



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ  
ENGENHARIA CIVIL**

**RAFAELA FERNANDES MONTEIRO**

**A APLICAÇÃO DA MADEIRA COMO ELEMENTO CONSTRUTIVO NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**UBÁ/MG**

**2015**

**RAFAELA FERNANDES MONTEIRO**

**A APLICAÇÃO DA MADEIRA COMO ELEMENTO CONSTRUTIVO NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.  
Orientador: Me. Enoque Pereira da Silva.

**UBÁ/MG**

**2015**

# A APLICAÇÃO DA MADEIRA COMO ELEMENTO CONSTRUTIVO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

## Resumo

A madeira é um material de construção empregado pelos homens desde épocas pré-históricas, sempre muito utilizada e às vezes combinada com outros materiais. Porém, devido ao aparecimento de outros materiais, ela foi perdendo seu espaço na construção civil. O presente trabalho tem objetivo mostrar a aplicação da madeira como elemento construtivo na construção civil e apresentar as técnicas construtivas ressaltando suas qualidades físicas e sustentáveis. A madeira é um excelente material de construção, confere praticidade e rapidez na execução, além de ser um material sustentável, desde que assegurada sua procedência. As técnicas construtivas utilizadas nas construções de residências de madeira são simples e permitem aproveitar da melhor forma as características do material, mas é necessário conhecer suas propriedades físicas para se fazer um projeto de estrutura de madeira, porque estas podem influenciar significativamente no desempenho e resistência da madeira utilizada. São vários os fatores que contribuem para o emprego deste material na construção, como o fato de ser um material renovável, a rapidez na execução e a limpeza do canteiro de obras. Mas é necessário deixar a tradição e o preconceito e aproveitar as qualidades deste material.

**Palavras-chave:** Madeira. Técnicas Construtivas. Material Sustentável.

# THE APPLICATION OF WOOD AS A CONSTRUCTIVE ELEMENT IN CIVIL CONSTRUCTION

## Abstract

The wood is a construction material employed by men since pre-historic times, always very used and sometimes combined with other materials. However, due to the appearance of other materials, it was losing its space in the civil construction. The present work has the objective to show the application of wood as a constructive element in civil construction and present the constructive techniques highlighting their physical qualities and sustainable. Madeira is an excellent material of construction, confers practicality and speed in execution, in addition to be a sustainable material, provided that ensured its origin. The techniques used in the constructions of constructive residences of wood are simple and allow better use of the characteristics of the material, but it is necessary to know their physical properties to make a project of wooden structure, because these can significantly influence on performance and resistance of wood used. There are various factors that contribute to the employment of this material in construction, as the fact of being a renewable material, the rapidity in execution and the cleanliness of the jobsite. But it is necessary to let the tradition and prejudice and take advantage of the qualities of this material

**Keywords:** Wood. Constructive techniques. Sustainable material.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um excelente material de construção quanto aos aspectos de conforto, praticidade, rapidez na execução e durabilidade. Morar numa casa de madeira aproxima o homem da natureza, pois a madeira mantém em seu estado final, características como cores, textura e aromas naturais, que podem ser explorados nas diferentes aplicações das construções habitacionais.

A madeira ainda é pouco usada na construção civil brasileira como material estrutural, em grande parte devido à falta de conhecimento adequado a respeito deste material, ao longo de sua história. O uso de técnicas construtivas inadequadas fez com que as construções em madeira sejam sinônimas de sub-habitação ou de pouca durabilidade. Os novos paradigmas de sustentabilidade e as transformações que a sociedade vem passando, fazem com que esse estigma necessite ser revisto (MEIRELLES *et al*, 2007).

Cruzeiro (1998 *apud* MORIKAWA, 2006), explica que o uso reduzido do material pode ser pela falta de tradição, caracterizado por aspectos históricos. O país foi colonizado pelos portugueses cuja cultura construtiva baseava-se na utilização de materiais como pedra ou terra (adobe e taipa). Porém, a madeira ainda é muito utilizada como material de acabamento, para telhados e em canteiros de obras, compondo as formas para o concreto e os barracões de obras.

A utilização da madeira como produto da construção civil é amplamente difundida no exterior, principalmente nos países do Norte Europeu, Estados Unidos, Canadá e Japão. Sua utilização está baseada em processos industriais consolidados, os quais asseguram a qualidade desde a matéria prima até o produto final (BITTENCOURT, 1995 *apud* MORIKAWA, 2006).

A madeira como material construtivo apresenta diversas qualidades, tais como, resistência, durabilidade, possibilidade de projetos altamente racionalizados. No cenário mundial o setor da construção civil tem apresentado grande interesse na utilização da madeira, principalmente pelo seu alto potencial sustentável.

Como material sustentável a madeira comparada com outros materiais de construção é a mais indicada, há menos poluição em sua fabricação e existe um consumo menor de energia no processo de produção e extração conforme pode ser observado na TAB. 01. Existem as madeiras de reflorestamento que contribuem para a não extração de madeiras nativas que apesar de muito resistentes, ótimas para a construção, não podem ser exploradas

de forma indevida, pois é necessário preservar o máximo possível a fauna e flora naturais das florestas.

TABELA 01 - Consumo energético na fabricação de diversos materiais

<b>Material</b>	<b>kWh/Kg</b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>Kg/carvão</b>
Madeira Serrada	0,7	350	0,8
Madeira Laminada Colada	2,4	1200	N.i.
Cimento	1,4	1750	260
Concreto	0,3	700	25
Tijolo	0,8	1360	140
Aço	5,9	46000	1000
Plástico/PVC	18	24700	1800
Alumínio	52	141500	4200

Fonte: OLIVEIRA (1998 *apud* LAROCA, 2002, p.23)

A madeira de reflorestamento, em comparação ao aço e o concreto, representa uma alternativa mais viável do ponto de vista ambiental. A madeira é um importante exemplo de implantação de biotecnologias preventivas, ou seja, tecnologia que substitua materiais de alto impacto ambiental (MOREIRA, 1999 *apud* MORIKAWA, 2006).

As árvores são fábricas naturais e produzem um material de construção renovável, um produto altamente sustentável, porém é necessário saber utilizar esse material sem causar a devastação das florestas. Como produto sustentável deve haver a preocupação no seu uso de forma correta, dentro da lei, utilizando a madeira legal. O ordenamento da atividade madeireira é fundamental para empreender um modelo que aproveite de forma inteligente os recursos florestais e reduza os impactos ambientais. É necessária uma postura diferente por parte dos consumidores, que devem exigir a origem legal e sustentável da madeira, independente de onde seja feita a sua extração.

É possível ampliar a utilização desse material na construção brasileira, para isso é necessário deixar de lado a tradição e procurar o conhecimento a cerca do potencial das construções de madeira e da forma correta do seu uso.

Diante do exposto o presente trabalho tem objetivo mostrar a aplicação da madeira como elemento construtivo na construção civil e apresentar as técnicas construtivas ressaltando suas qualidades físicas e sustentáveis.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Histórico das construções de madeira

A madeira é um material de construção empregado pelo homem desde épocas pré-históricas, sempre muito utilizada e às vezes combinada com outros materiais como a pedra. Entretanto com o aparecimento do aço e de outros materiais, que possibilitam dimensões extremamente variadas, viabilizou-se a construção de grandes estruturas, como as pontes de grandes vãos, com isto a madeira começou a ceder o seu lugar a esse novo material.

O Brasil possui uma vasta extensão territorial e inúmeras reservas florestais. Assim era esperado que o país visse na madeira um grande potencial construtivo, porém o número de construções de madeira existentes são poucas. Antes, quando a terra era somente habitada por índios, a madeira extraída era utilizada nas edificações e nas fabricações dos meios de transportes, porém com a chegada dos portugueses a extração da madeira se tornou uma atividade econômica altamente rentável, a madeira tornou-se produto de exportação. A madeira deixou por um bom tempo de ser utilizada nas construções para ser queimada nas embarcações que passavam pelo litoral brasileiro.

As regiões brasileiras que se destacaram no uso da madeira são as regiões sul e sudeste, utilizando o pinho do Paraná como matéria-prima na construção habitacional. A tradição da construção de casas de madeira no Paraná veio com os imigrantes poloneses, ucranianos, japoneses, alemães e italianos que, em suas terras natais, construíam com esse material. Entre os anos de 1870 e 1879 foram estabelecidas 26 colônias no município de Curitiba. As cidades começaram a se adaptar aos novos moradores, formando-se os centros urbanos, sítios e fazendas de café com suas construções em madeira. Cada um trazia consigo suas técnicas e referências, adaptando-as ao novo território. Eram moradias, áreas de trabalho e comércio cada uma adaptada ao seu respectivo programa, criando dessa forma uma linguagem arquitetônica própria (ZANI, 2003 *apud* FERRARI *et al*, 2009).

