

# PERFIL E MEMÓRIAS DO ELEMENTO ESTRUTURAL: MADEIRA

Luciana Lopes Tenório<sup>1</sup>

Felipe Bomfim Cavalcante do Nascimento<sup>2</sup>

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Este trabalho procura proporcionar a compreensão das características biológicas e qualidades inerentes à madeira e como estas foram e são utilizadas na arquitetura e na engenharia civil diante das constantes transformações do mundo, tendo em vista a importância desse material no desenvolvimento de elementos estruturais. Com isso, busca provocar uma reflexão acerca das potencialidades desse material e propiciar a elaboração de estruturas inovadoras. Este artigo usou como referência os trabalhos de: Walter Pfeil e Michèle Pfeil, ao tratar da natureza, preparação e utilização da madeira; Luiz A. F. Bauer na análise das propriedades do material; Yopanan C. Rebello, Paulo B. Lourenço e Jorge M. Branco, José M. C. Gonçalves e Nicolau A. Leitão e suas análises das estruturas primárias de madeira e da evolução das mesmas conforme o tempo. Assim, foi depreendido que a madeira possui qualidades importantes que a fizeram essencial no processo de construção das estruturas e que sua funcionalidade construtiva não pereceu com o passar do tempo, sendo até hoje um material que se reinventa nas estruturas.

## PALAVRAS-CHAVE

Madeira. Elementos estruturais. Material.

## ABSTRACT

This paper aims to provide an understanding of the biological characteristics and qualities inherent to the wood. It was also studied how it was and how it is used in architecture and civil engineering in the face of constant changes in the world, considering the importance of this material in the development of structural elements. This way, It also aims to cause a reflection around the potentialities of this material and to provide the development of innovative structures. This article is based on the following authors: Walter Pfeil and Michèle Pfeil when dealing with the nature, formulation and use of wood; Luiz A. F. Bauer in the analysis of material properties; Yopanan C. Rebello, Paulo B. Lourenço and Jorge M. Branco, José M. Gonçalves C. and Nicolau A. Leitão and their analysis of the primary structures of wood and their evolution over the time. Thus, it was inferred that the wood has important qualities which made it essential in the construction process of the structures and that their constructive feature don't perish in the course of time, but it has been a material that reinvent itself in the structures.

## KEYWORDS

Wood. Structural elements. Materials.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um dos materiais construtivos mais usados no mundo. Nos primórdios a interação do homem com esse material provocou transformações na relação deste com a natureza. Dentre elas, o desenvolvimento de estruturas de madeira foi fundamental para que fossem superadas dificuldades diversas. Tais elaborações não apenas o auxiliaram a suprir necessidades e ultrapassar barreiras, como mais tarde possibilitaram o aperfeiçoamento técnicas de construção de estruturas e estabeleceram bases as concepções atuais. Assim, faz-se necessário o conhecimento dos principais aspectos e de algumas formas de uso deste material diante de seu papel importante na arquitetura e engenharia civil.

Dessa maneira, o presente artigo visa compreender certas características biológicas, qualidades e vulnerabilidades inerentes à madeira e alguns dos processos básicos para se obter uma boa matéria-prima; examinar os principais tipos de ligações existentes entre suas peças e analisar o surgimento e o desenvolvimento das estruturas desse material e sua posição diante de alguns momentos históricos. Assim, tem-se como objetivo reunir informações básicas importantes para uma fácil compreensão da madeira no intuito de gerar empatia ao seu respeito, e inspirar a superação dos desafios atuais e a busca por novas técnicas que propiciem transformações na arquitetura e engenharia.

Realizado por meio de pesquisa bibliográfica e webgráficas, o presente artigo aborda em seu primeiro capítulo os aspectos referentes às espécies de madeira e processo de captação e preparação das peças por meio da análise de Pfeil e Pfeil (2003). O segundo capítulo trata-se de uma enumeração e análise breve das propriedades presentes neste material feito por meio da compreensão de Bauer (2008).

