

# **PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA OCACIONADAS POR AGENTES BIÓTICOS E ABIÓTICOS**

Ana Paula Parma

Graduanda em Engenharia Civil, UNIARA, Departamento de Ciências e Tecnologia, Araraquara – SP,  
anap.parma40@gmail.com.

Felipe Hideyoshi Icimoto

Doutor em Engenharia de Materiais, USP, Departamento de Engenharia de Materiais, São Carlos – SP  
felipe.icimoto@gmail.com

**Resumo:** A madeira é um material de origem orgânica e por este motivo está sujeita a deterioração causada por agentes bióticos (como fungos, bactérias e insetos) e por agentes abióticos (como desgastes físicos e químicos). A utilização da madeira em estruturas de coberturas, pisos, pontes e passarelas exige segurança para as pessoas que por ali circulam. O objetivo deste trabalho é apresentar os agentes causadores da degradação precoce dos elementos estruturais da madeira, exemplificar os sintomas do ataque, os danos deixados por cada tipo de agente e demonstrar os métodos de análise e manutenção dos elementos de madeira. Os estudos bibliográficos comprovam que o tratamento preservante mais adequado é aquele baseado no ambiente onde a madeira será empregada, e aliado com a inspeção preventiva periódica, são os métodos mais viáveis economicamente para prolongar a vida útil das estruturas de madeira.

**Palavras-chave:** Patologia. Inspeção. Manutenção. Deterioração.

## **PATHOLOGIES IN WOOD STRUCTURES OCCURRED BY BIOTECH AND ABYOTIC AGENTS**

**Abstract:** Wood is a material of organic origin and is therefore subject to deterioration caused by biotic agents (such as fungi, bacteria and insects) and by abiotic agents (such as physical and chemical wear). The use of wood in roofing structures, floors, bridges and walkways demands safety for the people that circulate there. The objective of this work is to present the agents that cause the early degradation of the structural elements of the wood, to exemplify the symptoms of the attack, the damages left by each type of agent and to demonstrate the methods of analysis and maintenance of the wood elements. The bibliographical studies prove that the most suitable preservation treatment is based on the environment where the wood will be used and, together with periodic preventive inspection, are the most economically viable methods to prolong the useful life of the wood structures.

**Key-words:** Pathology. Inspection. Maintenance. Deterioration.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é o material mais versátil e mais utilizado ao longo da história, desde a época pré-histórica o homem já visualizou a potencialidade desse material como elemento estrutural, construindo abrigos para se proteger do frio e de animais. O uso da madeira estrutural no Brasil tomou grandes proporções com a colonização dos portugueses que a utilizavam para construções de moradias e embarcações.

Na atualidade, a madeira é amplamente utilizada na construção civil em aplicações estruturais como coberturas, pisos, pontes e passarelas, assim como em aplicações não estruturais como esquadrias e escadas por exemplo. As empresas, por visualizar no Brasil uma fonte de recursos e grande variedade de espécies com ótima qualidade, estão investindo cada vez mais, impulsionando os avanços tecnológicos e tornando o emprego da madeira mais sofisticado e com novas aplicações de uso.

Na área da construção, o termo patologia é utilizado para caracterizar as manifestações, origens e mecanismos que interferem no estado físico dos elementos de madeira nas edificações, afetando por consequência sua resistência mecânica. A madeira é um material de origem orgânica e por este motivo está sujeito a deterioração por agentes bióticos - bactérias, fungos, insetos e perfuradores marinhos - e agentes abióticos - agentes físicos, químicos, atmosféricos e danos devido ao fogo.

Os agentes bióticos são organismos, como fungos e insetos, capazes de utilizar a madeira como alimento ou abrigo, degradando o material. Vento, chuva, umidade, temperatura e fogo degradam a madeira isoladamente ou em conjunto e juntamente com as falhas na elaboração e execução dos projetos são os maiores causadores de patologias, quando se tratando de agentes abióticos.

As manifestações patológicas estão relacionadas ao fator que as originam e dependem de algumas condições para sua ocorrência. Onde os principais motivos são falhas de projeto, falta de conhecimento do material e falta de tratamento preservante da madeira.

Evitar a troca do elemento antes que esteja degradado é uma opção viável economicamente, para isso, é necessária a identificação precoce das manifestações, o que é possível através da inspeção preventiva que avalia se há sinais de deterioração por vistorias periódicas.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar os principais agentes causadores da degradação precoce de elementos estruturais de madeira, exemplificando cada tipo do ataque, seus consequentes danos à estrutura e fornecer soluções para prolongar a durabilidade da madeira em uso e também apresentar técnicas para reabilitação das estruturas de madeira.

Buscando fundamentar o conteúdo apresentado, foram realizadas pesquisas sistemáticas na bibliografia sobre os estudos das manifestações patológicas em estruturas de madeira e pesquisas literárias para organização do conteúdo em relação às técnicas de inspeção e reabilitação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A madeira apresenta grandes vantagens na utilização em construção civil, pode ser trabalhada com ferramentas simples e permite ligações e emendas de fácil execução (RODRIGUES; SALES, 2013).

A utilização é condicionada a sua vida útil tropicais e determinada pela sua durabilidade natural do material e sua preservação. O tratamento preservativo é uma estratégia para estender a vida útil do material e atender as exigências do mercado (MENDES; ALVES, 1988).

Segundo Brito (2014) a partir do instante em que a árvore é formada, a madeira está susceptível a degradação por uma grande variedade de agentes deterioradores. O tipo de degradação presente na peça de madeira é definido a partir da situação de risco ao qual a peça está exposta e a quantidade fatores que favorecem essa degradação (KUMODE, 2008). O dano varia desde pequenas manchas (Figura 1) ou descolorações causadas por fungos ou substâncias químicas até deteriorações de gravidade maior, causadas por fungos apodrecedores ou insetos (BRITO, 2014).

Figura 1: Manchas causadas por fungos.



Fonte: KLOCK *et al.*, (2005).

A madeira não se deteriora por seu envelhecimento, a desintegração efetua-se por diversos motivos. Segundo Brito (2014) a deterioração da madeira é um processo contínuo que altera as propriedades para o grau que favorece o ataque de outros agentes biodeterioradores. O desconhecimento das propriedades da madeira e a utilização de métodos inadequados de construção deixam a madeira suscetível a patologias (RODRIGUES; SALES, 2013).

Por ser produzida a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas, a madeira que não for adequadamente tratada e conservada estará sujeita a problemas futuros (RODRIGUES; SALES, 2013).