Apesar da arquitetura de casas de madeira ter perdurado por tanto tempo no estado do Paraná (1930 a 1970) e não ter sido somente uma arquitetura provisória ela era vista de uma forma negativa por consumidores, sofrendo muitos preconceitos por parte do poder público. Existia uma preocupação com o problema de incêndios, mas na verdade o que se pensava era que a madeira era barata e acessível a todos (ZANI, 2003 *apud* FERRARI *et al*, 2009).

A partir de 1905 surge uma lei proibindo a construção de casas de madeira em alguns

lugares de Curitiba, tais como: XV de novembro, Barão do Rio Branco e Praça Tiradentes, sendo que no ano seguinte essa proibição se estendeu por toda a área central. Em 1919 o Código de Posturas apresentaram uma seção específica para as habitações de madeira (STINGHEN, 2002 *apud* FERRARI *et al*, 2009).

Na década de 30 em Curitiba o zoneamento vigente determinava que a construção de casas de madeira fosse feita da seguinte forma: na zona urbana com restrições, ou seja, paredes externas em alvenaria; na zona suburbana (faixa de um quilômetro fora dos limites da área urbana) e no rocío (faixa situada entre a zona suburbana e os limites do Município) era liberado o uso do material. Essas restrições quanto ao uso da madeira na zona urbana tinham como objetivo embelezar o centro da cidade de acordo com a estética e o bom gosto. Havia uma preocupação com a imagem da cidade aos moldes de alguns países europeus (SILVA, 2000 *apud* FERRARI *et al*, 2009).

Finalmente, em 1953 o Código de Posturas e Obras de Curitiba, proibiu totalmente a construção das casas na primeira zona fiscal e parcialmente em algumas outras regiões (ZANI, 2003 *apud* FERRARI *et al*, 2009). Este fato contribuiu para gerar no meio técnico brasileiro, o preconceito contra as estruturas em madeira.

Nos últimos anos, no entanto, vem sendo feitas tentativas para recuperar o uso mais acentuado da madeira como principal material de construção. Hoje, são utilizadas peças de seção composta, estruturas laminadas coladas, o progresso dos contraplacados e aglomerados e o melhor conhecimento das propriedades físicas e mecânicas do produto dentre outras formas que levam a novas perspectivas de um maior emprego da madeira na construção civil (SAMPAIO, 1975/76 *apud* COUTINHO, 1999).

Em Curitiba, destacaram-se dois projetos nos quais o uso da madeira aproveitou bem o potencial do material: as casas dos arquitetos, Othelo Lopes Filho de 1973 e Osvaldo Navarro Alves de 1977, ambos projetaram a própria residência (PEREIRA, 2012).

No período entre 1980 a 2006 destacam-se os trabalhos dos arquitetos Severiano Mario Porto, na região Amazônica e de Marcos Acayaba, na região sudeste. A madeira como sistema estrutural é empregada pela primeira vez no Brasil pelo arquiteto Mario Acayaba em conjunto com o engenheiro Hélio Olga no projeto e construção da residência de Hélio Olga, que terminou de ser construída em 1990. A residência mostrada na FIG. 01 pode ser tomada como um bom exemplo do uso da madeira industrializada na construção civil (ESPÓSITO, 2007).

FIGURA 01 - Residência do Engenheiro Hélio Olga

(a)<sup>1</sup>

Fonte: MARCOSACAYABA.ARQ.B

## 2.2 Tipos de madeira de construção

De acordo com Marques (2008), existem numerosas aplicações da madeira em estruturas e isto se deve ao aparecimento de produtos derivados da madeira, que adquiriram uma importância crescente. A obtenção de peças de dimensões importantes passa assim por um desmanche da tora em lâminas, partículas ou fibras e a sua posterior colagem, formando novos produtos. Sendo assim, quanto ao tipo de madeiras usadas na construção, podemos distinguir dois grandes grupos, que são as madeiras maciças e as madeiras industrializadas.

### 2.2.1 Madeiras maciças

As madeiras maciças provêm diretamente dos troncos das árvores sem proceder a qualquer tipo de colagem. Dentro desta categoria e analisando transversalmente, temos a madeira redonda que são toras a variar de diâmetro entre 0,15 m e 0,25 m e a madeira serrada que pode ser utilizada como vigas, pranchas, tábuas (FIG. 02). Este grupo de madeiras apresenta o principal inconveniente de estar limitada transversalmente e a nível de comprimento (MARQUES, 2008).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.marcosacayaba.arq.br/lista.projeto.chain?id=18>>. Acesso em: 27 ago. 2015.

FIGURA 02 - Toras e madeira serrada



Fonte: MARQUES (2008, p.43)

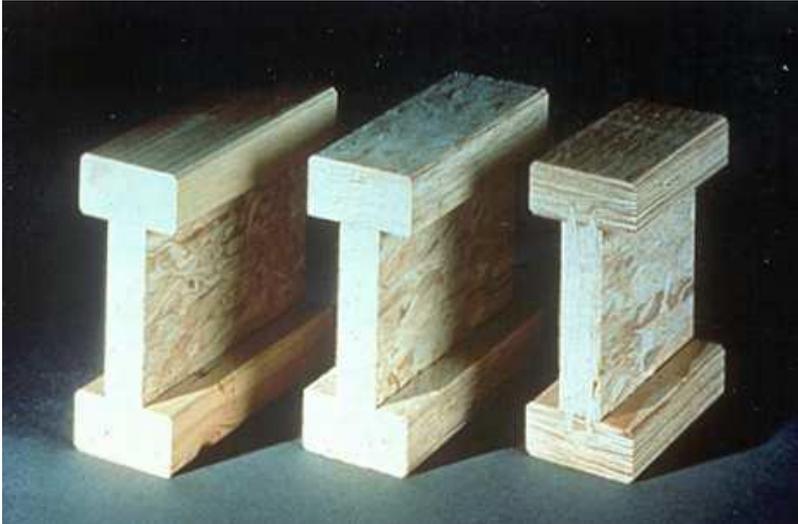
### 2.2.2 Madeiras Industrializadas

Estas madeiras são cada vez mais utilizadas, em detrimento das maciças, visto que estas podem ter seções transversais e comprimentos maiores e executar peças com eixos curvos. São muitos os produtos criados e agora utilizados na construção à base de madeira e estes dividem-se em dois grandes grupos, que são os utilizados para fins estruturais e os painéis (ou placas). Segundo Rodrigues (2004 *apud* MARQUES, 2008) para seções estruturais de madeira temos:

- Madeira lamelada colada: Constituída por lâminas de madeira maciça cujas fibras têm direção paralela e são coladas sob pressão, formando grandes vigas de secção retangular.
- Madeira microlamelada colada: Formada por lâminas muito finas extraídas através do desenrolamento das árvores e posteriormente coladas. Este tipo de madeira apresenta maior resistência e estrutura mais homogênea que a madeira lamelada colada.
- Vigas pré-fabricadas: É fabricada com secção transversal em I e constituída usualmente por madeira microlamelada colada nos banzos e contraplacado na alma (FIG. 03).

Como exemplo de produtos de madeira microlamelada colada temos: o **LVL** (*laminated veneer lumber* – madeira serrada laminada) com os e permite criar vigas com 9 a 12 cm de espessura, alturas de 2 m e comprimentos de cerca de 20 m, o **PSL** (*parallel strand lumber* – madeira serrada paralela) com produção de vigas com seções até 28 x 48 cm<sup>2</sup> e pilares até 18 x 18 cm<sup>2</sup> (SOUZA, 2007 *apud* MARQUES, 2008).

FIGURA 03 - Viga I pré-fabricada à base de LVL e OSB

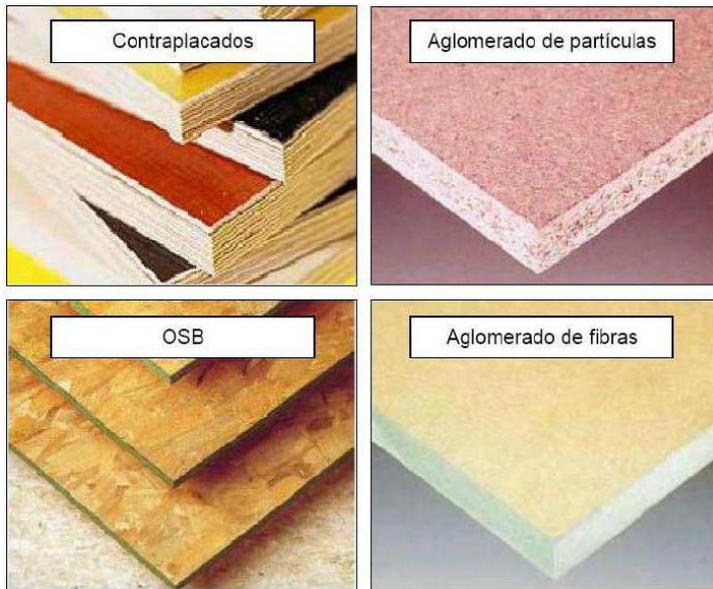


Fonte: MARQUES (2008, p. 43)

Os painéis que podem ser observados na FIG. 04 apresentam fraca resistência e durabilidade, pelo que devem ser somente utilizados em mobiliário ou revestimentos, por exemplo. Segundo Sarmiento (2004 apud MARQUES, 2008) os principais grupos são:

- Contraplacados: São formados por colagem de folhas de madeira natural orientadas em diversas direções coladas entre si com resinas de diversas qualidades e com espessura de 2 a 4 mm.
- Aglomerados de fibras: Constituídos por placas fabricadas com fibras de madeira obtidas por refinação mecânica prensadas com resinas termo-endurecíveis como exemplo temos o Platex e o MDF – (*Medium-Density Fiberboard* – Painéis de fibra).
- Aglomerados de partículas: Fabricados com estilha de madeira, pó de madeira e resinas diversas como exemplo o OSB (*oriented strand board* – painéis de partículas orientadas).
- Aglomerados madeira-cimento: são placas constituídas por partículas de madeira ligadas com cimento Portland.

