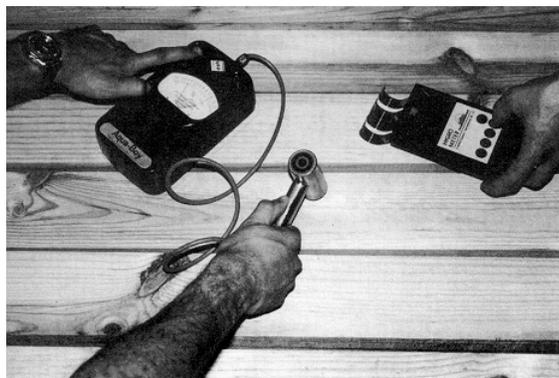


Figura 11 – Exemplos de Humidímetros (LNEC M9).

8.3.2 - Retracção

Chama-se retracção a propriedade da madeira de alterar as dimensões quando o seu teor de água se modifica. Esta instabilidade constitui um dos mais graves defeitos da madeira; diz-se que a madeira joga, inchando ao absorver humidade, contraíndo-se se ao perdê-la.

A madeira, predominantemente anisotrópica e heterogénea, não apresenta os mesmos valores de retracção segundo as três direcções principais, axial ou longitudinal, tangencial e radial – Figura 11.

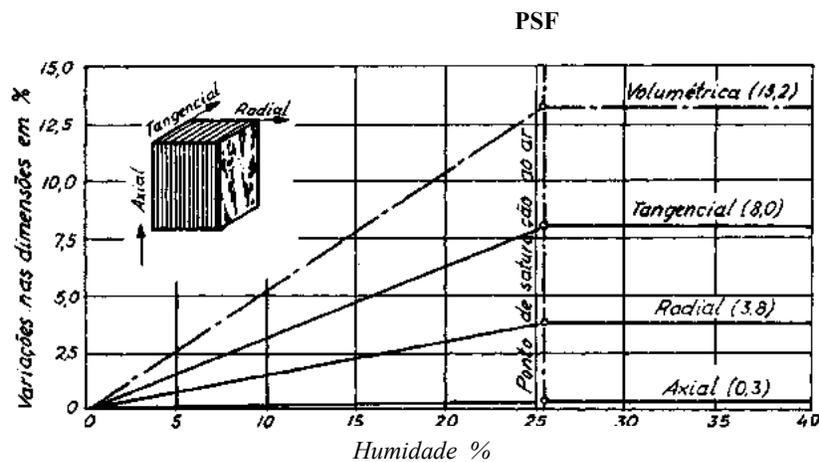


Figura 11 – Exemplo de curvas de retracção.

A retracção axial é praticamente nula sendo a tangencial cerca do dobro da radial e a volumétrica sensivelmente igual à soma das retracções lineares segundo a direcção axial, radial e tangencial.

Quando uma madeira passa do estado de saturação das fibras ($PSF \cong 30\%$) ao estado anidro ($H=0\%$) diminui de volume. Essa diminuição de volume dividida pelo volume no estado anidro designa-se por **retracção volumétrica total** e é expressa em percentagem.

O **Coefficiente unitário de retracção volumétrica** é a retracção volumétrica total por variação de 1% do teor de humidade.

Do mesmo modo define-se **Coefficiente unitário de retracção numa dada direcção** como sendo a variação de dimensão da peça de madeira nessa direcção, que ocorre por cada 1% de variação do teor de água no intervalo entre 0% e o PSF.

Sendo a retracção tangencial pelo menos duas vezes maior que a radial, as deformações nas peças são mais ou menos importantes conforme o modo de se fazer o corte - Figura 12.