As patologias que surgem na madeira ocorrem por diversos motivos, podendo ser consequência de agentes biológicos, de origem estrutural ou degradação físico-química (RODRIGUES; SALES, 2013).

As principais causas da deterioração da madeira são ocasionadas por agentes bióticos (degradação biológica) e agentes abióticos (degradação física, química, desgaste mecânico) (MENDES; ALVES, 1988).

## 2. 1 AGENTES BIÓTICOS

Segundo Brito (2014) os principais agentes bióticos de deterioração de madeira são as bactérias, os fungos, os insetos e os perfuradores marinhos. Assim como Mendes e Alves (1988) afirmam que a degradação por agentes bióticos (Figura 2a e 2b) é causada por organismos xilófagos: fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias.

Figura 2. a) Madeira danificada por fungos, bactéria e cupins ; b) Madeira degradada por perfuradores marinhos.



Fonte: (a) MORENO (2013); (b) ALCAROL (2014).

Rodrigues e Sales (2013) afirmam que os agentes bióticos são os causadores mais presentes nas patologias e os maiores responsáveis pela rotura parcial ou total das estruturas, sendo e os fungos frequentemente encontrados nas degradações.

As ações de agentes biológicos só ocorrem quando há condições de sobrevivência, como umidade, alimento, oxigênio e temperatura adequada. Se não houver algum desses fatores o ataque é inexistente ou menos agressivo (BRITO, 2014).

### 2. 1. 1 BACTÉRIAS

As bactérias são seres unicelulares e importantes colonizadores da madeira não tratada (BRITO, 2014). Mendes e Alves (1988) afirmam que o ataque é comum em madeiras que permanecem submersas por semanas ou meses. Essa umidade ao qual a madeira fica exposta provoca o aumento da permeabilidade e quando em estágio avançado, amolecimento da superfície da madeira (BRITO, 2014).

O fator mais importante para o ataque de bactérias é o elevado teor de umidade, portanto, a madeira que fica exposta a água por grande período fica susceptível a contaminação por bactérias (KUMODE, 2008).

A biodeterioração por apodrecimento bacteriano é um processo lento, mas pode se tornar extremamente grave quando a madeira é mantida submersa por longo período (BRITO, 2014).

Existem evidências que as bactérias em seu desenvolvimento conseguem atacar o verniz, em condições pulverizadas ou imersas, podendo causar mudanças no caráter físico do verniz e até mesmo a perda de resistência na madeira (BRITO, 2014).

O ataque é observado como mancha na superfície da madeira (KUMODE, 2008). No entanto, Brito (2014) relata que visualmente é difícil identificar a madeira deteriorada por bactérias e sem o auxílio de ensaios biológicos pode ser confundido com o ataque de fungos apodrecedores.

As enzimas segregadas pelas bactérias podem conferir à madeira um cheiro bastante desagradável, dependendo da intensidade do ataque (MENDES; ALVES, 1988).

## 2. 1. 2 FUNGOS

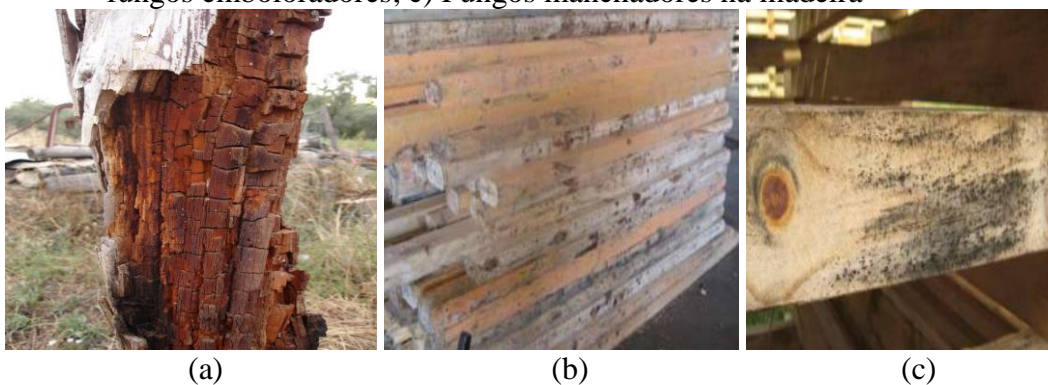
Os fungos utilizam a madeira como fonte de alimento, segregando enzimas que degradam a celulose, hemicelulose, ou lignina e absorvem o material degradado para completar o processo de digestão (BRITO, 2014).

Uma vez que o fungo obtém uma quantidade suficiente de energia, produz um corpo de frutificação para distribuir os esporos reprodutivos e infectam peças de madeira próximas às contaminadas e quando identificados, a madeira já indica alto nível de biodeterioração por apodrecimento (BRITO, 2014).

Os organismos capazes de promover a degradação enzimática das paredes celulares são: fungos apodrecedores ou de podridão. Estes são responsáveis pela perda de resistência e densidade da madeira (KUMODE, 2008).

Os fungos que atacam a madeira podem ser divididos em três tipos: os fungos apodrecedores (Figura 3a), fungos emboloradores (Figura 3b) e fungos manchadores (Figura 3c) (BRITO, 2014).

Figura 3. a) Ação de fungos apodrecedores na madeira; b) Madeira degradada por fungos emboloradores; c) Fungos manchadores na madeira



Fonte: (a) GARCIA (2006); (b) (c) ICIMOTO (2018).

Mendes e Alves (1988) descrevem que os requisitos necessários para o ataque de fungos são: nutrientes, temperaturas, pH, oxigênio e umidade. Kumode (2008) relata que a umidade presente na madeira tem papel importante no que se refere à durabilidade do material, proporcionando as condições para o desenvolvimento de diferentes tipos de fungos, como: fungos de podridão seca que atacam a madeira quando o teor de umidade está entre 20 e 40%, fungos de podridão úmida atacando quando teor de umidade está entre 40 a 50% e fungos de podridão mole que precisam de alto teor de umidade para atacar, geralmente até 80%.

### **2. 1. 2 .1 FUNGOS EMBOLORADORES**

Estes fungos se desenvolvem na superfície da madeira alimentando-se dos resíduos nutritivos depositados sobre a superfície. A madeira embolorada apresenta coloração variada e de fácil remoção (MENDES; ALVES, 1988).

Segundo Freitas (2009) a madeira embolorada apresenta superfície pulverulenta e o ataque é comum em toras recém-abatidas e em peças de madeira serrada durante o período de secagem e peças expostas a alto teor de umidade.