FIGURA 04 - Vários tipos de painéis



Fonte: MARQUES (2008, p.44)

### 2.3 Técnicas construtivas

A madeira é um material renovável da construção civil e sua utilização nas estruturas representa um importante meio de proteção aos materiais não renováveis, bem como, na redução do consumo energético que eles demandam para a sua transformação, como o aço, o alumínio e o cimento.

O comportamento estrutural dos diferentes tipos de madeira está relacionado com o arranjo da estrutura interna, portanto, sua aplicação como material estrutural exige um domínio do conhecimento da estrutura interna dos diferentes tipos de madeira para orientar as técnicas de detalhamento das ligações e de regiões especiais das estruturas, garantindo-se a segurança e durabilidade das construções de madeira. Por conta dessas características intrínsecas da madeira, seu coeficiente de segurança foi por muito tempo exagerado. Normalmente, as madeiras reconstituídas têm propriedades isotrópicas o que garante seu excelente desempenho estrutural, diversificando seu emprego nas construções (ALMEIDA, 1996).

Segundo Torres (2010), as principais construções em madeira são classificadas em três grandes tipos: casas de troncos, casas com estrutura em madeira pesada e casas com estrutura em madeira leve, sendo que há uma diversidade de critérios para se classificar os padrões construtivos em madeira que varia de acordo com os países.

### 2.3.1 Técnicas tradicionais

Segundo Villega (1983 *apud* MELLO, 2007) são definidos dois sistemas básicos utilizados nas estruturas de madeira até praticamente à época moderna: as edificações com paredes formadas por troncos colocados horizontalmente ou verticalmente e as edificações de armações com pilares e vigas de madeira reforçada com elementos diagonais e horizontais, ditas entramado estrutural.

#### 2.3.1.1 Construções de madeira maciça empilhada - casas de troncos

Este modelo estrutural mostrado na FIG.05 é o mais antigo dos tipos de construção em madeira mais frequentes, as primeiras edificações datam da idade da pedra na Polônia e Turquia. A disposição mais comum dos troncos é a horizontal, devido à maior estabilidade estrutural, sendo que a disposição vertical dos mesmos é também uma opção correntemente adotada (TORRES, 2010).

Sua principal característica é a de se comportar como sistema portante, ou seja, estrutura e vedação se transformam em um mesmo elemento, o que resulta em edificações extremamente rígidas e com grande isolamento térmico, porém com alto consumo de madeira (MELLO, 2007).

FIGURA 05 - Esquema estrutural e modelo de uma casa de troncos



Fonte: TORRES (2010, p.8)

Segundo Torres (2010), a estabilidade da construção é mais afetada neste sistema relativamente aos posteriores, pois a madeira sofre processos complexos de secagem, o que resulta em variações dimensionais significativas e consequentes deslocamentos entre as peças. Atualmente, esta característica não é tão gravosa, pois o conhecimento das propriedades da madeira permitiu a mitigação destes problemas até a sua colocação em obra.

Este é um sistema mais limitado, pois a madeira encontra-se a trabalhar perpendicularmente à direção das fibras, o que resulta num aproveitamento das capacidades resistentes em cerca de 20 a 30 vezes menor do que na direção longitudinal, neste sistema apenas se aproveita 5% da capacidade resistente celular da madeira (SÁNCHEZ *et al.*, 1995 *apud* VAZ, 2008, p. 7).

### **2.3.1.2 Casas com estruturas em madeira pesada – entramado estrutural**

Este tipo de sistema construtivo observado na FIG. 06 surge naturalmente como resposta à necessidade do homem de atingir melhores resultados na procura de edificações maiores, originais e singulares. Os sistemas estruturais mais precários possuem muitas limitações, porém conseguem-se potencializar as características resistentes da madeira, colocando as peças a trabalhar ao longo da direção paralela às fibras e formando estruturas mistas com outros materiais, este sistema inovador permite maiores aberturas (TORRES, 2010).

De acordo com Bittencourt (1995 *apud* MELLO, 2007), na literatura europeia estas construções são chamadas de *colombage*, que é proveniente do latim *columna*, referindo-se aos pilares de madeira. Na literatura nacional são conhecidas como “construções em enxaimel,” sendo bastante comuns na região sul do Brasil, em colônias de imigrantes italianos e alemães.

O termo enxaimel significa enchimento, explicando o sistema construtivo onde primeiro se executa o esqueleto com peças robustas de madeira, depois são fixadas peças horizontais, verticais e diagonais e por último é feito o enchimento com barro amassado, pedra e tijolo (MELLO, 2007).

FIGURA 06 - Exemplo de sistema entramado



Fonte: OLIVEIRA (2011, p.47, p.43)

### 2.3.2 Técnicas modernas

#### 2.3.2.1 Casas em *Wood Frame* (estruturas em madeira leve)

O sistema das casas com estrutura em madeira leve, é mais recente no que respeita às construções em madeira. Surge no séc. XIX, na América do Norte como consequência direta de dois fatores: a existência e disponibilidade de produtos industriais normalizados (madeira serrada e pregos) e a necessidade de um sistema de construção rápido que respondesse à carência de habitações resultantes da colonização do Oeste dos Estados Unidos da América (SÁNCHEZ *et al.*, 1995 *apud* VAZ, 2008, p. 7).

Este sistema, embora surgindo no seguimento das estruturas em madeira pesada, representa um novo conceito estrutural. Efetivamente, a introdução de novos elementos estruturais (muros e lajes), confere à estrutura uma nova dimensão, dotando o resultado de uma noção espacial semelhante ao praticado nas atuais estruturas em concreto armado. A implicação de novos componentes permite diminuir a largura destes de uma forma generalizada, pois a carga é distribuída e conduzida por um maior número de elementos. A madeira serrada promove a adoção de geometrias simples, diminuindo consideravelmente o tempo de execução de uma obra, tornando-a mais econômica, e a adoção de uniões mais simples, recorrendo quase unicamente a pregos e cavilhas, excluindo a necessidade de utilização de mão de obra altamente especializada.

Construções em *Wood frame* é o método predominante para construir casas e apartamentos nos Estados Unidos. Trata-se de um método construtivo que utiliza perfis de madeira reflorestada. É utilizado naquele país também para construção de edifícios comerciais

e industriais, que podem alcançar até cinco andares. Casas *Wood frame* são econômicas e com ótimo isolamento térmico que proporciona o máximo conforto, além disso, este sistema de construção permite estilos de arquitetura dos mais variados e tradicionais à arquitetura futurística. Dentro do sistema *Wood frame* distinguem-se ainda dois tipos clássicos de construções, o *Platform frame* e o *Balloon frame*. No primeiro tipo, ergue-se um andar e se cobre formando uma plataforma, sobre esta se constrói o próximo andar e assim por diante, é o sistema atualmente mais usado. O segundo tipo tem montantes que vão do solo até o telhado do segundo andar este sistema é menos usado, sendo restritivo pela altura da construção (SOUZA, 2012).