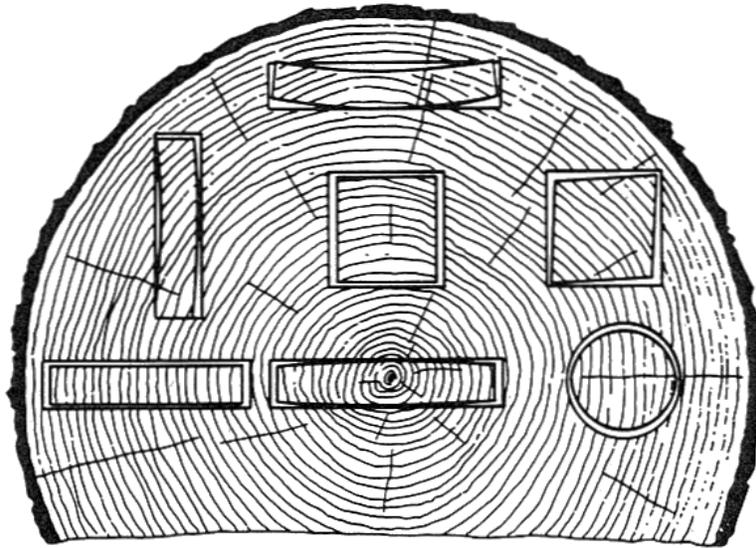


Figura 12 - Efeitos da retracção em peças de madeira.

Para atenuar os inconvenientes da retracção,

- devem aplicar-se madeiras de retracção reduzida;
 - o corte das peças deve ser radial;
 - nas grandes superfícies, convém realizar uma armação cujo interior é preenchido com contraplacados ou por painéis com a maior dimensão paralela às fibras;
 - deve impermeabilizar-se as superfícies com vernizes e pinturas.
- a madeira deve ser empregue com o grau de humidade correspondente ao meio onde vai ser utilizada; isto é, o seu teor de água, quando aplicada, deve ser tanto quanto possível próximo do correspondente à situação de equilíbrio (teor de água de equilíbrio) média para o local - Figura 13.

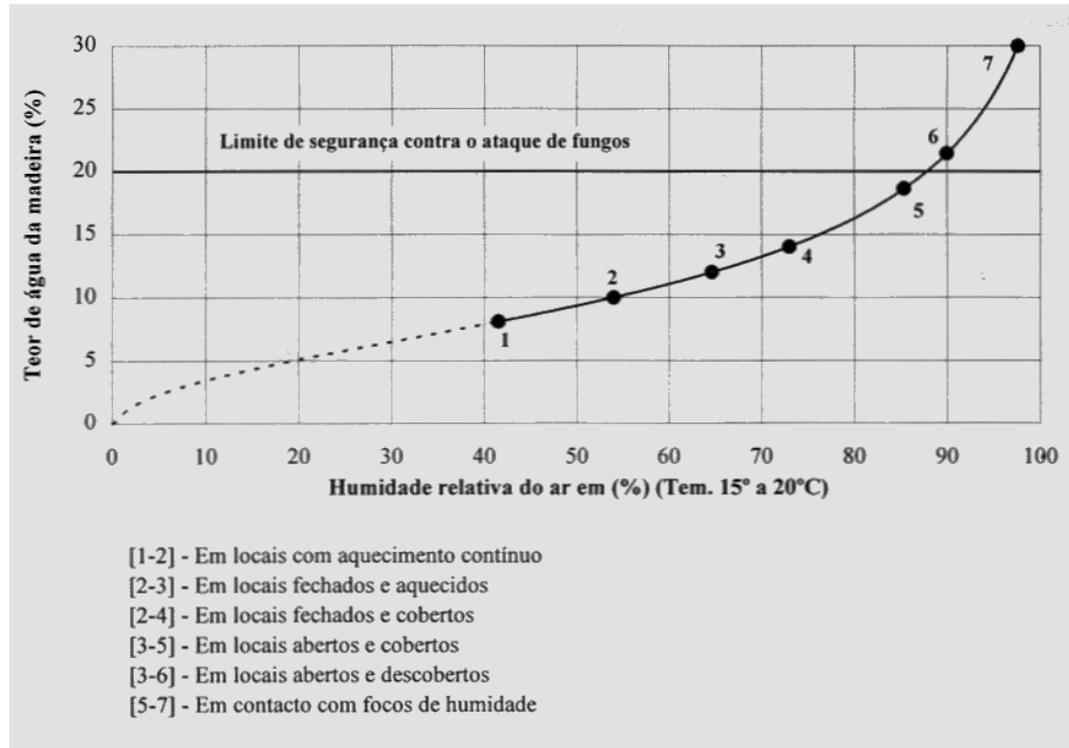


Figura 13 - Gama de variação esperada para o teor de água de equilíbrio da madeira consoante o local de aplicação (LNEC, M1).