No terceiro capítulo são explicados os principais tipos de ligação e sua importância, dando continuidade à análise de Pfeil e Pfeil (2003). O quarto capítulo aborda as estruturas primárias de madeira e suas influências no modo de vida do homem por meio da interpretação de Rebello (2000), Lourenço e Branco (2012) e Gonçalves (2012). Por fim, pela análise dos dois últimos autores citados anteriormente, unidos a análise de Leitão (1994), o quarto capítulo discorre sobre algumas das transformações nos métodos construtivos das estruturas de madeira e sua posição na atualidade.

Dessa maneira, depreende-se que o papel essencial da madeira na evolução do homem ocorreu devido as suas características e ao domínio que o indivíduo buscou ter acerca deste material ao longo do tempo. Sendo a busca por novas técnicas um processo contínuo, é preciso conhecer ao máximo a respeito da madeira a fim de fomentar as bases para novas experimentações na construção de estruturas dessa natureza.

## **2 A QUALIDADE DA MADEIRA**

Um dos materiais mais antigo utilizado no mundo como elemento estrutural é a madeira. Ela foi e é um material indispensável para o progresso da arquitetura e da engenharia civil. Mas o desenvolvimento de técnicas construtivas com madeira só foi possível graças ao reconhecimento das qualidades inerentes à sua própria natureza e a superação de alguns de seus aspectos desfavoráveis. Portanto, é primordial compreender o perfil deste material, pois este embasa os parâmetros que ainda são seguidos atualmente e carrega um potencial inovador.

Hoje, tem-se conhecimento de variadas espécies de madeiras que podem ser utilizadas na construção de estruturas. Segundo Pfeil e Pfeil (2003), as madeiras são classificadas em: Madeiras Duras que são provenientes de árvores dicotiledôneas que tem crescimento lento e melhor qualidade, mais conhecidas como Madeira de Lei, como por exemplo, a Peroba, o Ipê e o Carvalho; e Madeiras Macias que advém de árvores coníferas que tem crescimento rápido, como por exemplo, o Pinheiro-do-panará e o Pinheiro europeu.

Esta divisão reflete a resistência das espécies, sendo as Madeiras Duras indicadas para construção de estruturas devido a sua consistência e durabilidade. É interessante ressaltar que a utilização de determinada espécie depende da variedade existente em cada território. No Brasil, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, a

fim de promover o uso sustentável, proteger certas espécies e garantir a procedência legal da madeira, criou o Catálogo de Madeiras Brasileiras para a Construção Civil (2013). Nele são sugeridas madeiras menos conhecidas, mas com desempenho tão bom quanto as tradicionais para cada tipo de utilização. Veja na tabela abaixo alguns exemplos de espécies para construção de estruturas presente no Catálogo:

Quadro 1 – Tabela sugestão espécies

<b>Construção Civil</b>	<b>Espécies</b>
Pesada Externa	Angelim-Amargoso, Cumaru e Jatobá
Pesada Interna	Quaruba, Tauari e Oiticica-amarela
Leve externa e uso temporário	Cedrorana, Curupixá e Tachi

Fonte: Dados da pesquisa.

É certo que algumas espécies possuem características que lhes conferem a resistência necessária para assumir o papel de determinados elementos estruturais em uma construção. Porém, para que um tronco resulte em um material de qualidade para este fim é preciso que este passe corretamente pelos processos de corte, desdobro, secagem e tratamento, no intuito de garantir propriedades importantes, evitar rachaduras, insetos, fungos entre outros problemas.

Conforme Pfeil e Pfeil (2003), os troncos devem ser abatidos na maioridade e no período de seca. O desdobro (divisão das peças) deve ser feito o mais breve possível após o corte e as peças devem passar por um período de secagem para redução da umidade a fim de atingir o equilíbrio para que possam ser utilizadas com segurança e as peças devem passar por tratamentos. Embora a madeira apresente vulnerabilidades, tratando-a devidamente tem-se um material economicamente vantajoso graças à origem natural, renovável, durável e reutilizável, além de ser seguro e com ótima qualidade estética.