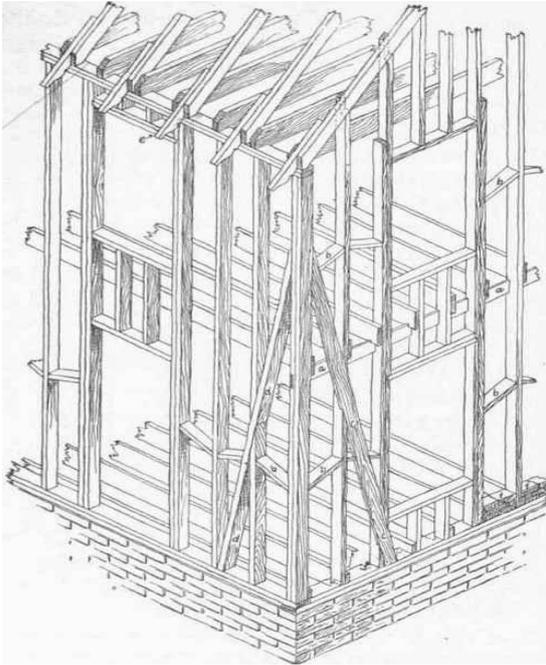
Esta técnica de construção é considerada leve, ao contrario do sistema viga pilar, as paredes e a plataforma de piso tem a função, não só de vedação, mas também estrutural. Este sistema consiste numa trama estrutural, espaçados de 40 cm a 60 cm e o piso é apoiada sobre vigas mestras (LAROCA, 2002).

A concepção do sistema *wood frame* em ambiente industrial reduz significativamente os desperdícios, que são altamente impactantes nos sistemas de construção tradicionais. Em boa parte das casas industrializadas em *wood frame*, o único elemento moldado *in-loco* é a fundação. O ganho de produtividade, neste caso, está vinculado também à dinâmica da obra limpa e seca e a facilidade de manuseio dos elementos estruturais (*frames* de madeira) e de fechamento. Para este ultimo são utilizadas as chapas de *OSB- oriented strand board* que são painéis estruturais, composto por pequenas lascas de madeira orientadas segundo uma determinada direção e as placas cimentíceas, que demandam menos esforços dos operários (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

- Estrutura em Balão

Este sistema é caracterizado por ter fachadas executadas com montantes contínuos apresentando normalmente dois pisos (FIG. 07). Devido à sua precocidade, este tipo de sistemas é muito complexo, com pouca intervenção da pré-fabricação e tem na sua essência alguns defeitos inerentes. A montagem do edifício é complexa, devido à altura dos montantes (contínuos e com altura de dois pisos), à dificuldade de arranjar peças de madeira com dimensões e propriedades suficientes para integrar a estrutura e ao fato da montagem das peças se realizarem necessariamente em simultâneo (TORRES, 2010).

FIGURA 07 – Exemplo de uma estrutura em balão



Fonte: TORRES (2010, p.12)

- Estrutura em plataforma

A principal diferença das estruturas em plataformas em relação às estruturas em balão é que são colocadas placas de madeira para o revestimento dos montantes, primeiramente em madeira maciça e atualmente em derivados de madeira. Estas placas funcionam como muros de suporte garantindo uma boa ligação entre os diferentes componentes da estrutura e facultando o funcionamento como um corpo só. Estes muros de revestimento permitem ainda fragmentar os montantes, passando a altura destes a corresponder à altura do próprio piso (FIG. 08). As plataformas ao nível de cada piso apoiam diretamente nestes muros que funcionam como estrutura de suporte (TORRES, 2010).

FIGURA 08 - Esquema da estrutura em plataforma.



Fonte: TORRES (2010, p.13); LAROCA (2002, p.45)

### 2.3.2.2 Casas de madeira encaixada pré-fabricada

Este sistema é o mais amplamente divulgado e conhecido no Brasil. O material usado é madeira de lei oriunda da floresta da Amazônia. Hoje em dia, a maioria é extraída através de manejos florestais sustentáveis e com o aval do IBAMA<sup>2</sup>. Quando se falam de casas pré-fabricadas subentende-se automaticamente este tipo de construção. Estas casas são normalmente de parede simples de 03 (três) até 06 (seis) cm de espessura em tábuas macheadas, com a largura de 14 cm múltiplo de 210 cm que é a altura do topo da porta. Elas são encaixadas lateralmente em pilares de 12 x 12 cm ou até mais (FIG. 09). As tábuas não são pregadas para poderem ficar flutuando, podendo compensar assim o encolhimento e dilatação, conforme a umidade do ambiente. Como estas casas têm somente uma parede e relativamente fina, esta construção adapta-se muito bem em nosso clima subtropical/tropical, mas não é recomendável em localidades de clima muito frio (SOUZA, 2012).

A estrutura é independente da vedação, ou seja, as paredes têm a função de vedar e os pilares e vigas têm função estrutural. Os pilares de madeiras podem ser fixados na fundação por meio de parafusos metálicos e escorados. Na fase subsequente, as pranchas de parede são encaixadas nos montantes (pilares) que possuem rasgos, a simples colocação das paredes tem a função de travar a edificação. A proposta deste sistema é a utilização de madeira com elevados teores de umidade, por este motivo há um rasgo na face inferior das vigas, onde devem ser encaixadas as pranchas de paredes para evitar a abertura de frestas em função da variação do volume da madeira seca e úmida.

<sup>2</sup>IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis.

A estrutura do telhado é convencional, podendo ser construído com terças, caibros ou dependendo do vão, tesouras ou treliças espaciais (LAROCA, 2002).

FIGURA 09 - Detalhe da montagem do sistema pré-fabricado - encaixe macho e fêmea



Fonte: LAROCA (2002, p.43); SOUZA (2012, p. 7)

#### **2.3.4. Casas com estrutura pré-fabricada.**

Estruturas pré-fabricadas são aquelas em que o sistema de construção é concebido de forma totalmente integrada em que as operações a realizar em fábrica e no local estão perfeitamente definidas. Os componentes e materiais advêm de um grande índice de pré-fabricação sendo que no local apenas se procedem a operações de montagem e a um número reduzido de operações de corte e serragem de componentes.

Os sistemas com módulos de pequenas dimensões são aqueles que utilizam painéis com dimensões de 2,8 m de altura por larguras inferiores a 1,2 m. São sistemas que se assemelham aos de estruturas leve estando às dimensões dos painéis limitados pelos pés direitos e pelo projeto de arquitetura (FIG. 10). A principal vantagem em relação aos outros sistemas pré-fabricados é a sua maior versatilidade na obtenção de estruturas mistas devido às suas menores dimensões Torres (2010).

FIGURA 10 – Residência construída com painéis de pequenas dimensões



Fonte: FARIA (1999) *apud* TORRES (2010, p.14)

Os módulos de grandes dimensões observados na FIG. 11, na sua síntese, são explicados pelo progresso no sentido de obter em fábrica os paramentos verticais dos edifícios. As dimensões destes compreendem-se habitualmente entre os 3 metros de altura e variando de 6 a 7 metros de largura Torres (2010).

FIGURA 11 - Colocação de um módulo em obra



Fonte: TORRES (2010, p.14)

Os sistemas com módulos tridimensionais são provavelmente os mais arrojados e os que exploram ao máximo as propriedades da pré-fabricação (FIG. 12). Devido à especificidade dos módulos, as dimensões destes são muito variáveis e estão dependentes do produtor. Os módulos habitualmente correspondem a um compartimento da casa (cozinha,

sala), mas em habitações com grandes áreas é comum que os módulos correspondam a apenas partes das divisões. Estas estruturas têm a particularidade de frequentemente serem colocadas sobre apoios de forma a ficarem ligeiramente sobrelevados em relação ao nível do solo de forma a ficarem protegidas de ataques ambientais e para mitigar os efeitos do desgaste do contato direto com o solo.

FIGURA 12 - Colocação do módulo em obra



Fonte: TORRES (2010, p.15)

QUADRO 01 - Vantagens e desvantagens das técnicas construtivas

<b>Técnicas Construtivas</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Casas de Troncos	Edificações rígidas, grande isolamento térmico	Alto consumo de madeira, variações dimensionais significativas, menor aproveitamento resistente da madeira
Entramado estrutural - Enxaimel	Possibilidade de edificações maiores, maior aproveitamento resistente da madeira	Sistema com muitos detalhes dos encaixes
Wood Frame	Bom isolamento térmico, estrutura leve, geração de menos entulhos, utilização de perfis de madeira reflorestada	Técnicas mais complexas de execução, deficiência na limpeza e higienização
Madeira encaixada pré-fabricada	Construção rápida, geração de menos entulhos, bom aproveitamento das características físicas da madeira	Surgimento de possíveis gretas devido a secagem, necessidade de manutenções frequentes
Estrutura pré-fabricada	Rapidez na execução, bom isolamento térmico	Menor flexibilidade de criações, gastos adicionais no transporte

Fonte: A autora

## 2.4 Propriedades físicas das madeiras

Conhecer as propriedades físicas da madeira é muito importante porque estas propriedades podem influenciar significativamente no desempenho e resistência da madeira utilizada estruturalmente. Podem-se destacar os seguintes fatores que influenciam nas características físicas da madeira a classificação botânica, solo e o clima da região de origem da árvore, fisiologia da árvore, anatomia do tecido lenhoso e variação da composição química, devido a este grande número de fatores, os valores numéricos das propriedades da madeira, obtidos em ensaios de laboratório, apresentam uma ampla dispersão (CALIL *et al.*, 1998).