8.3.3 - Massa volúmica

A massa volúmica a H% de teor em água de um provete de madeira é o quociente da massa do provete pelo seu volume, ambos os valores determinados com o provete a H% do teor em água. A massa do provete é determinada por pesagem e o volume por medição das arestas, utilizando-se em geral provetes de forma cúbica de 20 mm de aresta, da madeira sã e isenta de nós (NP 616, 1973).

A massa volúmica da madeira varia desde 100 a 1500 kg/m³ (para um teor de água de 12%). Apresentam-se alguns valores no Quadro 4.

É possível **estimar** a massa volúmica para outro teor de água, pelo ábaco apresentado na Figura14, designado por ábaco de Kollmann.

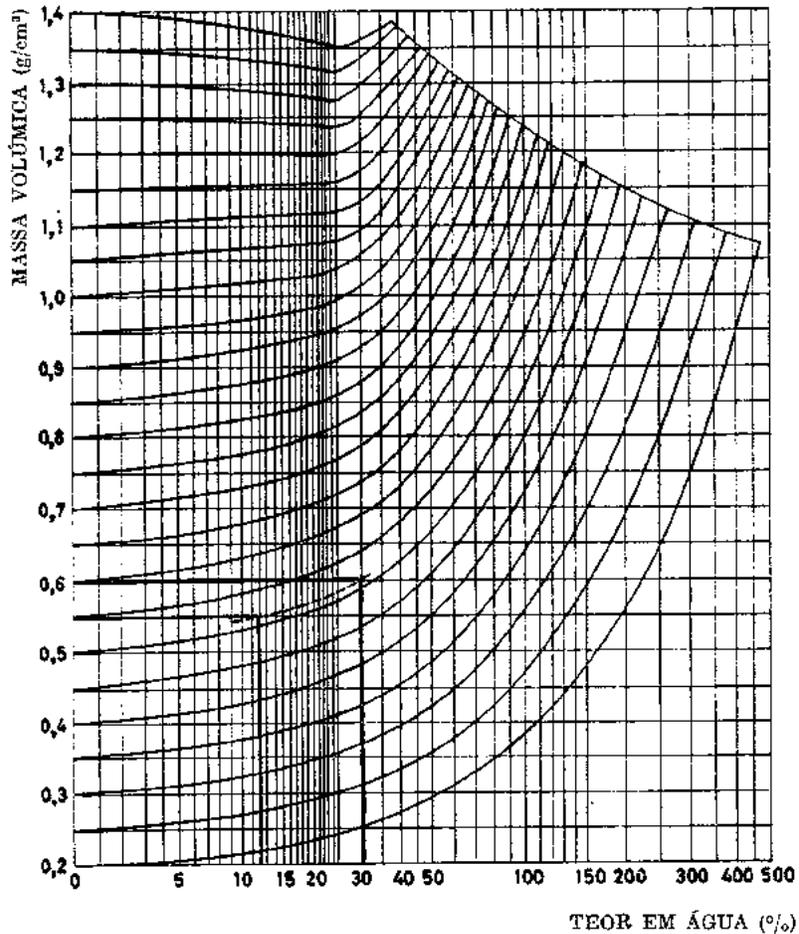


Figura14 - Ábaco de Kollmann.