A madeira atacada intensamente por fungos emboloradores apresenta redução da resistência ao impacto, porém as demais propriedades mecânicas são pouco afetadas (KUMODE, 2008).

### **2. 1. 2. 2 FUNGOS MANCHADORES**

Os fungos manchadores atacam as toras recém-abatidas e peças de madeira serrada durante a secagem. Madeiras secas ao ar e posteriormente submetidas à reumedecimento também estão sujeitas ao ataque (FREITAS, 2009).

Mendes e Alves (1988) descrevem que os fungos manchadores têm suas hifas pigmentadas e alimentam-se dos nutrientes existentes nas células. Uma característica desses tipos de fungos é que eles atravessam as células produzindo pequenos orifícios, prejudicando a permeabilidade natural da madeira (KUMODE, 2008).

Os sintomas apresentados são áreas de colorações variáveis, geralmente de azul a cinza escuro, de formas e tamanhos diferentes nas superfícies longitudinais (FREITAS, 2009).

Dentre os fungos manchadores os mais graves são os que causam mancha azul, que podem se desenvolver no alburno em vários estágios de processamento e a infestação ocorre em um período muito curto. Apesar de não ser considerado um defeito, a madeira é descartada imediatamente quando destinada para usos estéticos (MENDES; ALVE, 1988).

Embora esses fungos não prejudiquem a resistência da madeira, sua presença indica que há condições ambientais favoráveis para proliferação de fungos apodrecedores mais graves (BRITO, 2014).

### **2. 1. 2. 3 FUNGOS APODRECEDORES**

Os fungos apodrecedores são os agentes patológicos mais comuns no Brasil, os sintomas incluem a perda da resistência, perda de densidade, amolecimento, desintegração e descoloração (BRITO, 2014).

O grupo de fungos apodrecedores é composto por: fungos de podridão parda, fungos de podridão branca e fungos de podridão mole. Estes são os maiores responsáveis pela perda de resistência da madeira (MENDES; ALVES, 1988) ;(KUMODE, 2008).

Os fungos de podridão parda degradam a celulose e hemicelulose, transformando-as em substâncias solúveis e de fácil digestão, a lignina permanece intacta, o que confere a madeira aspecto pardo. A destruição dos elementos estruturais que se encontram nas paredes celulares provoca rápida perda de resistência (MENDES; ALVES, 1988). Em estágios avançados de ataque tende a colapsar parcialmente, provocando trincas paralelas e perpendiculares à fibra (FREITAS, 2009). A deterioração por fungos de podridão parda, em certos casos, pode não ser detectada em superfícies protegidas por tratamento preservativo (BRITO, 2014).

Os fungos de podridão branca atuam na superfície da parede celular. A ação ocasiona orifícios e fendas nas quais os fungos se assentam, provocando vagarosa e total erosão. Quando atacada, a madeira apresenta coloração esbranquiçada, devido a maior porcentagem de hemicelulose, apresentando progressiva perda de peso e das propriedades mecânicas (MENDES; ALVES, 1988). A madeira com podridão branca é mais clara e mais macia que a madeira sã (FREITAS, 2009).

Já os fungos de podridão mole penetram na parede secundária da célula, estes atravessam a lamela média penetrando na parede vizinha e, assim, sucessivamente. A superfície apresenta trincas transversais como se tivesse sido carbonizada e a degradação é mais lenta quando comparada aos outros tipos de fungos (MENDES; ALVES, 1988). Esses fungos degradam preferencialmente celulose e hemicelulose (BRITO, 2014). Freitas (2009) complementa que a profundidade deste apodrecimento é variável de acordo com as condições de exposição, porém, sempre superficial e, quando úmida, bastante amolecida e facilmente removível.

### **2. 1. 3 INSETOS**

Os insetos removem substancialmente os elementos da microestrutura da madeira. Além disso, também podem ser o ponto de partida para a geração de ciclos de fungos apodrecedores e manchadores, e podem ainda, transportar hifas de certos fungos para outros elementos da madeira, favorecendo substancialmente a deterioração da madeira (BRITO, 2014).

Brito (2014) relata que os insetos causadores de danos na madeira são divididos em as formigas carpinteiras, cupins e brocas de madeira. As brocas de madeira são divididas em brocas de madeira seca, brocas que atacam madeira viva, brocas que atacam madeira recém-abatida e brocas que atacam madeira durante a secagem. Os cupins são subdivididos em cupins subterrâneos, cupins de madeira seca e cupins de madeira úmida.

#### **2. 1. 3 .1 FORMIGAS CARPINTEIRAS**

As formigas carpinteiras vivem em colônias com castas definidas e são encontradas facilmente em tocos, árvores caídas, feridas basais e ocos de árvores vivas. Algumas vezes são confundidas com cupins por sua semelhança e devido a ambos constroem galerias parecidas (MENDES; ALVES, 1988).

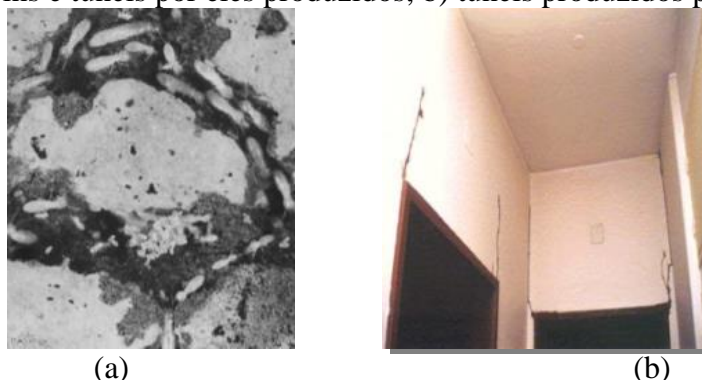
Segundo Brito (2014) as formigas normalmente atacam as madeiras não tratadas, mas preferem as madeiras macias ou previamente atacadas por fungos apodrecedores. Algumas espécies fazem ninhos em cavidades no solo, madeiramentos, árvores vivas ou mortas, atrás de batentes de janelas ou portas, vigamentos de telhado, rodapés, assoalhos, fendas e forros de madeira.

O ataque de formigas carpinteiras confere a madeira superfície laminada, isso ocorre pelo fato de as operárias removerem o lenho inicial e preservarem o lenho tardio, abrindo muitos túneis, jogando os resíduos para fora da peça, dando aos túneis aspecto limpo (FREITAS, 2009). Embora as formigas utilizem a madeira para abrigo e não para alimento, o ataque se intensifica à medida que a colônia aumenta, acarretando a inutilização da peça em poucos anos (MENDES; ALVES, 1988).