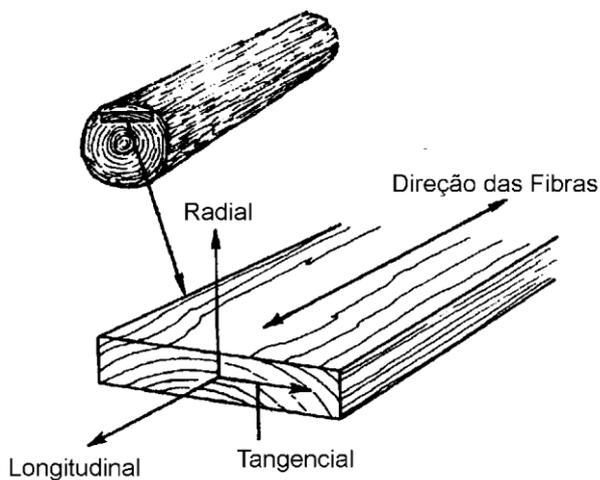
### 2.4.1 Anisotropia da madeira

Devido à orientação das células, a madeira é um material anisotrópico (característica de um meio, ou de um material, em que certas propriedades físicas serão diferentes conforme as diferentes direções), apresentando três direções principais: longitudinal (ou axial), radial e

tangencial (FIG.13). Por isso o estudo da estabilidade dimensional é importante, principalmente quando os produtos de madeira serão expostos a variações no teor de umidade (DURLO, 1991 *apud* COELHO *et al*, 2014). O estudo da variação radial das propriedades físicas da madeira auxilia no correto emprego de cada espécie florestal, resultando na diminuição de custos na produção e desperdícios que podem ocorrer no processo de desdobro do material (DELUCIS *et al.*, 2013).

A direção longitudinal das peças é coincidente com a orientação das fibras, sendo denominada direção paralela às fibras. Ela apresenta valores maiores de resistência e rigidez, já em relação às direções radial e tangencial, que são denominadas direção normal ou perpendicular às fibras, em termos práticos da construção civil, não é possível fazer a distinção da direção delas. Ambas apresentam valores próximos de resistência e rigidez, mas inferior ao da direção longitudinal (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2003).

FIGURA 13 - Direções principais da madeira



Fonte: CALIL (1998, p.15)

#### 2.4.2 Umidade da madeira

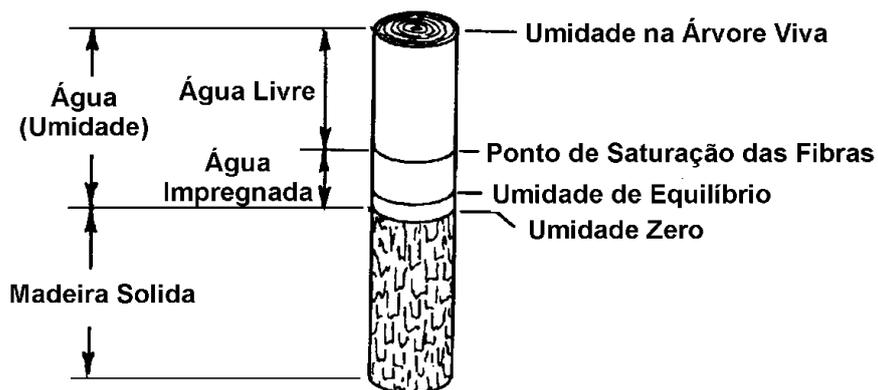
A quantidade de água das madeiras recém-cortadas varia muito com as espécies e estação do ano. A variação das umidades das madeiras verdes tem como limites aproximados 30 % para as madeiras mais resistentes e 130 % para as mais macias (PFEIL, W; PFEIL, M, 2003).

Quando a madeira é posta a secar, evapora-se a água contida no interior da cavidade das células ocas (fibras), mas as paredes das células ainda continuam contendo água. Neste

ponto o grau de umidade está 30%, a madeira é denominada meio seca. Continuando o processo de secagem, a madeira atinge um ponto de equilíbrio com o ar, sendo então denominada seca ao ar (FIG. 14). Neste ponto o grau de umidade depende da umidade atmosférica, variando geralmente entre 10 e 20 % para umidade relativa do ar entre 60 e 90 % e a 20 ° C de temperatura (KARLSEN *et al.*, 1967 *apud* PFEIL, W; PFEIL, M, 2003).

A velocidade da evaporação da água da madeira até alcançar a umidade de equilíbrio com o ar depende da espécie considerada, da temperatura e da umidade relativa do ar. A NBR 7190/1997 considera como umidade-padrão 12%, condição que é atingida com temperatura de 20°C e umidade relativa do ar igual ou menor que 65%. Porcentagens de umidades inferiores somente são conseguidas em estufas ou câmaras de vácuo (CALIL; LAHR; DIAS, 2003).

FIGURA 14 - Umidade na madeira



Fonte: CALIL (1998, p.16)

A evaporação da água diminui a densidade da madeira e isto acaba por reduzir o custo de seu transporte. Além disso, a transformação da madeira bruta em produtos próprios para emprego nas mais diversas aplicações requer prévia secagem por diversas razões, das quais são aqui destacadas (CALIL; LAHR; DIAS, 2003):

- Redução da probabilidade de ataque de fungos;
- Aumento da eficácia da impregnação da madeira contra a demanda biológica;
- Possibilidade de melhor desempenho de acabamentos como tinta e vernizes aplicados na superfície das peças;
- Redução da movimentação dimensional, permitindo a obtenção de peças cujo desempenho será mais adequado;

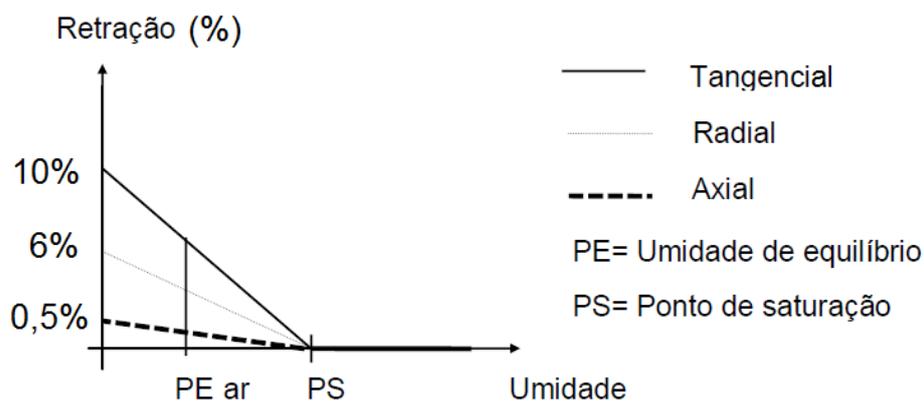
- Aumento dos valores das propriedades de resistência e elasticidade;

### 2.4.3 Retração e inchamento da madeira

Define-se retração como sendo a redução das dimensões em uma peça da madeira pela saída da água de impregnação. É fundamental lembrar que o aumento ou a diminuição do número de moléculas de água livre não influenciam em nada na retração ou no inchamento. A madeira apresenta comportamentos diferentes de acordo com a direção em relação às fibras e aos anéis de crescimento. Assim, a retração ocorre em porcentagens diferentes nas direções tangencial, radial e longitudinal.

Conforme pode ser explicado na FIG. 15, encontra-se a retração tangencial com valores de até 10% de variação dimensional, podendo causar também problemas de torção nas peças de madeira. Na sequência, a retração radial com valores da ordem de 6% de variação dimensional, também pode causar problemas de rachaduras nas peças de madeira. Por último, encontra-se a retração longitudinal com valores de 0,5% de variação dimensional. Um processo inverso também pode ocorrer, o inchamento, que se dá quando a madeira fica exposta a condições de alta umidade onde ao invés de perder água ela absorve, provocando um aumento nas dimensões das peças (CALIL *et al.*, 1998).

FIGURA 15 - Retração na madeira



Fonte: CALIL (1998, p.17)

### 2.4.4 Resistência ao fogo

O fogo é um dos grandes inimigos dos materiais de construção, os quais apresentam reações diferentes a sua ação. Alguns reduzem a seção gradualmente, (como a madeira),

perdem a rigidez e a resistência, (como o aço), e outros, (como o concreto), se despedaçam quando expostos a elevadas temperaturas.

Portanto, a combustibilidade, relacionada à madeira, não é o principal critério pelo qual o desempenho ao fogo de uma construção pode ser julgado, afinal, todos os materiais são prejudicados pela exposição ao fogo (PINTO, 2004)<sup>3</sup>.