8.3.4 - Dilatação térmica, condutibilidade eléctrica, condutibilidade térmica e inflamabilidade

Dilatação térmica

A madeira, como a maior parte dos corpos sólidos, pode dilatar-se sob os efeitos do calor; mas as variações de dimensões são pequenas e desprezáveis na prática, em face das variações inversas devidas à retracção. Tomando como condições iniciais a temperatura de 0° e a humidade de 0%, os coeficientes de dilatação são:

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,05 \times 10^{-4} \text{ na direcção axial ou longitudinal} \\ \alpha &= 0,50 \times 10^{-4} \text{ nas direcções radial ou tangencial} \\ \alpha &= 1 \times 10^{-4} \text{ coeficiente de dilatação volumétrico.}\end{aligned}$$

Condutibilidade eléctrica

Esta propriedade depende sobretudo do grau de humidade. A resistividade diminui com o aumento da humidade H, como se pode observar no Quadro 3.

Quadro 3: - Resistividade transversal: valores médios.

Teor em água %	Resistividade $M\Omega \times cm$
7	22000
10	600
15	40
25	0,5

Note-se que para um grau determinado de humidade, a resistividade depende da espécie, da direcção e da massa volúmica. A resistividade na direcção transversal é de 2 a 4 vezes maior do que na direcção axial e um pouco superior à resistividade na direcção radial.

Condutibilidade térmica

A madeira é um excelente isolante térmico. Uma parede dupla de tijolos de 22 cm com 4 cm de caixa de ar, tem um coeficiente de transmissão $k=0,97$; Duas paredes de 3 cm cada de madeira, com 4 cm de caixa de ar, tem um coeficiente $k=0,98$.

O grau de isolamento térmico que este material proporciona justifica que nos países frios as casas sejam de madeira ou revestidas a madeira.

Inflamabilidade

A madeira arde espontaneamente a cerca de 275° , desde que haja oxigénio suficiente para se realizar a combustão. A combustão inicial é apenas superficial, formando-se uma camada meia calcinada que, se a temperatura se mantiver nos 275° , quando atinge 1 cm de espessura protege o resto da madeira. Desde que o elemento tenha mais de 2,5 cm de espessura conservará uma certa solidez.

Por outro lado, num incêndio normal, a velocidade de combustão da madeira é de 1 cm por quarto de hora: um barrote poderá resistir cerca de 1 hora.

Se a temperatura aumenta, a madeira continua a arder e pode mesmo alimentar o incêndio; no entanto, consome-se lentamente, e conserva durante um certo tempo as

suas características mecânicas, mesmo a 1000°-1100°, enquanto o aço começa a perder a sua resistência e a deformar-se a partir de 200°-300°C. Em todas as obras importantes em madeira, onde possa reaar-se um incêndio, as peças com menos de 2,5 cm de espessura não devem ser utilizadas. A menos que recebam tratamento antifogo.

(Sampaio 75/76; Petrucci, 1994)

8.4. Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas da madeira apresentam uma grande variabilidade em virtude, sobretudo, da sua estrutura não homogênea, da presença de defeitos, do grau de humidade e das condições de ensaio. Existem dois modos de avaliar a resistência mecânica da madeira:

1 - O primeiro, usado até cerca de 1975, consiste em avaliar a resistência mecânica a partir de **provetes pequenos** (20 x 20 mm de secção transversal) e **sem defeitos** (Construction Materials, 1994).

Apresentam-se no Quadro 4 valores médios de propriedades físicas e mecânicas em provetes pequenos e sem defeitos, das espécies mais utilizadas em Portugal.

Quadro 4 – Valores médios de propriedades físicas e mecânicas em provetes pequenos e sem defeitos (LNEC M1 a M9,1997).