### 2. 1. 3. 2 CUPINS

Outro principal agente biótico de deterioração são os cupins, também conhecidos como térmitas, eles podem ser divididos em três grupos: cupins subterrâneos, cupins de madeira úmida e cupins de madeira seca. O ataque em geral tem como sintoma túneis internos deixado na madeira (como apresentado nas figuras 4a e 4b) (MENDES; ALVES, 1988).

Figura 4. a) Cupins e túneis por eles produzidos; b) túneis produzidos por cupins



Fonte: CRUZ (2001).

Os cupins são insetos sociais, ou seja, formam colônias compostas por diferentes categorias de indivíduos. Em regiões de climas frios, o uso de aquecedores aumenta a capacidade de sobrevivência, favorecendo a proliferação. O ataque ocorre em diversas espécies de madeira, mas o cerne de algumas por apresentar alta densidade e algumas substâncias naturais, resistem ao ataque (BRITO, 2014).

De acordo com Brito (2014) os cupins, assim como outros agentes, também precisam de algumas condições para sobrevivência, incluindo a celulose como fonte de alimento, alto teor de umidade e alto nível de dióxido de carbono e oxigênio. Os danos causados podem ser devastadores, podendo até levar a peça ao colapso e, geralmente, quando identificado o ataque a deterioração já está em estágio avançado e a resistência comprometida.

Os cupins de madeira seca atacam a madeira que esteja longe de qualquer fonte de umidade e que não esteja em contato com o solo e tem como sintoma principal grande formação de túneis lisos livres de resíduos de excrementos ou detritos e selados por uma fina



camada superficial de madeira (BRITO, 2014). O sinal mais comum de ataque é a presença de grânulos fecais, que são colocados para fora da peça atacada, esses grânulos são secos e apresentam a coloração da madeira da qual os eles se alimentam (ELEOTÉRIO, 2000).

Brito (2014) descreve que os cupins de madeira úmida necessitam de material com umidade saturada para sobrevivência, esses insetos, podem causar problemas em madeiras recém-cortadas, postes e madeiras em contato com o solo que não estão tratadas e o ataque é associado com o apodrecimento. Os túneis são grandes e com aspecto limpo, o ataque não tem importância econômica, pois é encontrado em partes já doentes de árvores vivas. Apesar dos cupins de madeira úmida não terem sido relatados no Brasil como praga em construções, estes também jogam grânulos fecais para o exterior da madeira atacada, dessa forma, as espécies causadoras podem se confundir (ELEOTÉRIO, 2000).

Os cupins subterrâneos atacam praticamente todas as espécies de madeira existentes e são responsáveis pelo maior volume de madeira destruída. Estes necessitam de fonte de umidade e os ninhos são no solo, onde são construídos túneis até a superfície para transportar a madeira, no entanto, não existem orifícios de saída para que possa indicar sinal de infestação. Nas edificações, utilizam os mais diversos espaços para atingir seu alimento (BRITO, 2014). Para Eleotério (2000) os cupins subterrâneos constroem túneis feitos com terra, fezes e saliva, com a função de protegê-los da baixa umidade do ar e da predação.

### 2. 1. 3. 3 BROCCAS

Ainda na categoria biótica há os maiores representantes da ordem dos insetos, as brocas, que podem causar danos substanciais à madeira, sendo classificadas em quatro tipos diferentes: brocas que atacam a árvore viva, brocas que atacam a madeira recém-abatida, brocas que infestam a madeira durante a secagem e brocas que atacam a madeira seca. A sintomatologia do ataque são orifícios (Figura 5) e cavidades, que podem ser confundidos com o ataque de outros insetos (BRITO, 2014).

Figura 5: Orifícios produzidos por Brocas



Fonte: MONTANA (2016).

Depois dos cupins, as brocas de madeira são as que causam maiores danos à madeira, o ataque ocorre nas mais diversas condições de umidade e uso e é realizado durante o ciclo vital que compreende a fase oval, larval, pupa e adulta (MENDES; ALVES, 1988).

O ataque na madeira pelas brocas é confundido com ataque de cupins, por conta dos excrementos que são lançados para fora da madeira, à diferenciação é feita pela análise desses

excrementos, que quando pertencentes às brocas, apresentam espessura mais fina (ELEOTÉRIO, 2000).

Brito (2014) descreve que a consequência do ataque de brocas que atacam apenas árvores vivas é a desvalorização comercial da madeira, enquanto, as brocas que atacam a madeira recém-abatida são capazes de degradar rapidamente a peça. Essas infestações podem ser prevenidas utilizando madeira tratada com preservativos.

A madeira em fase de secagem apresenta teores médios de umidade, o que atraem as brocas que atacam madeira durante a secagem, essas brocas podem completar seu ciclo neste tipo de madeira. As brocas que atacam madeira seca são frequentemente encontradas nas edificações. O sintoma dos ataques desses outros dois tipos de brocas geralmente, é representado pelo furo na madeira seguido de pó (BRITO, 2014).

### **2. 1. 3. 4 PERFURADORES MARINHOS**

Quando a madeira está localizada imersa em água salgada ou salobra, essa está sujeita ao ataque e infestação de perfuradores marinhos, podendo haver a ocorrência de danos graves na estrutura (BRITO, 2014).

Mendes e Alves (1988) classificam os organismos marinhos responsáveis por danos causados às estruturas de madeira em duas categorias, moluscos e crustáceos, conforme costumes e tipo de ataque à madeira.

Os moluscos perfuram a madeira e a utilizam para se protegerem. Algumas espécies digerem a madeira para complementar sua alimentação. A identificação desse tipo de ataque é realizada a partir da profundidade dos furos, que apresentam grandes profundidades (MENDES; ALVES, 1988). O ataque de moluscos, geralmente, é muito severo no interior da madeira (FREITAS, 2009).

Os crustáceos, assim como os moluscos perfuram a madeira, a diferença é a profundidade dos furos, que no caso dos crustáceos é relativamente pequena quando comparada aos moluscos, apesar dos furos superficiais os danos causados nas estruturas são grandes, pois o ataque é realizado por quantidade numeroso desses organismos (MENDES; ALVES, 1988).

### **2. 2 AGENTES ABIÓTICOS**

Os agentes abióticos por sua vez são os danos físicos decorrentes das patologias de origem estrutural, manutenções inadequadas, anomalias, ações de agentes atmosféricos, danos causados por fogo e danos causados por animais silvestres. As causas geralmente são oriundas de falhas na concepção durante o projeto arquitetônico e projeto estrutural, falhas nas ligações, falha na escolha do material, falha na execução da obra e falhas inerentes às manutenções corretivas (BRITO, 2014).