O fogo é uma forma de combustão que ocorre de forma violenta e autossustentada, para que ocorra é necessária à presença simultânea dos seguintes elementos: o calor (faísca, chama, radiação térmica), o combustível (como exemplo, a madeira) e o comburente (oxigênio). Quando estes três elementos se apresentam em um determinado ambiente, sob condições propícias, surge o fogo.

Segundo Pinto (2004)<sup>4</sup>, o conhecimento de que a madeira apresenta boa resistência quando submetida a condições de incêndio é antigo. Mas, apesar de ser um conhecimento comum a todos, não havia provas científicas que atentassem a isto. Por volta do século XX, mais precisamente a partir da década de 1950, os diferentes materiais (tais como o aço, concreto, madeira, entre outros) passaram a ser alvo de investigação em busca do melhor desempenho quando expostos ao fogo, com base em princípios científicos. Isto resultou em vantagens à madeira, pois assim se pôde comprovar, graças às suas propriedades físicas e mecânicas, que ela apresenta um comportamento diferente dos demais materiais utilizados em construção, comportamento este que lhe é favorável.

Peças robustas de madeira, quando expostas ao fogo, formam uma camada superficial de carvão, que age como uma espécie de isolante, impedindo a rápida saída de gases inflamáveis e a propagação de calor para o interior da seção, resultando tanto em um aquecimento quanto uma degradação do material a uma velocidade menor (FIG. 16).

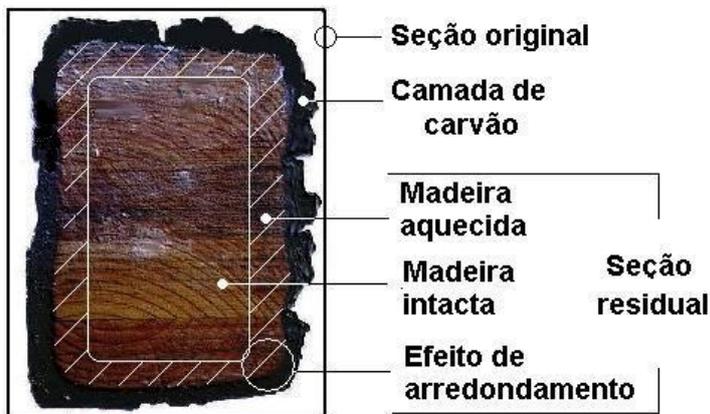
Dessa forma colabora, favoravelmente, para melhorar a capacidade de sustentação das cargas da edificação, devido, em grande parte, a conservação das propriedades físicas da madeira mesmo após ter sido exposta a elevadas temperaturas, pois a alma da seção (ou seja, o que sustenta o elemento estrutural) se mantém fria a apenas uma pequena distância da zona queimada.

---

<sup>3</sup>Disponível em: < [http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_27/madeira.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_27/madeira.html) >. Acesso em: 12 out. 2015

<sup>4</sup>*Ibidem*

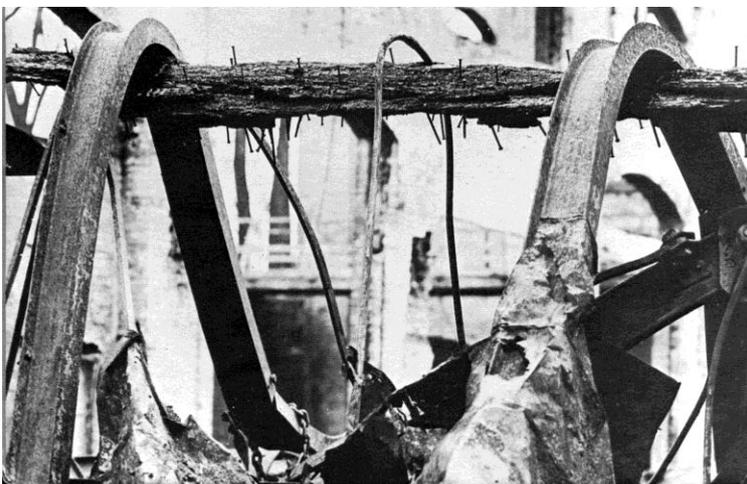
FIGURA 16 - Seção de uma viga de madeira laminada colada, exposta ao fogo durante 30 minutos



Fonte: PINTO (2004, p.1)

Na FIG. 17 é possível constatar que a madeira submetida a um severo incêndio teve sua seção reduzida, mas não a ponto de eliminar sua capacidade de suportar seu próprio peso e o peso extra das barras de aço, que entraram em colapso devido à temperatura a que foram expostas.

FIGURA 17 - Vigas de madeira e aço após um incêndio



Fonte: PINTO (2004, p.1)

Durante um incêndio, as temperaturas atingem mais de 1000°C. No entanto, o aço, a 500°C, já perdeu 80% de sua resistência, enquanto que o concreto começa a perder resistência a partir dos 80°C (PINTO, 2004)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Disponível em: < [http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_27/madeira.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_27/madeira.html) >. Acesso em: 12 out. 2015.

#### **2.4.5 Durabilidade da madeira**

A durabilidade da madeira, com relação à biodeterioração, depende da espécie e das características anatômicas. Certas espécies apresentam alta resistência natural ao ataque biológico enquanto outras são menos resistentes. A baixa durabilidade natural de algumas espécies pode ser compensada por um tratamento preservativo adequado às peças, alcançando-se assim melhores níveis de durabilidade, próximos dos apresentados pelas espécies naturalmente resistentes (CALIL *et al.*, 1998).

#### **2.5 Limitações das edificações de madeira**

Sendo a madeira um material orgânico, ela apresenta características que podem ser encaradas como inconvenientes ao seu uso, tais como a susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos, assim como sua inflamabilidade, no entanto, os inconvenientes podem e devem ser tratados. O tratamento da madeira é especialmente indispensável para peças em posições sujeitas a variações de umidade e de temperatura propícias aos agentes citados. Não se deve omitir que todas as opções de materiais usados na construção civil apresentam em maior ou menor grau, problemas a serem encarados.

Um obstáculo ao uso da madeira na construção civil tem sido apontado como a necessidade de manutenções frequentes, pois para que a madeira continue adequada ao uso tais manutenções devem ser feitas periodicamente, principalmente em locais com sol frequente.

Outro obstáculo é a falta de homogeneidade das suas propriedades físicas e mecânicas, é conhecida a desproporção de suas propriedades, conforme a direção que se considera da madeira, causando por vezes deformações inestéticas. A madeira mesmo após a sua aplicação continua a secar em meio ao ambiente principalmente em dias quentes, este fato contribui para a movimentação das peças e para o surgimento de gretas que aparecem entre uma peça e outra. Este problema se dá nos primeiros anos de uso, em que a secagem é mais expressiva, com o passar do tempo este problema vai se atenuando.

Uma terceira restrição comumente apontada é a apresentação de defeitos nas peças de madeira que prejudicam a resistência, o aspecto ou a durabilidade. Os defeitos podem vir da constituição do tronco ou do processo de preparação das peças. Os principais defeitos segundo (PFEIL, W; PFEIL, M, 2003) são:

- Nós: Imperfeição da madeira nos pontos dos troncos onde existiam galhos. Os galhos ainda vivos na época do abate da árvore produzem nós firmes, enquanto os galhos mortos originam nós soltos. Os nós soltos podem cair durante o corte com a serra, produzindo orifícios na madeira. Nos nós, as fibras longitudinais sofrem desvio de direção, ocasionando redução da resistência à tração (FIG. 18).

FIGURA 18 - Presença de nós na madeira

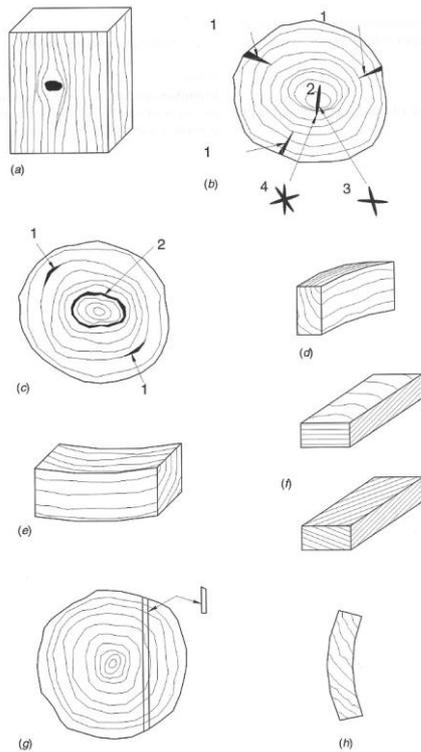


Fonte: CALIL (1998, p.26)

- Fendas: Aberturas nas extremidades das peças, produzidas pela secagem mais rápida da superfície, ficam situadas em planos longitudinais radiais, atravessando os anéis de crescimento. O aparecimento de fendas pode ser evitado mediante a secagem lenta e uniforme da madeira.
- Gretas: Separação entre os anéis anuais, provocada por tensões internas devidas ao crescimento lateral da árvore, ou por ações externas, como flexão devida ao vento.
- Abaulamento: Encurvamento na direção da largura da peça.
- Arqueadura: Encurvamento na direção longitudinal da peça.
- Fibras reversas: Fibras não paralelas ao eixo da peça. As fibras reversas podem ser provocadas por causas naturais ou por serragem. As causas naturais devem-se à proximidade de nós ou ao crescimento das fibras em forma de espiral. A serragem da peça em plano inadequado pode produzir peças com fibras inclinadas em relação ao eixo. As fibras reversas reduzem a resistência da madeira.
- Esmoada ou quina morta: Canto arredondado, formado pela curvatura natural do tronco. A quina morta significa elevada proporção de madeira branca (alburno).