### **3 PROPRIEDADES DA MADEIRA**

Para Bauer (2008) as madeiras reúnem um grupo de características técnicas que aliadas às qualidades econômicas e estéticas desta, formam uma combinação difícil de encontrar em outros materiais. As principais propriedades da madeira que justificam esse pensamento são: sua capacidade de resistir a esforços de tração, compressão, flexão e suportar bem choques e esforços dinâmicos, além de ser um excelente isolante térmico por oferecer absorção acústica aos ambientes e permitir meios de ligação práticos e seguros.

Entretanto, é um material combustível; embora apresente um baixo índice de propagação das chamas devido a uma camada de isolamento criada durante a queima; possui dimensões limitadas, além de ser higroscópico por natureza, ou seja, capta umidade (inchamento) e a libera (retração) a fim de alcançar o equilíbrio com o ambiente. E essa característica torna fundamental que se compreenda sua composição química. Outro fator a se observar é a sua anisotropia. Trata-se da disposição do crescimento das fibras no tronco, o que define a variabilidade dentro e fora da mesma espécie e afeta as propriedades físicas e de resistência da madeira.

Segundo Bauer (2008, p. 438) a madeira “como material de construção, tem a importância de ser, depois dos aços, o segundo material de maior consumo [...]”. Isso se deve às qualidades citadas por Bauer (2008), dentre elas, a resistência à tração e compressão que a coloca como um elemento estrutural tão bom quanto o aço que é resistente à tração. Apesar da união do aço com o concreto (concreto armado) ter superado esse problema, a importância da madeira não foi minimizada. Ela que esteve presente na história do homem desde os primórdios, passando por diversas fases e processos, se mantém até os dias de hoje como um material de grande importância na construção civil.

#### 4 MEIOS DE LIGAÇÃO

Desde as estruturas rudimentares de madeira às mais sofisticadas há um passo importante para garantir a sustentação da construção, que é definir o método de junção das peças. Sendo assim, em toda e qualquer estrutura de madeira os meios de ligação têm um papel primordial na união adequada das peças, pois conforme Lourenço e Branco (2012) é nas ligações que estão os pontos mais fracos da estrutura por se tratar de uma área de tensões.

Apesar disso, a facilidade de ligar das peças de madeira representa uma vantagem em relação a outros métodos construtivos e isso fez com que esse material fosse amplamente experimentado e usado continuamente o que assegurou a implementação de alguns tipos de ligações que temos hoje. Resumindo a explicação Pfeil e Pfeil (2003) mostrou que os principais tipos empregados nas estruturas são:

Quadro 2 – Tipos de ligação

<b>Principais Tipos de Ligações</b>	
Colagem	Emenda realizada com cola
Pregos	Peças metálicas cravadas na madeira
Pinos ou cavilhas	Eixos cilíndricos de aço ou madeira e cravados em furo de diâmetro inferior resultando num encaixe sem folga.
Parafusos	Instalados em furos e apertados a porca.

<b>Principais Tipos de Ligações</b>	
Conectores metálicos	Peças usualmente em forma de anel, encaixada na madeira e ligada por parafuso.
Torugos ou chavetas	Peças de madeira ou metal colocadas no interior do entalhe.
Entalhes ou encaixes	Ligação através de encaixe que tem a junção é mantida com grampos e parafusos.
<b>Elementos auxiliares</b>	
Grampos e braçadeiras	Atuam como fixadores auxiliares

Fonte: Dados da pesquisa.

Os meios de ligação foram criados para garantir a estabilidade e a segurança das construções em madeira. Graças ao desenvolvimento destes, foi possível erguer desde pequenas habitações com troncos de madeiras a castelos, igrejas e modernas casas. Infelizmente, algumas obras não resistiram ao tempo, porém, outras sobreviveram e se tornaram referência do potencial desse material como estrutura para as construções atuais.