A madeira embora apresente tradicionalmente deteriorações por origens biológicas, também pode apresentar manifestações patológicas por agentes abióticos. Estes geralmente

atuam de forma lenta, mas podem torna-se importantes em locais específicos, além de danificar o tratamento preservativo, favorecendo o ataque de agentes bióticos (BRITO, 2014).

### **2. 2. 1 DANOS DEVIDO AO FOGO**

A madeira é um material combustível e medianamente inflamável, portanto, o fogo é o processo mais rápido de degradação que a madeira pode sofrer. A energia liberada em forma de vapor seca a madeira formando uma camada na forma de carvão, retardando a carbonização, caso contrário, o colapso seria imediato (BRITO, 2014).

A combustibilidade da madeira e a insegurança diante de potenciais riscos relacionados a incêndios são considerados restrições para construções de edificações com estruturas de madeira (FIGUEROA; MORAES, 2009).

Brito (2014) ressalta que o dano devido ao fogo pode permanecer presente nas estruturas por longo período, e se torna preocupante quando há presença de materiais metálicos que podem transferir o calor para o centro.

Os elementos no interior da seção não são alterados, permanecem inalterados pela ação do fogo, como mostrado na Figura 6.

Figura 6: Seção transversal após exposição ao fogo



Fonte: MARTINS (2016).

### **2. 2. 2 AGENTES FÍSICOS**

Os danos físicos podem se originar da sobrecarga da estrutura, que provoca a deformação excessiva de elementos estruturais ou a falha deles, da utilização inadequada da madeira, das ações de sobrecargas acidentais, falta de manutenção ou alterações intencionais estrutura original (BRITO, 2014).

Os principais agentes físicos pertencentes ao grupo de agentes abióticos são: patologias de origem estrutural, danos mecânicos, danos por animais silvestres e danos por vandalismo.

### **2. 2. 2. 1 PATOLOGIAS DE ORIGEM ESTRUTURAL**

Além das degradações que a madeira pode apresentar, devem ser consideradas também as patologias de origem estrutural. Instabilidade, remoção de elementos estruturais, fraturas incipientes, movimento de nós e distorções, presença de defeitos naturais, deformações e flechas (BRITO, 2014).

Os elementos de madeira que são usados na construção podem apresentar um conjunto de defeitos naturais que influenciam o seu comportamento físico-mecânico, este tipo de defeito é resultado do crescimento natural da árvore ou dos processos de tratamento (ALMEIDA, 2012).

A estabilidade pode ser definida como a tendência natural desta em se manter ou recuperar sua posição original apesar das perturbações que as atinjam. De acordo com a norma brasileira ABNT NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira, as peças devem ter sua estabilidade lateral e global verificadas.

A ausência de sistemas de contraventos em elementos estruturais, é um fator que se negligenciado ou insuficiente, permite que as ações devidas ao vento, ocasionem à ruptura do elemento estrutural ou das ligações (BRITO, 2014).

A remoção de elementos estruturais é amplamente encontrada, essa remoção é realizada para instalação de utilidades, reformas ou em algumas manutenções feitas incorretamente. A consequência é a diminuição da capacidade de resistência da madeira (CALIL JR. et al, 2006).

De acordo com Calil Jr. et al (2006), as fraturas incipientes são decorrentes de acidentes ou erros, como sobrecargas, são raras e difíceis de detectar.

Os movimento de nós e distorções são resultados de ligações montadas com madeira verde que, quando deixadas para secar, podem resultar em retração, fissuras, distorções ou rupturas locais; cavilhas de madeiras duras e entalhes também podem partir ou se deslocar (CALIL JR. et al, 2006).

Embora preocupantes, as fissuras têm pequena importância estrutural, em estruturas antigas, podem permanecer por décadas e serem observadas somente em deslocamentos. Ocasionalmente, se as fissuras são de grande extensão, os reparos devem ser realizados (MILANI; KRIPKA, 2012).

As deformações e flechas podem ser oriundas de carregamento excessivo e indicar que a madeira necessita de correção com manutenções adequadas (CALIL JR. et al, 2006).

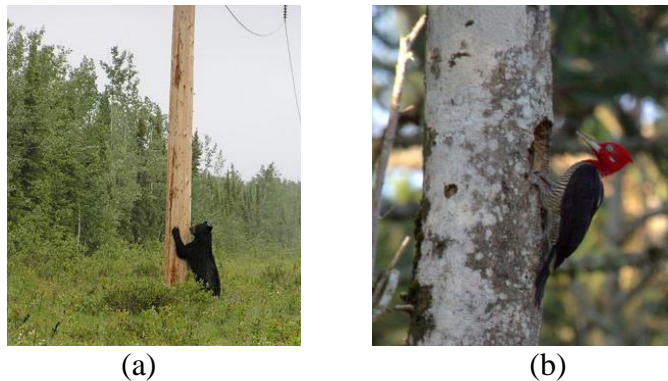
### **2. 2. 2. 2 DANOS MECÂNICOS**

A madeira submetida a condições de movimentos de diversas classes, está sujeita a se deteriorar pela ação do desgaste mecânico, causando a inutilidade da peça. As escadas, pontes e dormentes são os mais prejudicados pelos danos mecânicos (MENDES; ALVES, 1988).

### 2. 2. 2. 3 DANOS POR ANIMAIS SILVESTRES

Os animais silvestres, como as aves, maritacas e periquitos danificam a madeira superficialmente, assim como os ursos (Figura 7a) que arranham e mordem os postes para limpar suas garras e dentes. Já os pica-paus, como apresenta a Figura 7b, fazem pequenas aberturas na forma de buracos para procurar por insetos. Apesar dos danos serem superficiais, favorece o ataque por agentes bióticos (BRITO, 2014).

Figura 7: a) Urso arranhando poste de madeira; b) Pica-paus fazendo buracos na madeira.



Fonte: (a) INTEC (2014); (b) VOITINA (2013).

### 2. 2. 3 AGENTES QUÍMICOS

A madeira é um material resistente a diversos produtos químicos, no entanto, algumas soluções químicas podem produzir efeitos prejudiciais na madeira (ALMEIDA, 2012).

A presença de ácidos e bases fortes pode causar danos significativos na madeira, como redução de suas propriedades físico-mecânicas. Os danos na madeira causados por ácidos são de cor escura e a aparência similar à da madeira danificada pelo fogo (CALIL JR. et al, 2006).