Na FIG. 19 apresentam-se os principais defeitos nas madeiras (a) nó, provocando inclinação das fibras; (b) 1 - fendas periféricas, 2 a 4 - fendas no cerne; (c) 1 - greta parcial, 2 - greta completa; (d) abaulamento; (e) arqueamento; (f) fibras reversas; (g) esmoado; (h) empenamento.

FIGURA 19 – Principais defeitos nas madeiras



Fonte: (PFEIL; PFEIL, 2003, p.7)

Ressalve-se que há, de acordo com a NBR-7190/1997, uma definição clara da qualidade da madeira a ser empregada: trata-se de peças com limitação de ocorrência de defeitos, de tal modo a proporcionar desempenho mecânico compatível com a destinação da madeira.

## 2.6 Vantagens do uso da madeira na construção civil

Segundo Coutinho (1999), as vantagens do uso da madeira como materiais de construção são muitas.

- Produto Natural: A madeira é um produto de origem natural e renovável, cujo processo produtivo em relação a outros produtos industrializados, exige baixo consumo energético.

- Renovável: Pode ser obtida em grandes quantidades há um preço relativamente baixo e se sua utilização tiver procedência correta as reservas renovam-se tornando o material sempre disponível.
- Versatilidade de uso: Podem ser produzidas em peças com dimensões estruturais que podem ser rapidamente desdobradas em peças pequenas.
- Reutilizável: Podem ser trabalhadas com ferramentas simples e ser reempregue várias vezes.
- Propriedade mecânica: Foi o primeiro material empregue capaz de resistir tanto a esforços compressão como de tração.
- Resistência: Tem uma baixa massa volumétrica e resistência mecânica elevada
- Fácil de Trabalhar: Trata-se de uma matéria-prima muito versátil que pode ser usada de forma muito variada cumprindo com certas e determinadas especificações, de acordo com o tipo de aplicação pretendida. Permite ligações e emendas fáceis de executar.
- Isolante Térmico: A madeira é considerada um material com baixa condutividade térmica devido à sua constituição. A transmissão de calor é dada pelo coeficiente da condutividade interna, a qual se define como a quantidade de calor que atravessa por hora, em estado de equilíbrio um cubo de um metro de aresta de uma em face de outra, uma diferença de 1°C. A madeira tem um calor específico muito elevado, requer uma quantidade maior de calor que outros corpos para alcançar uma determinada temperatura. O coeficiente de condutividade térmica da madeira é  $\lambda=0,15$  a  $\lambda=0,29$ , (dependendo da espécie), para alvenaria  $\lambda=0,65$ , concreto  $\lambda=1,5$ (LAROCA, 2002).
- Textura: No seu aspecto natural apresenta grande variedade de padrões.
- Durabilidade: Ao contrário do que muitos pensam, a habitação em madeira pode ter uma durabilidade muito grande; tudo depende, em primeiro lugar, de questões projetuais, pois existem muitos detalhes construtivos que proporcionam a proteção das peças.

Devem-se respeitar as limitações do material e especificar adequadamente a espécie de madeira para cada uso. Outra questão muito importante é procurar afastar a madeira do solo, bem como retirar os restos de madeira próximo ao local da construção, que possam servir de alimento para cupins, mas há uma regra geral, algumas espécies são naturalmente mais resistentes a agentes biodegradantes. Numa construção de madeira é indispensável o acompanhamento de um profissional capacitado na área de construções em madeira, pois a questão da durabilidade é sempre um conjunto de variáveis. Não existe madeira ruim, o que existe é a especificação e uso inadequado da espécie. Aproximadamente 30% de uma

edificação de alvenaria é feita de madeira, a estrutura do telhado, aberturas, portas e janelas e os acabamentos como rodapé, forro. As medidas preventivas devem ser as mesmas de uma casa de alvenaria, prevenção é a melhor cura (LAROCA, 2002).

- **Fundação:** O sistema de fundação está sempre em função do tipo de solo e do peso da construção. O peso de uma edificação em madeira é muito menor que o de alvenaria, portanto, há um menor consumo de material de fundação (LAROCA, 2002).
- **Tempo de construção:** Esta é a uma das maiores vantagens sobre o sistema convencional, os componentes podem chegar à obra pré-cortados ou mesmo pré-fabricados, reduzindo muito o tempo de execução da obra. A alvenaria de tijolos é um sistema construtivo bastante artesanal, pois a estrutura é feita no próprio canteiro de obras e as paredes são levantadas sobrepondo-se tijolo por tijolo. O tempo de construção de uma unidade habitacional no sistema construtivo pré-fabricado em madeira (segundo medições realizadas em canteiro) é de aproximadamente 1/3 do tempo de construção de uma casa de alvenaria (LAROCA, 2002).
- **Desperdícios:** No Brasil, segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil, este índice é de 1/3, (em volume de material), ou seja, o desperdício é da ordem de 10% a 20%. Em construções de pequeno porte o desperdício inicia-se a partir da inexistência de projetos, mau planejamento das ações no canteiro ou simplesmente a falta de mão de obra capacitada, por inexistência ou por não se querer compensá-la como tal. No processo construtivo de madeira, as peças na maioria dos casos chegam à obra pré-cortadas ou pré-fabricadas (montados em painéis) não havendo desperdícios no canteiro de obras (LAROCA, 2002).
- **Instalações elétricas e hidráulicas:** Nos sistemas construtivos em madeira não há a necessidade de construir para depois destruir; as tubulações podem passar por dentro dos painéis, ou no caso do sistema viga pilar e paredes maciças, passa ao lado dos pilares por meio de uma régua elétrica. (LAROCA, 2002).

## **2.7 Madeira – uso sustentável na construção civil**

O Desenvolvimento Sustentável é um conceito muito mais complexo do que a simples proteção do meio ambiente, ou seja, implica a preocupação pelas gerações futuras e pela salubridade e integridade, em longo prazo, do meio ambiente. Isto inclui a qualidade de vida, a preocupação com a equidade entre gerações, a igualdade entre as pessoas no presente, e as dimensões sociais e ética do bem-estar humano. Implica ainda, que só deverá haver um maior desenvolvimento se este se situar dentro dos limites da capacidade de carga dos sistemas naturais. E se, por um lado, o consumo de recursos naturais tem aumentado

exponencialmente devido a uma sociedade cada vez mais numerosa, que cresce a um ritmo de 250.000 pessoas por dia, cada vez mais tecnologicamente desenvolvida e em que os padrões de conforto são cada vez mais exigentes, por outro, a quantidade disponível de recursos apresenta um comportamento inverso (MARQUES, 2008).

O mercado tem tornado indispensável à existência de certificadoras que garantam atributos que a madeira não é só um produto de qualidade, mas que o ambiente de onde ela foi extraída continua saudável. A certificação florestal tem como fundamento a garantia dada ao consumidor de que determinado produto é originário de manejo florestal ambientalmente adequado, socialmente justo e economicamente viável. Ou seja, os produtos que têm o selo de certificação são aqueles produzidos com madeira de florestas certificadas (ARAÚJO, 2014).

O selo FSC – *Forest Stewardship Council* (Conselho de Manejo Florestal) é uma das primeiras etapas na busca de um produto sustentável. Trata-se de uma organização internacional não-governamental fundada em 1993, que objetiva o manejo correto e responsável das florestas, garantindo a preservação dos recursos naturais e a sobrevivência das comunidades locais. O FSC não emite certificados e sim credencia certificadoras no mundo inteiro, garantindo que os certificados destas obedeçam aos seus princípios e critérios de qualidade, adaptando-o para a realidade de cada região ou sistema de produção (ARAÚJO, 2014)<sup>6</sup>.

Os impactos ambientais mais relevantes provocados pela construção civil são: a extração e o consumo de matérias-primas, a alteração do uso do solo, a compactação do solo e, eventualmente, a sua contaminação, o ruído resultante das atividades construtivas e de operação (poluição sonora), os consumos de energia e as emissões de gases com efeito de estufa, bem como outras emissões, a afetação das espécies naturais e seus habitats e a intrusão visual e a alteração da paisagem natural (MARQUES, 2008).