## 5 ELEMENTOS ESTRUTURAIS RUDIMENTARES DE MADEIRA

Ao encontrar madeira em abundância na natureza, o homem primitivo tornou-se íntimo de suas qualidades aos poucos, conhecendo seu comportamento, explorando seu potencial, desenvolvendo diversas formas de construir, o que consequentemente influenciou a arquitetura e engenharia por meio do tempo. “Desde o aparecimento do homem, a técnica e a arte de trabalhar a madeira têm evoluído, começando por um processo manual e primitivo, até à vasta e engenhosa indústria moderna” (LOURENÇO; BRANCO 2012, p. 201).

Porém, é preciso atentar que cada civilização interagiu e interage com esse material, muitas vezes, de maneiras diferentes. De acordo com Lourenço e Branco (2012) isso ocorre conforme a época, as características e necessidades de cada civilização e o comportamento dos agentes naturais. De qualquer forma, a princípio, a seleção da madeira para construção era feita pela experimentação das espécies que existiam na localidade. Assim, se definia se ela era própria ou não para determinada necessidade.

A descoberta das potencialidades da madeira pelo homem primitivo como sua resistência, leveza, flexibilidade, facilidade de manuseio foram essenciais para o desenvolvimento das primeiras estruturas. No primeiro momento, o indivíduo enquanto nômade se deslocava de um lugar para outro em busca de alimento e condições

climáticas favoráveis. Era por meio da experimentação e observação que surgiram as estruturas primárias de madeira. “Ao tentar atravessar um riacho e não havendo qualquer possibilidade de travessia natural, o homem procurou imitar a natureza, lançando mão de um troco caído, ou empilhando pedras caídas ou, ainda, usando tranças de cipó” (REBELLO, 2000, p. 231).

Contudo, usavam cavernas e buracos escavados no chão combinados a outros elementos naturais como abrigos temporários. Mas com o desenvolvimento da agricultura e da criação de animais os grupos tiveram condições de se fixar num local e se tornaram sedentários. E isso trouxe a necessidade de se elaborar moradias resistentes para proteção permanente em lugares diversos e a madeira foi uma peça chave nesse processo.

Por volta de 5.000 a. C, o homem aprendeu a domesticar animais e a cultivar alguns grãos [...] Não tendo mais necessidade de procurar o alimento em locais afastados, o homem tornou-se sedentário e, portanto passou a precisar de abrigos permanentes. (REBELLO, 2000, p. 232).

Nas primeiras estruturas para habitações de madeiras, a forma bruta do material era combinada com outros elementos disponíveis, como o barro, a pedra e peles de animais, por exemplo, num processo manual realizados com técnicas e instrumentos desenvolvidos por cada grupo. “Em muitas partes do mundo, bastava uma armação de ramos ou de pequenos troncos, coberta com folhas ou cascas de árvores, para criar um habitáculo. Estes troncos foram os precursores das estruturas de madeira atuais” (LOURENÇO; BRANCO, 2012, p. 203).

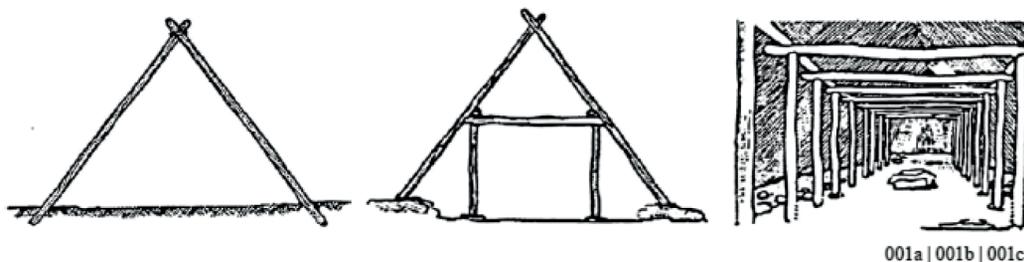
Parte do sucesso desses processos se deve ao fato da madeira se destacar pela boa interação com outros materiais. Rapidamente, sua versatilidade tornou-se muito apreciada, mas as estruturas foram evoluindo com o passar do tempo, juntamente com o aprimoramento dos meios de ligação. Logo surgem duas peças de madeira fixadas no solo e ligadas na parte superior por fibras vegetais formando uma estrutura triangular.