Quando embutidos na madeira, os elementos metálicos ficam sujeitos à corrosão devido a presença de água e oxigênio na madeira, assim como a reações químicas entre seus constituintes (BRITO, 2014). A degradação da madeira por corrosão metálica pode ser significativa em algumas situações, como em ambientes marinhos, que a água salina acelera esse processo (CALIL JR. et al, 2006).

### 2. 2. 4 AGENTES ATMOSFÉRICOS OU METEOROLÓGICOS

A radiação solar, vento, chuva, umidade e outras condições climático-meteorológicas, causam inchamentos, contrações, rachaduras e defeitos que favorecem o ataque de agentes bióticos (MENDES; ALVES, 1988). Brito (2014) ressalta que embora a deterioração provocada pelos agentes atmosféricos não cause problemas significativos, quando combinados com agentes biológicos ou ação do fogo, pode favorecer o ataque dos agentes biodeterioradores.

A ação de luz ultravioleta do sol degrada a lignina da superfície da madeira e causa escurecimento em madeiras claras e clareamento em madeiras escuras. Este dano é superficial, fácil de ser removido e tem pouca influência na resistência da madeira (CALIL JR. et al, 2006).

O intemperismo, resultante da ação de agentes atmosféricos, sobretudo a conjugação da luz solar e da chuva, provoca alterações na coloração e na textura da madeira, deixando a madeira com aparência envelhecida. Estas alterações são superficiais e as consequências são apenas estéticas (CRUZ, 2001).

Toda estrutura está sujeita a ação de vento. Para segurança, o dimensionamento das estruturas deve ser realizado verificando essas ações em função das recomendações da norma brasileira ABNT NBR 6123: 1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

## 2.3 INSPEÇÃO PREVENTIVA

Segundo Mendes e Alves (1988) os sintomas que caracterizam os primeiros estágios de ataque são diferentes daqueles que indicam os estágios mais avançados, sejam eles por agentes físicos ou biológicos.

Para inspeção foram desenvolvidas técnicas não destrutivas (TND) para avaliação da qualidade de elementos estruturais. Essas técnicas possibilitam detectar anomalias e caracterizar os mecanismos físicos e químicos que estão na sua origem, estabelecendo relações de causa e efeitos (BRANCO et al 2012).

Diversos métodos e equipamentos têm sido desenvolvidos para avaliar os danos na madeira. Esses métodos variam desde a complexidade de interpretar a intensidade de ressonância, até os mais sofisticados como o uso de ultrassom e resistógrafo e podem ser classificados como métodos visuais ou métodos instrumentais [(BRANCO et al 2012); (BRITO, 2014)].

A inspeção visual, como apresentado na Figura 8, é um método eficiente na identificação de anomalias, sendo possível o diagnóstico da patologia e a mensuração do dano causado na madeira por agentes bióticos, como brocas, cupins e fungos e por agentes abióticos, como fendas, rachas e flechas (BRITO, 2014). A partir deste tipo de inspeção é possível identificação do tipo da madeira, tipo da degradação, presença de machas e/ou defeitos (BRANCO et al 2012).

Figura 8: Inspeção Visual em uma Estrutura de Madeira



Fonte: BRITO; CALIL JR. (2013).

O martelo e sovela apresentados na Figura 9a e 9b são instrumentos utilizados na inspeção visual e auxiliam a identificação de vazios, ligados à ocorrência de degradação no interior da madeira. Essas ferramentas possuem algumas limitações que podem induzir a erros e impossibilitar quantificar a extensão da degradação [(BRANCO et al 2012); (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017)].

Figura 9. a) sovela utilizada em inspeções visuais; b) martelo auxiliador de inspeções



Fonte: MABORE (2018).

O medidor de umidade foi desenvolvido para localizar altos teores de umidade, que podem indicar a biodeterioração por apodrecimento. Esse aparelho utiliza duas sondas metálicas inseridas na madeira para medir a resistência elétrica e avaliar se o teor de umidade está elevado [(BRITO, 2014); (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017)].

Teste de sondagem superficial ao puncionamento manual é a técnica utilizada para detectar deterioração superficial ou presença de fungos apodrecedores. O teste é realizado com uso de ferramenta de sonda meramente pontiaguda e avalia resistência à penetração e maciez excessiva da superfície (BRITO; CALIL JR., 2013).

O teste de sondagem superficial com picoteamento é amplamente utilizado por ser um dos métodos mais simples de inspeção. O teste consiste na utilização de uma ferramenta pontiaguda para elevar uma pequena lasca de madeira e observar como está a região da quebra da madeira [(CRUZ, 2001); (BRITO; CALIL JR., 2013)].

Pilodyn, mostrado na Figura 10, é um equipamento com um dispositivo com mola que conduz um pino de aço em uma pequena camada mais externa da madeira. Assim como o teste de picoteamento, o pilodyn também pode ser utilizado na identificação de danos superficiais (BRANCO et al 2012).

Figura 10: Equipamento Pilodyn



Fonte: TERRAGES (2018).

O método da perfuração e método de perfuração com trado de amostragem, muito semelhantes entre si, são utilizados para detectar a presença de vazios e determinar a espessura da madeira residual quando há vazios (BRANCO et al 2012).

Outro equipamento é o resistógrafo, utilizado para realização do teste de resistência à microperfuração controlada e foi especialmente projetado para computar a relação de amplitude existente entre a densidade da madeira e a taxa de resistência à perfuração da ponta da broca [(FREITAS, 2009); (BRANCO et al 2012); (BRITO; CALIL JR., 2013)].

Alguns métodos de inspeção envolvem técnicas que removem pequenas partículas da madeira. As lascas removidas e furos intrusivos de soldagens, entre outros, podem tornar condições favoráveis ao início de biodeterioração, portanto esses pontos devem ser devidamente tratados após a conclusão da inspeção (BRITO, 2014).

## **2. 4 TRATAMENTO DA MADEIRA**

O tratamento preservante da madeira é indispensável e deve ser realizado com cuidado para evitar os ataques de microorganismos xilófagos e prevenir sua deterioração contra intempéries, ampliando sua vida útil (RODRIGUES; SALES, 2013).

Os preservantes de madeira podem ser agrupados segundo a sua natureza em oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis. Os mais utilizados no Brasil são CCA-C-ÓXIDO, composto de cobre, cromo e arsênio, que responde a aproximadamente 90% do mercado e CCB – ÓXIDO E SALINO, constituído por cobre, cromo e boro, correspondente a aproximadamente 10% do mercado (ICIMOTO, 2018).