Valores médios (para H=12%) provetes pequenos e sem defeitos		Pinho bravo	CÂMBALIA Milícia régia	CÂMBALIA Milícia excelsa	CASQUINHA Redwood	CASQUINHA Scotspine	Criptoméria	Eucalipto comum	Tola branca	Undianuno
		R	F	F	R	R	R	F	F	F
Propriedades Físicas										
Massa volúmica (Kg/m ³)		530-600	580	620	400	530	280	750-850	480	520-720
Coeficientes de retração unitária (%/%)	tangencial	0.36	0.26	0.24	0.19	0.33	0.21	0.36	0.25	0.23
	radial	0.21	0.15	0.17	0.11	0.17	0.04	0.21	0.11	0.13
	volúmica	0.60	0.41	0.41	0.29	0.53	0.26	0.60	0.35	0.36
Propriedades Mecânicas										
Flexão estática	T. rotura (MPa)		98.5	111	69	98	42	127.5	94	85
	M. Elasticidade (GPa)		-	11.27	9.25	11.76	3.7	17.5	8.11	9.8
Tracção longitudinal: T. rotura (MPa)			-	78	-	102	-	-	-	60
Tracção transversal: T. rotura (MPa)			2.1	2.5	1.7	2.9	1.4	3.4	1.7	2.0
Compressão longitudinal: T. rotura (MPa)			47.3	68	42	54	21	49.1	39	45
Corte: T. rotura (MPa)			9.02	10.8	1.5	9.8	4.6	13.7	7.9	7.8
Fendimento: F. unitária rotura (Kgf / cm)			15	-	-	-	20	15	9	-
Dureza (KN)			1.79	3.2	-	-	-	-	-	3.7

Com esta abordagem, considerando provetes pequenos e sem defeitos, a madeira apresenta:

- O diagrama tensões/extensões para esforços de tracção no sentido das fibras é praticamente rectilíneo e a resistência à tracção pode ser da ordem do dobro da resistência à compressão segundo o mesmo sentido.
- Embora neste tipo de ensaios a madeira apresente elevada resistência à tracção no sentido das fibras, já na direcção transversal a resistência é muito pequena, sendo de evitar, na construção, que fique sujeita a este género de esforços.
- Relativamente à compressão axial, isto é, no sentido das fibras, a rotura produz-se quer por esmagamento segundo um plano radial do provete quer por escorregamento segundo um plano, em geral a 45°.
- Quanto à compressão perpendicular às fibras - (transversal) as deformações elásticas são muito pequenas, dando-se grandes deformações por esmagamento da madeira.

É de salientar que os dados fornecidos (quadro 4) e os comentários apresentados dizem respeito à resistência última que pode ser obtida para madeira absolutamente perfeita, sendo possível, nestas condições, fazer comparações entre diferentes espécies.

Na prática os valores têm que ser reduzidos com factores de correcção devido aos defeitos como os nós, descaio, fendas, empeno e outras imperfeições.

2 - A abordagem alternativa, mais recente, consiste em **classificar** previamente a madeira medindo a resistência em peças de dimensão estrutural (com defeitos), eliminando assim a necessidade de utilização de factores de correcção devido a nós e

outros defeitos. A desvantagem deste método é que os ensaios exigem não só maior quantidade de madeira como também equipamento de ensaio muito mais sofisticado (Construction Materials, 1994).

A classificação de madeiras para estruturas destina-se a limitar a gama de variação das propriedades mecânicas apresentadas para uma determinada madeira, proporcionando lotes de material com comportamento mecânico mais previsível. Esta operação baseia-se em **normas de classificação visual**, isto é, avaliação a olho nu dos defeitos da madeira em provetes de dimensão estrutural (de acordo com EN 518: 1995), ou em normas de **classificação mecânica** (de acordo com EN 519, 1995), isto é, também em provetes de dimensão estrutural em que se determina a rigidez por medição da flecha num ensaio de flexão, fazendo-se então uma estimativa da resistência (Construction Materials, 1994).

A resistência da madeira a empregar poderá ser especificada para os diferentes elementos estruturais por uma das seguintes vias:

a) Escolha de uma determinada **espécie** de madeira e especificação da **Classe de Qualidade** pretendida (pressupondo-se o conhecimento das respectivas propriedades mecânicas);

Classe de Qualidade - madeira de uma dada espécie ou de determinado grupo de espécies consideradas equivalentes em termos de comportamento mecânico, classificada numa dada qualidade segundo regras de limitação de defeitos (por exemplo os nós ou o fio inclinado) ou segundo a avaliação de uma propriedade mecânica (por exemplo o módulo de elasticidade). A norma de classificação deve obedecer ao disposto na EN 518 (classificação visual) ou na EN 519 (classificação mecânica) (LNEC M1,1997).