Posteriormente, foram adicionadas duas escoras de madeira verticais e uma horizontal a fim de suportar a cobertura e possibilitar a ampliação do espaço interno. Em seguida, as peças da cobertura passaram a se apoiar nas estruturas verticais e não mais no solo. Disto resultaram as estruturas primárias de parede e do conjunto viga e pilar. Segundo Gonçalves (2012, p. 23):

Nas primeiras construções em madeira, a cobertura comportava toda a estrutura do edifício, cuja composição passava por varas espetadas no chão de forma a intersectarem-se no ponto mais alto, posteriormente, cobertas por elementos vegetais ou peles animais. Conforme foi crescendo e evoluindo a construção,

novos desafios advieram, desenvolvendo-se, paulatinamente, apoios intermédios aos elementos estruturais inclinados da cobertura. Estes elementos criaram a armação base da parede e propiciaram a fácil criação de aberturas. A própria cobertura, por forma a garantir mais espaço no interior, passou a apoiar directamente nas paredes, germinando, então, a forma de construir que se perpetua até hoje.

Figura 1 – Estrutura de madeira rudimentar



Fonte: Gonçalves (2012).

As necessidades humanas conduziram a experimentação da madeira para compor diversas estruturas que possibilitaram melhorias perceptíveis no seu modo de vida e a importância desse momento fica evidente, ao passo que esses elementos passam a ser desenhados pelos homens primitivos. Rebello (2000, p. 233) relata que “Gravações na caverna de Dordogne, na França, reproduzem pilares e vigas de madeira”. Portanto, a interação com a madeira foi extremamente significativa para o desenvolvimento das estruturas, pois se tornou precursora da viga e pilar, composição essencial para a criação dos princípios básicos das estruturas que ainda são utilizadas nas edificações no mundo todo.

## 6 A MADEIRA EM OUTRAS ESTRUTURAS

O uso da madeira teve suas variantes conforme o tempo e espaço; ao adentrar no Mundo Antigo observa-se que seu uso se tornou cada vez mais diverso, assim como a interação com outros materiais. Segundo Lourenço e Branco (2012) na Mesopotâmia, por exemplo, as construções eram feitas principalmente de adobe e vigas de madeira já no Egito ela era utilizada usualmente na construção de andaimes, pois se preferia usar pedra e argila nas construções.

Por outro lado, os Celtas tinham a maioria das casas com estrutura de madeira, mas não se pode deixar de citar as construções gregas e romanas, pois conforme Gonçalves (2012), uma das formas mais utilizada da madeira era nas estruturas de cobertura por ser muito eficiente aos esforços de tração. Por meio dos exemplos citados,

compreende-se que a atuação desse material nas estruturas se deu além do suporte básico da habitação, sendo usada em uma grande variedade de estruturas conforme o desenvolvimento das civilizações.

Por ser abundante na natureza, a madeira foi cada vez mais empregada como matéria-prima nas estruturas, o que promoveu intensamente a carpintaria. Nesse sentido, é preciso citar o sistema japonês de construção com madeira que por meio de técnicas de encaixe propiciou que fossem erguidas obras simplesmente magníficas. Para Gonçalves (2012) a forma de estabilizar a madeira expressa na arquitetura japonesa é notável e se distingue dos demais sistemas como exemplo deste tipo de estrutura é o complexo de templos de Horyu-Ji de 607, Japão que segundo o site pertencente ao complexo suas estruturas são as mais antigas do mundo em madeira.

Figura 2 – Kondo, templo que faz parte do complexo de Horyu-Ji



Fonte: Serrano (2015).