Processo de tratamento da madeira pode ser definido como a adição de substâncias repelentes ou tóxicas, em proporções adequadas, de forma à conferir um aumento de sua resistência ao ataque biológico, elevando sua durabilidade (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017).

A melhor forma de tratamento em relação a custo/benefício dependerá do tipo de utilização que se dará a madeira, ou seja, dependerá da classe de uso. A norma brasileira ABNT NBR7190:1997 recomenda o tratamento preservante adequado em função de cada classe de uso na qual a madeira está exposta (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017).

A importância do tratamento é facilmente visualizada em algumas manifestações patológicas que podem ser evitadas simplesmente por meio de tratamento superficial apenas com o pincelamento, evitando alguns tipos de ataques e conseqüentemente os danos na estrutura (BRITO; CALIL JR, 2013).

O tratamento por imersão é superficial e destinado à proteção da madeira durante a secagem, devendo ser realizado logo após a saída das peças da serraria. O processo é simples e pode ser realizado manualmente imergindo a madeira em um tanque parcialmente cheio com uma solução preservante. Atualmente este tratamento é mais utilizado em peças de uso externo como esquadrias de janelas e em materiais pouco espessos (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017).



Tratamentos sob vácuo-pressão são processos de impregnação com pressões superiores à atmosférica que conferem maior controle do preservante absorvido, garantindo proteção efetiva e economia. De modo geral, nesses processos, a madeira é disposta em vagonetas conduzidas até o interior da autoclave de tratamento, após o fechamento da autoclave é feita a introdução do produto preservante e pressão, essa pressão é mantida até o alcance da absorção pretendida. Estes tratamentos são considerados os mais eficientes em razão da distribuição e penetração mais uniforme do preservante na peça tratada (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017).

As três regras básicas para manter a madeira em boas condições, seja ela de elevada durabilidade natural ou protegida por tratamento químico adequado, são: manter a madeira seca, não deixar a madeira absorver água e sempre manter fontes de água longe da madeira (LEPAGE; SALIS; GUEDES, 2017).

Negligenciando a manutenção da estrutura, a mesma fica pré-disposta ao desenvolvimento de deterioração ou desgates dos elementos provocando a condenação da estrutura (BRITO; CALIL JR, 2013).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A madeira apresenta grandes vantagens na utilização em construção civil, a sua utilização está condicionada ao ambiente de exposição e seu devido método preservante.

A degradação na madeira ocorre por ação dos agentes bióticos, que são os organismos xilófagos e agentes abióticos, que pode ser definido como degradações físicas.

#### **3.1 SINTOMAS DE ATAQUE**

Os ataques dos fungos e bactérias podem ocasionar degradações não estruturais na madeira, por exemplo, os fungos manchadores e a bactérias causam manchas de várias formas e tamanhos, e os emboloradores tornam a superfície da madeira pulverulenta. Já os fungos de podridão ocasionam a perda da resistência, perda de densidade, amolecimento, desintegração e descoloração.

Alguns insetos utilizam a madeira como abrigo, por exemplo, as formigas. Outros se alimentam da madeira, como os cupins e brocas.

Animais marinhos como moluscos e crustáceos perfuram a madeira e a utilizam para se protegerem.

Os animais silvestres arranham e fazem pequenos buracos nos postes para procurar por insetos, limpar suas garras e afiar seus dentes.

A radiação solar, vento, chuva, umidade e outras condições climático-meteorológicas, causam inchamentos, contrações, rachaduras e defeitos que favorecem o ataque de agentes bióticos. O intemperismo provoca alterações na coloração e na textura da madeira, deixando-a com aparência envelhecida. A ação de luz ultravioleta do sol causa escurecimento em madeiras claras e clareamento em madeiras escuras.

#### **3.2 INSPEÇÃO**

Para inspeção foram desenvolvidas técnicas não destrutivas (TND), essas técnicas possibilitam detectar anomalias e caracterizar os mecanismos físicos e químicos que estão na origem da degradação.

A inspeção visual é um método eficiente para detectar as degradações causadas por brocas, cupins e fungos e as patologias de origem estrutural, como fendas, rachas e flechas.

O medidor de umidade é utilizado para localizar altos teores de umidade, que podem indicar a presença de biodeterioração por apodrecimento.

O martelo e a sovela são ferramentas utilizadas na inspeção visual, essas ferramentas possuem algumas limitações que podem induzir a erros e impossibilitar quantificar a extensão da degradação.

Os métodos de perfuração são utilizados para detectar a presença de vazios e determinar a espessura.

Teste de sondagem superficial ao puncionamento manual é a técnica utilizada para detectar deterioração superficial ou presença de fungos apodrecedores.

O pilodyn foi desenvolvido para identificação de danos superficiais.

O resistógrafo é utilizado para medir a resistencia que a madeira apresenta à perfuração de uma broca de diâmetro conhecido. O equipamento gera um gráfico de resistência com relação ao comprimento, assim compreende-se a região de degradação física da peça de madeira analisada.

Alguns métodos de inspeção envolvem técnicas que removem pequenas partículas da madeira como o teste de sondagem superficial com picoteamento.

As lascas removidas e os furos feitos utilizando estes equipamentos, podem tornar condições favoráveis ao início de biodeterioração, portanto esses pontos devem ser devidamente tratados após a conclusão da inspeção.

### **3.3 TRATAMENTO**

O tratamento preservante da madeira é necessário para estender a sua vida útil e deve ser realizado com cuidado para evitar os ataques de micro-organismos xilófagos e prevenir sua deterioração contra intempéries.

A melhor forma de tratamento em relação a custo/benefício dependerá do tipo de utilização que se dará a madeira.

A importância do tratamento é facilmente visualizada em algumas manifestações patológicas que podem ser evitadas simplesmente por meio de tratamento superficial apenas com o pincelamento.

O tratamento por imersão é superficial e destinado à proteção da madeira durante a secagem, devendo ser realizado logo após a saída das peças da serraria. O processo é simples e pode ser realizado manualmente.

Tratamentos em autoclave (sob vácuo-pressão) são processos de impregnação com pressões superiores à atmosférica que conferem maior controle do preservante absorvido. Estes tratamentos são considerados os mais eficientes em razão da distribuição e penetração mais uniforme do preservante no interior da peça tratada. Sendo o método mais eficiente para garantir a longevidade da madeira exposta a ambientes.

Se não for feito o tratamento correto da madeira, a mesma fica disposta a deterioração.

Manter a madeira seca, não deixar a madeira absorver água e sempre manter fontes de água longe da madeira, são medidas que devem ser tomadas para manter a boa conservação da madeira.