Relativamente à madeira de Pinheiro bravo produzida em Portugal podem especificar-se duas classes de qualidade : Classe EE (Especial para Estruturas) e Classe E (Estruturas), de acordo com a Norma Portuguesa NP 4305, cujas características mecânicas são apresentadas na Ficha LNEC M2: "Pinho bravo para estruturas". Quanto a outras madeiras geralmente utilizadas em estruturas, o prEN 1912 apresenta em anexo uma listagem das normas de classificação visual de madeira aceites e respectivas Classes de Qualidade (madeira para construção, ficha LNEC M1) e no Quadro 5 apresentam-se classes de Qualidade (e de resistência) para algumas madeiras correntemente utilizadas em estruturas (LNEC M1,1997).

Quadro 5 - Classe de Qualidade / Classe de Resistência para algumas madeiras utilizadas em estruturas (LNEC M1,1997).

Madeira	Classe de Qualidade (norma)	Classe de Resistência
Pinho bravo (Pinus pinaster Ait.)	E (NP 4305)	C18*
Casquinha (Pinus silvestris L.)	SS (BS 4978)	C24
	GS (BS 4978)	C16
Espruce (Picea abies Karst.)	S13 (DIN 4074)	C30
	S10 (DIN 4074)	C24
	S7 (DIN 4074)	C16
Câmbala (Milicia excelsa A. Chev. Ou M. regia A. Chev.)	HS (BS 5756)	D40

* Para a classe E do Pinho bravo, recomenda-se a adopção dos valores indicados na Ficha LNEC M2: "Pinho bravo para estruturas".

b) Definição da **Resistência Mecânica** pretendida, especificando a **Classe de Resistência** correspondente.

A especificação por Classe de Resistência permite a selecção das propriedades mecânicas do material a utilizar sem que para isso seja necessário ter conhecimento das madeiras disponíveis no mercado.

Classe de Resistência - conjunto de classes de qualidade, decorrentes de sistemas de classificação (visual ou mecânica) de madeiras para estruturas, representado para fins de dimensionamento pelas mesmas propriedades físicas e mecânicas.

O sistema de Classes de Resistência estabelecido na EN 338 compreende nove classes para as Resinosas e seis para as Folhosas. A separação das madeiras nestes dois grupos reside no facto de as Folhosas, comparativamente às Resinosas, poderem apresentar valores superiores de massa volúmica sem que tal facto corresponda sempre a valores superiores de resistência ou de elasticidade.

Os Quadros 6 e 7 apresentam propriedades mecânicas correspondentes às classes de resistência.

A especificação por esta via pressupõe igualmente que a madeira a empregar tenha sido classificada segundo uma norma ou especificação de classificação visual ou mecânica de madeiras para estruturas, adequada à espécie lenhosa escolhida.

Para o efeito deverá consultar-se o prEN 1912, que indica, para as espécies de madeira correntemente utilizadas em estruturas, as respectivas Classes de Qualidade que correspondem a uma determinada Classe de Resistência. No quadro 5 foram apresentados exemplos concretos da correspondência entre Classes de Qualidade e Classes de Resistência (LNEC M1,1997).

Quadro 6 - Classes de resistência da madeira de resinosas segundo EN 338.