Voltando ao Ocidente, diversas técnicas de uso da madeira foram utilizadas, mas com o tempo a madeira foi sendo substituída por outros materiais compatíveis com o desenvolvimento e as necessidades de determinado momento. Segundo Lourenço e Branco (2012) na Idade Média as moradias e palácios urbanos da arquitetura gótica e românica foram inicialmente construídos em madeira aliada a outros materiais auxiliares, porém com o passar do tempo ela foi substituída por pedra. Um exemplo de um modo de construção com madeira do período é o sistema de duela, na qual tanto a estrutura principal quanto o revestimento é concebido com ela. Sobre o sistema de duela, Gonçalves (2012, p. 27) explica que:

Na Noruega, desenvolveu-se, uma estrutura em madeira muito distinta, dedicada à construção de igrejas, o sistema de aduela, que partilha o mesmo esforço na estabilização das estruturas de madeira. As paredes formadas por um conjunto de molduras, eram concebidas através de pilares e vigas, e preenchidas por tábuas verticais. A viga da base, assente numa pequena fundação de pedra, assumia um papel importante na protecção e rigidificação da estrutura, evitando a ascensão

de humidade por capilaridade e fornecendo uma base estável por meio de entalhes nas extremidades. Uma treliça simples, apoiada nos pilares das paredes e com as águas muito inclinadas, definia a cobertura.

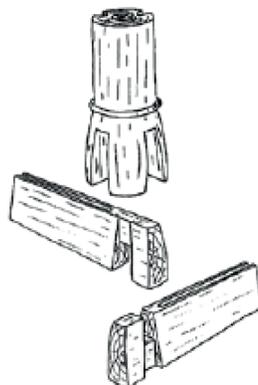
Na imagem à esquerda a Igreja de Madeira de Urnes do século XII na Noruega. Exemplo de construção no sistema de duela e a direita detalhe de ligação pilar/viga em duela.

Figura 3 – Igreja de Madeira de Urnes



Fontes: Noruega (2016)

Figura 4 – Sistema de duela



Fonte: Gonçalves (2012)

Conforme Lourenço e Branco (2012) no fim da Idade Média os carpinteiros já erguiam edifícios de madeira de até seis pisos, assim, muitas construções deste período e do Renascimento tinham suas estruturas feitas com esse material.

As paredes eram construídas enchendo simplesmente os espaços existentes entre os elementos em madeira, com areia e argila, que se aplicava sobre um entrelaçado de ripas e tecido firmemente preso à estrutura de madeira, tanto pelo interior como pelo exterior. Quando para a estrutura do edifício se utilizava madeira pouco seca, que sofria torções e contrações, este enchimento estalava, sendo necessário um reenchimento posterior para solucionar este problema. Depressa, este sistema de enchimento foi substituído pela utilização de alvenaria e tijolos, que permitiam, além do mais, suprimir as telas e os entrelaçados de ripas. (LOURENÇO; BRANCO, 2012, p. 206).

A madeira continuou sendo largamente utilizada nas estruturas ao chegar a Idade Moderna. Construíam-se navios, pontes, andaimes e em habitações, porém em obras de maior relevância, muitas vezes, a ela era utilizada em estruturas auxiliares. Mais tarde, o surgimento do ferro fundido e a utilização de materiais como o vidro, não inibiu o uso da madeira. Como era um material antigo que se tinha muito co-

nhecido a respeito, foi usado muitas vezes em conjunto com esses materiais para dar confiabilidade às estruturas. Segundo Gonçalves (2012, p. 29):

Na primeira metade do século XIX, o processo de industrialização aplicado à madeira e vidro, sem alterar significativamente a sua natureza, potencializou quer o acesso destes materiais ao mercado, quer uma surpreendente eficácia na sua utilização. Nesta altura, consagram-se, desenvolvimentos de novos sistemas e aplicações da madeira, que atestavam a sua adequação a grandes e audazes estruturas, como arcos constituídos por madeiras curvadas, sistemas compostos de madeira e metal e sistemas tridimensionais compostos por madeira ligada entre si por malhas de cabos metálicos.