## 4 CONCLUSÕES

A manutenção de uma estrutura é uma forma racional e pouco custosa para detecção de patologias e para a correta intervenção em construções que apresentem danos.

A manutenção preventiva deve incluir procedimentos periódicos de inspeção. Nas estruturas com circulação de pessoas garante a integridade física de quem por ali circula.

As patologias que ocorrem na madeira podem ser minimizadas ou até evitadas se houver inspeção preventiva.

A partir da inspeção é possível identificar alterações no material e qualificar os agentes envolvidos nas deteriorações.

A madeira deve ser inspecionada periodicamente para maximizar a vida útil e minimizar os custos com reparos.

Anomalias detectadas em estágio inicial são menos invasivas, portanto o tratamento é mais simples e de custo menor.

O tratamento confere durabilidade e longevidade à madeira. O tipo de tratamento é definido de acordo com o ambiente em que a madeira ficará exposta.

Alguns ataques de micro-organismos xilófagos podem ser evitados aplicando produto preservante apenas por pincelamento, o qual tem baixo custo.

O tratamento por imersão, por exemplo, é realizado imediatamente após o primeiro desdobro da madeira na serraria para evitar o ataque de fungos de madeira úmida.

O tratamento em autoclave tem um elevado custo comparado aos outros métodos, contudo proporciona maior durabilidade a madeira.

Quando tratada corretamente, a madeira apresenta durabilidade por muitas gerações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCAROL. Assento Cristalizado. Stone Ideias. Com. Revista Internacional para Arquitetura, Arte e Design. 2014. Disponível em < <https://www.stone-ideas.com>>. Acesso em 13 set. 2018.
- ALMEIDA, F. A. L. **A madeira como material estrutural** – Projeto da estrutura da cobertura de um edifício. 310 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. Portugal. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- BRANCO, F. (Coord.). *et al.* **Diagnóstico e Patologia de Construções em Madeira**. 132 f. Instituto Superior Técnico DECivil. Apoio do Programa Operacional Sociedade da Informação – POSI. 2012. Disponível em: < <http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/ad/07%20-%20Madeira-patologia%20e%20inspec%C3%A7%C3%A3o%20-%20PB.pdf> >. Acesso em: 17 out. 2018.
- BRITO, L. D. **Patologia em Estruturas de Madeira**: Metodologia de Inspeção e Técnicas de Reabilitação. 502 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2014.
- BRITO, L. D.; CALIL JR., C. **Técnicas de inspeção visual (NDT) para avaliações das manifestações patológicas na estrutura de madeira roliça da “Ponte Fazenda Yolanda” em São Carlos, Brasil**. 17 f. Anais In: IX Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. João Pessoa. 2013.
- CALIL JR, C. *et al.* **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. 237 f. Departamento de Engenharia das Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
- CARNIELLE, R. O. A. **Caracterização das construções com madeira em Uberlândia**: patologias, projetos e detalhes. 144f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2011.
- CRUZ, H. **Patologia, Avaliação e Conservação de Estruturas de Madeira**. 9 f. Anais In: II Curso Livre Internacional de Património. Santarém. 2001.

ELEOTÉRIO, E. S. R. **Levantamento e identificação de cupins (insecta: isoptera) em área urbana de Piracicaba**, SP. 101 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2000.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. 19 f. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Manuel\\_Manriquez2/publication/239932340\\_Comportamento\\_da\\_madeira\\_a\\_temperaturas\\_elevadas/links/55007f390cf2d61f820dcd56/Comportamento-da-madeira-a-temperaturas-elevadas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Manriquez2/publication/239932340_Comportamento_da_madeira_a_temperaturas_elevadas/links/55007f390cf2d61f820dcd56/Comportamento-da-madeira-a-temperaturas-elevadas.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2018.

FREITAS, R. R. **Modelo teórico-experimental de deterioração de postes de madeira aplicado ao Estado de São Paulo**. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2009.

GARCIA, M. **Blog Restauro da Madeira**. Disponível em: <<http://restauromadeira.blogspot.com/2006/09/podrido-cbica.html>>. Acesso em 15 set. 2018.

ICIMOTO, F. H. **Preservação da Madeira**. 58 f. Curso de Atualização em pontes em madeira. São Carlos. 2018.

INTEC. Wood pole inspections. Intec Services Inc. Disponível em: <<http://www.woodpoleinspection.com/wpcontent/uploads/2014/03/WoodPoleInspection3.jpg>>. Acesso em 23 set. 2018.

KLOCK, et al. **Química da Madeira**. 10 f. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfG1QAD/apostila-qu-mica-madeira>>. Acesso em 13 set. 2018.

KUMODE, M. M. N. **Análise das causas da deterioração precoce dos postes de madeira tratada na Ilha do Mel**. 108 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2008.

LEPAGE, E.; SALIS, A. G.; GUEDES, E. C. R. **Tecnologia de proteção da madeira**. 225 f. São Paulo: Montana Química, 2017.

MABORE. Disponível em: <https://www.mabore.com.br/sovela-p-examinar-pneus-schrader/p>. Acesso em 16 out. 2018.

MARTINS, G. C. A. **Análise Numérica e Experimental de vigas de Madeira Laminada Colada em Situação de Incêndio**. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2016.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. 58 f. Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1988.

MILANI, C. J.; KRIPKA, M. **A identificação de patologias em pontes de madeira: diagnóstico realizado no sistema viário do município de Pato Branco – Paraná**. 11 f. Anais In: REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/17726/11290>. Acesso em: 05 set. 2018.

MONTANA QUÍMICA. Disponível em :<<http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira/Tratamento/Agentes-Biodeterioradores>>. Acesso em 23 set. 2018.

MORENO, J. **Blog Deck Universal**. 2013. Disponível em: <<http://deckuniversal.blogspot.com/2013/>>. Acesso em 13 set. 2018.

RODRIGUES, M. A. S.; SALES, J. C. **A madeira e suas patologias**. Estudo de caso: Igreja Nossa Senhora das Mercês – Itapipoca/CE. 15 f. Anais In: IX Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. João Pessoa. 2013.

TERRAGES. Disponível em: <[http://terrages.pt/loja/index.php?route=product/category&path=25\\_64](http://terrages.pt/loja/index.php?route=product/category&path=25_64)> . Acesso em 18 out. 2018.

VOITINA, C. **Aves Catarinenses**. Disponível em: <http://www.avescatarinenses.com.br/animais/1-aves/337-pica-pau-rei/>>. Acesso em 22 set. 2018.