A madeira pode ser considerada um excelente material de construção, ela é o único material de construção, relativamente os principais (concreto, aço, alumínio e madeira), que é reciclável, renovável e biodegradável, para além de ser dos produtos que despende menor energia para a sua transformação. Provém da floresta, tendo esta um papel importantíssimo em diversos aspectos dentro de cada país e em particular as árvores são um consumidor de dióxido de carbono e libertador de oxigênio, o que significa que ajudam a prevenir o aquecimento do planeta e são imprescindíveis para a manutenção da qualidade do ar.

---

<sup>6</sup>Disponível em:< <http://pt.calameo.com/read/0022986484b204ff6c900#>>. Acesso em: 13 dez. 2015.

A análise do ciclo de vida da madeira mostra que esta tem melhor desempenho que o aço ou o concreto no que se refere à energia incorporada, emissão de gases, libertação de poluentes para o ar, produção de poluentes para a água e produção de resíduos sólidos. A madeira apresenta por isso vantagens e propriedades que a tornam num material fundamental para uma racionalização ecológica de qualquer construção reduzindo o consumo energético, a utilização de recursos, minimizando a poluição e reduzindo o impacto ambiental (BARRETO, 2007 *apud* MARQUES, 2008).

De acordo com Lerer; Marquesin, (2005), o manejo florestal sustentável trabalha com poucas espécies, utilizando um volume reduzido por hectare e operando com preços que refletem os padrões socioambientais empregados na cadeia produtiva. O ordenamento da atividade madeireira, tornando-a legal e sustentável, é fundamental para empreender um novo modelo de desenvolvimento na região amazônica: um modelo que aproveite de forma inteligente os recursos florestais, que reduza os impactos ambientais da atividade produtiva, garantindo melhor qualidade de vida a seus habitantes.

O aspecto que distingue a madeira dos outros materiais é a possibilidade de produção sustentada nas florestas plantadas e nas modernas técnicas silvicultoras empregadas nos reflorestamentos, que permitem alterar a qualidade da matéria-prima de acordo com o uso final desejado.

Apesar da multiplicidade dos recursos florestais, no Brasil a questão da construção civil envolve interesses de grandes oligarquias, como a do aço, concreto e plástico. Produtos utilizando estes materiais vão se industrializando e gradativamente substituindo a madeira. A pouca utilização da madeira de reflorestamento tem origem na falta de informação das possibilidades da madeira pelos empresários e dirigentes públicos, elevação do preço da madeira e baixa produção de madeira de qualidade. O estigma de que o pinus é madeira susceptível ao ataque de micro-organismos e o eucalipto é madeira de baixa qualidade, sofrendo rachaduras levaram ao preconceito com relação ao uso da madeira.

De acordo com Shimbo; Ino, (1998 *apud* LAROCA, 2002) a madeira de reflorestamento é uma alternativa para a melhoria das condições de vida da população de baixa renda. Quanto ao aspecto florestal e ambiental, a madeira de reflorestamento a partir de esforços conjuntos pode ser plantada e manejada para este fim, garantindo estoques para as gerações futuras.

Os esforços em direção à produção de habitações de interesse social sustentáveis é um esforço conjunto de vários segmentos (serrarias, fabricantes e construtores) e principalmente integrando profissionais de diversas áreas do conhecimento que possam

interagir nos aspectos político, cultural, ambiental e inclusive em dimensões éticas e estéticas (LAROCA, 2002).

A importância da utilização da madeira para a construção civil é grande, como dito seus benefícios são amplos, ela é um produto natural com baixo consumo de energia no processo de sua fabricação e possuem resultados de resistência satisfatórios para a construção civil. É preciso mais engenheiros que dominem mais as técnicas e processos construtivos das edificações de madeira, utilizando este material da melhor forma, ultrapassando as barreiras e os diversos paradigmas que envolvem as construções de madeira.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos observados percebemos a importância da utilização da madeira como elemento construtivo na construção civil. São vários fatores que contribuem para isto, mas principalmente o fato de ser um material renovável. Deve-se ainda salientar a necessidade do manejo florestal, que são estudos e técnicas empregados para a retirada específica de certas árvores, garantindo a cobertura florestal da área e reservando a maioria dos exemplares para a manutenção da biodiversidade e produção futura.

A madeira é um material com técnicas construtivas simples e variadas, sendo possível utilizá-la de muitas formas, dependendo de suas características e sua finalidade.

Os sistemas construtivos aproveitam as qualidades da madeira de forma que para cada função é destinado um tipo de madeira. No exterior, as que resistem a intempéries e ao sol e para o interior são direcionadas de acordo com a utilização, as que são indicadas para compor o forro e constituir o piso.

Para se fazer um projeto com estrutura de madeira, é imprescindível o conhecimento das características físicas e mecânicas das peças de madeira. Nas construções é muito utilizado o método de encaixe já prevendo que a madeira irá mudar a sua seção devido ao processo de secagem. Mesmo com as limitações apresentadas no estudo, as vantagens do uso da madeira obtêm resultados satisfatórios, principalmente na rapidez da execução e limpeza do canteiro de obras.

É conveniente o uso das estruturas de madeira, porém ainda é necessário eliminar a crença em relação a este material e buscar os benefícios de sua utilização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAYABA, Marcos. **Residência do engenheiro Hélio Olga**. Disponível em:<<http://www.marcosacayaba.arq.br/lista.projeto.chain?id=18>>. Acesso em: 27 ago. 2015.
- ALMEIDA, P. A. O., **Madeira como material estrutural**. Instituto Brasileiro do Concreto. São Paulo, 1996.
- ARAÚJO, Rosanne Teixeira de. Alternativas sustentáveis de uso da madeira na construção civil. **Revista da madeira**. n. 139. 2014. Disponível em:<<http://pt.calameo.com/read/0022986484b204ff6c900#>>. Acesso em: 13 dez. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**. Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- CALIL JUNIOR, C. *et al.* **Estruturas de madeira**. 1998. 107 f. Dissertação (Pós- graduação em Engenharia das Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- \_\_\_\_\_.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A.A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. 1. ed. São Carlos: Manole, 2003. 152 p.
- COELHO, José Clailson Franco, *et al.* . Variação longitudinal e radial das características anatômicas e físicas da madeira de *iryanthera grandis* ducke (myristicaceae). **Enciclopedia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.19; p. 1908-1922, dez. 2014
- COUTINHO, J. de S. **Materiais de construção civil I - Madeiras**. Feup, Porto, 1999
- DELUCIS, Rafael de Ávila, et al. Segregação e variação radial de propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 549-556, dez. 2013.
- ESPÓSITO, S. S. **O uso da madeira na arquitetura: Séculos XX e XXI**. 2007. 342 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2007.
- FERRARI, A., *et al.* **Sustentabilidade no mercado da construção de casas de madeira em Curitiba e região metropolitana**. III Simpósio nacional de tecnologia e sociedade proferido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.
- LAROCA, C. **Habitação social em madeira: Uma alternativa viável**. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- LERER, R.; MARQUESINI, M. **Tolerância zero: chega de madeira ilegal**. Greenpeace Brasil, São Paulo, dez. 2005.

MARQUES, L. E. M. M. **O papel da madeira na sustentabilidade da construção.** 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

MEIRELLES, C. R. M, *et al.* **Considerações sobre o uso da madeira no brasil em construções habitacionais.** III fórum de pesquisa proferido na Fau - Mackenzie I, 2007.

MELLO, R. L. **Projetar em madeira:** Uma nova abordagem. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MOLINA, Júlio Cesar; CALIL JUNIOR, Carlito. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul. / dez. 2010

MORIKAWA, D. C. L. **Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento.** Dissertação (Mestrado em arquitetura e construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

OLIVEIRA, D. S. **Resgate de técnicas construtivas mais sustentáveis:** Análise e descrição do sistema enxaimel. 2011. 73 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PEREIRA, C. M. B. **Arquitetura neovernacular em curitiba: Prospecção de suas contribuições para a Sustentabilidade em três estudos de caso.** Dissertação (mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Faculdade de Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PFEIL, W; PFEIL, M. S. **Estruturas de madeira.** 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 224 p.

PINTO, Edna Moura. A madeira: um material construtivo resistente ao fogo. **Revista Eletrônica de Ciências.** n. 27. 2004. Disponível em:<[http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_27/madeira.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_27/madeira.html)>. Acesso em: 12 out. 2015.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame.** 2012. 20 f. Dissertação (Pós-graduação em Arquitetura) - Instituto de Pós Graduação IPOG, Florianópolis, 2012.

TORRES, J. T. C. **Sistemas construtivos modernos em madeira.** 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

VAZ, S. M. **Avaliação técnica e econômica de casas pré-fabricadas em madeira maciça.** 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.