Uma obra que reflete bem este momento é o Palácio de Cristal construído e inaugurado em 1851 no *Hyde Park* em Londres para abrigar a Grande Exposição de 1851. Conforme Leitão (1994) era uma enorme estrutura modular que unia tanto o ferro fundido e o vidro; que eram materiais inovadores no advento da Revolução Industrial; como também madeira. Este projeto gerou todo tipo de desconfianças, entre estas a questão da segurança da estrutural.

Logo, o uso da madeira na estrutura passava segurança, já que ela era um material mais conhecido em detrimento ao ferro e principalmente o vidro que passava a sensação de fragilidade. Por isso, "O Palácio de Cristal era um projeto de enorme arrojo para a época" (LEITÃO, 1994, p. 38). Infelizmente a edificação foi destruída por um incêndio em 1936. Na imagem a seguir se pode visualizar o interior do edifício e a utilização dos materiais citados na estrutura.

Figura 5 – Palácio de Cristal, Londres



Fonte: Wikipedia (2016).

Os novos materiais que adentraram no hall da engenharia e da arquitetura na época correspondiam às necessidades do mercado e da indústria naquele momento, assim, acabaram por substituir a madeira, embora ela nunca tenha caído em desuso completamente. Para Gonçalves (2012, p. 29) “Em função da fiabilidade das propriedades mecânicas dos novos materiais, uma vez estáveis e dimensionáveis, a madeira, até então, o fundamento da técnica construtiva, foi, progressivamente, relegada do âmbito da construção”.

A trajetória da madeira como sistema estrutural, comprovou suas qualidades, abriu caminhos para desenvolvimento de soluções para suas vulnerabilidades e ao mesmo tempo proporcionou a criação de novas formas de estruturais. Para Lourenço e Branco (2013, p. 210) “A madeira é um material estrutural esteticamente aprazível que permite desenvolver soluções criativas, inovadoras, robustas e de alta qualidade em resposta a numerosos desafios arquitetônicos e estruturais”. Diante disto é possível compreender porque este material continua tendo seu espaço na arquitetura e engenharia civil. Gonçalves (2012, p. 33) complementa:

Muitas e confirmadas, são as razões que, desde tempos remotos, justificam a preferência que o Homem votou na madeira para construir. A polivalência que apresenta, as memórias que sugere, a tradição que carrega e a capacidade de sempre se reinventar, despertam no Homem a vontade de a ter sempre por perto. Nela deposita memórias, impressões e sobretudo uma confiança, que só a experiência e cumplicidade milenares, consentem.

Um exemplo do uso da madeira em estrutura na atualidade é o Metropol Parasol – guarda-sol metropolitano. Segundo a descrição de Carlos Smaniotto Costa na revista on-line Vitruvius (2011), o arquiteto “Jürgen Mayer, vencedor do concurso internacional realizado em 2004, criou uma gigantesca estrutura madeira com treliças ortogonais de 1,5 x 1,5 m, com 150m de comprimento, 75m de largura e 28m de altura”. Ele explica que a obra visou à recuperação da área onde antes era um antigo convento e um Mercado Público, demolidos em 1983.

Figura 6 – Metropol Parasol, Sevilha, Espanha (2011)



Fonte: Wikipedia (2016).

Portanto, é notável como a interação do homem com madeira, na busca por suprir suas necessidades em cada momento na história, teve a capacidade de afirmar esse material na arquitetura e na engenharia civil e fazer com que este fosse reinventado como elemento estrutural continuamente. Assim, diante da confiabilidade e versatilidade inerentes a mesma, esta se mantém na lista de materiais em uso de excelência até os dias atuais.

## 7 CONCLUSÃO

O estudo da madeira como elemento estrutural efetuado neste trabalho, revela tanto sobre as qualidades e o grau de aproveitamento que se pode obter com ela, quanto suas vulnerabilidades, as quais foram sendo superadas graças à engenhosidade humana. A necessidade abriu os caminhos para o conhecimento a respeito deste material, e isso transformou profundamente a relação do homem com o meio, conseqüentemente, promoveu mudanças nas formas de conceber a arquitetura e a engenharia.