Classe:		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Resistência característica (MPa)										
- flexão		14	16	18	22	24	27	30	35	40
- tracção		8	10	11	13	14	16	18	21	24
	⊥	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
- compressão		16	17	18	20	21	22	23	25	26
	⊥	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
- corte		1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
E _o (GPa)	médio	7	8	9	10	11	12	12	13	14
	característico	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4
Massa volúmica	médio	350	370	380	410	420	450	460	480	500
	característico	290	310	320	340	350	370	380	400	420

Quadro 7 - Classes de resistência da madeira de folhosas segundo EN 338

Classe:		D30	D35	D40	D50	D60	D70
Resistência característica (Mpa):							
- flexão		30	35	40	50	60	70
- tracção		18	21	24	30	36	42
	⊥	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
- compressão		23	25	26	29	32	34
	⊥	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
- corte		3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
E _o (GPa)	médio	10	10	11	14	17	20
	característico	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Massa volúmica	médio	640	670	700	780	840	1080
	característico	530	560	590	650	700	900

Repare-se com esta abordagem (classes resistência/classes de qualidade) em que os provetes de dimensão estrutural, incluem os defeitos, o valor da resistência à

compressão é frequentemente semelhante ao valor da resistência à tracção podendo mesmo ser mais elevado, comportamento muito diferente do observado para provetes pequenos e sem defeitos onde a resistência à tracção pode ser de 2 a 4 vezes superior à resistência à compressão (Construction Materials, 1994).

REFERÊNCIAS:

"Construction Materials - their nature and behaviour", edited by J.M.Illston. Ed FN Spon, 1994.

Bertolini, L; Bolzoni, F.; Cabrini, M. e Pedefferri, P., "Tecnologia dei materiali: ceramici, polimeri e compositi", Ed. CittàStudi, Milano, 1997.

EN338. "Structural timber - Strength classes", 1995.

EN384. "Structural timber - Determination of characteristic values of mechanical properties and density", 1995.

EN408 - Timber Structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of some physical and mechanical properties", 1995.

EN518 - "Structural timber - Grading requirements for visual strength grading standard", 1995.

EN 519 - "Structural timber - Grading requirements for machine strength graded timber and grading machines", 1995.

Fichas do LNEC - Madeiras para construção:

M1 Especificação de Madeiras para estruturas. Lisboa, 1997.

M2 Pinho bravo para estruturas. Lisboa, 1997.

M3 Câmbala. Lisboa, 1997.

M4 Casquinha Lisboa, 1997.

M5 Criptoméria. Lisboa, 1997.

M6 Eucalipto comum. Lisboa, 1997.

M7 Tola branca. Lisboa, 1997.

M8 Undianuno. Lisboa, 1997.

M9 Humidade na madeira, Lisboa, 1997.

M10 Revestimentos por pintura de madeira para exteriores. Lisboa, 1997.

LNEC E31. "Terminologia de madeiras", Lisboa, 1955.

Machado, J. Saporiti. "MADEIRAS DE FOLHOSAS E RESINOSAS. Nomenclatura comercial", LNEC, Lisboa, 1996.

Mateus, Tomás. "Bases para dimensionamento de estruturas de madeira", Memória nº 179, LNEC, Lisboa, 1961.

Mateus, Tomás. "O emprego da madeira de pinho bravo em estruturas". Memória nº500, LNEC, Lisboa, 1978.

NP80. "MADEIRAS DE RESINOSAS. Nomenclatura Comercial", 1972.

NP616. "MADEIRAS. Determinação da massa volúmica", 1973.

NP4305. "Madeira serrada de pinheiro bravo para estruturas. Classificação visual", 1995.

Petrucci, Eládio. "Materiais de Construção".9ª edição. Globo, Brasil, 1975.

PrEN1912 - "Structural Timber - Strength classes - Assignment of visual grades and species", 1996.

Sampaio, Professor Joaquim C. "Apontamentos das aulas teóricas de Materiais de Construção", FEUP, Porto, 1975/76.

Smith, William F. "Principles of Materials Science and Engineering". Mc Graw-Hill International, 2nd Edt, 1990.

Uriartt, Professor Adamastor A. "A madeira como material de construção". Capítulo 17. Materiais de Construção 2. L.A. Falcão Bauer - Livros Técnicos e Científicos Editora, 4ª edição, Rio de Janeiro, Brasil, 1992.