Visto que a madeira possui inúmeras qualidades, tornou-se um elemento tradicionalmente presente nas estruturas, demonstrando acessibilidade para execução de experimentos e ótima compatibilidade com outros materiais. Embora em alguns momentos, aparentemente, foi deixada de lado, sua natureza confiável não permitiu que caísse em desuso, pelo contrário, sua história revela que ela nunca deixou de estar presente, apenas, foi sendo reinventada conforme o tempo.

Assim, não é exagero dizer que a madeira é um dos materiais mais revolucionários que já existiu para ser humano. Pois dentro de sua essência, simplicidade e imperfeição ela fornece condições deste erguer tanto estruturas fabulosas quanto um simples abrigo primitivo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. A. Leitão de. **A madeira como material estrutural – projeto da estrutura da cobertura de um edifício**. 2011/2012. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (UEUP), Porto, Portugal, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65109/2/53078.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO Brasileira De Normas Técnicas. **NBR7190/1997 Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de construção, 2**. Revisão técnica: João Fernandes Dias. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BRANCO, Jorge M. **Casas de madeira**: da tradição aos novos desafios. Porto: Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/23748>> Acesso em: 20 jun. 2016.

COSTA, Carlos Smaniotto. Metropol Parasol em Sevilha. **Revista Vitruvius**, ano 11, 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/11.130/4066>>. Acesso em: 9 ago. 2016.

GONÇALVES, José Manuel Conde. **Desenhar com madeira**. Universidade Lusíada do Porto. 2012. Dissertação (Mestrado). 2012. Disponível em: <[repositorio.ulusiada.pt/bitstream/11067/308/1/Dissertação%20de%20mestrado.pdf](http://repositorio.ulusiada.pt/bitstream/11067/308/1/Dissertação%20de%20mestrado.pdf)> Acesso em: 2 mar. 2016.

INSTITUTO de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. [coordenação Augusto Rabelo Nahuz]. Vários autores. ISBN 978-85-09-00175-9 – São Paulo, 2013. Disponível em: <[http://www.ipt.br/\\_externo.php?url=http://aleph.ipt.br/F](http://www.ipt.br/_externo.php?url=http://aleph.ipt.br/F)>. Acesso em: 13 abr. 2016.

LEITÃO, Nicolau Andresen. **Exposições universais. Londres 1851**. Edição Lisboa Expo 1998. 1994. Disponível em: <<http://cvc.instituto-camoes.pt/conhecer/biblioteca-digital-camoes/explorar-por autor.html?aut=1553>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

LOURENÇO, Paulo B.; BRANCO, Jorge M. **Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI**. CITCEM. Dept. Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2012. p.201-213. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/26503>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

NORUEGA. Igreja de Madeira de Urnes. **Visitnorway.com**. Disponível em: <<https://www.visitnorway.com.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

REBELLO, Yopanan C. Pereira. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate, 2000.

SCHNEIDER, Robson; ARAÚJO, Phelipe Luiz Damasceno. **Introdução à engenharia civil**. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas-TO, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAdx8AA/trabalho-estruturas-madeira>> Acesso em: 2 mar. 2016.

SERANO, Miguel. Kondo. Disponível em: < <http://www.absolutjapon.com/>>. Acesso em: 13 abr. 2016

WIKIPEDIA – a enciclopédia livre. **Metropol Parasol**. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Metropol\\_Parasol](https://pt.wikipedia.org/wiki/Metropol_Parasol)>. Acesso em: 2 mar. 2016.

---

**Data do recebimento:** 24 de junho de 2016

**Data de avaliação:** 25 de julho de 2016

**Data de aceite:** 12 de agosto de 2016

---

---

1. Acadêmica de Engenharia Civil no Centro Universitário Tiradentes – UNIT. Email: Luciana.tenorio83@gmail.com

2. Professor do Curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: bonfimfelipe@hotmail.com