

ANÁLISE E COMPORTAMENTO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA A TEMPERATURAS ELEVADAS

ANALYSIS AND BEHAVIOR OF WOOD STRUCTURES AT HIGH TEMPERATURES

VIANA, Manuella de Carvalho¹
MEDEIROS, Arlyson Christo²
GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro³

Resumo: A madeira na construção civil é utilizada de diferentes maneiras devido a sua versatilidade de uso. O fogo assim como a madeira são elementos utilizados pelo homem a milhares de anos, e compõe assim um dos elementos que se tornaram vitais para a vida. Apesar de ser benéfico e auxiliador no cotidiano é também um risco a vida e seu uso deve ser regrado e de forma consciente. Este artigo tem como objetivo apresentar o material madeira, que por ser renovável e reciclável tem, em sua utilização, enorme vantagem, assim como sua ótima resistência a esforços de compressão e tração, bons resustados em aplicações de isolamento térmico e acústico, possuindo peso inferior a seus concorrentes diretos e má condutibilidade térmica que é diretamente proporcional a um dos objetivos principais deste documento que é a interação entre a madeira e o fogo. Este artigo aborda também o fogo quanto "substância", sendo este o resultado da reação química entre pelo menos três elementos, o comburente, o combustível e a energia de ativação; dissertando sobre sua concepção e seus perigos para a construção civil, especificando também algumas medidas protetivas a fim de reduzir a ocorrência de acidentes espontâneos.

Palavras Chave: Madeira, Fogo, Construção Civil, Incêndios, Engenharia Civil

Abstract: Wood is remarkably an abundant plant material used by humans since the beginning of its creative development. In civil construction it is used in different ways and because of its versatility it has been studied for a long time. Fire as well as wood is an element used by humans for thousands of years, and composes one of the elements that have become vital to life in the way it is today. While being beneficial and helpful on daily life is also a risk to the life and its use should be regulated and in a conscious way. This article aims to present the material wood, which for being renewable and recyclable has, in its use, great advantage, as well as its excellent resistance to compression and traction efforts, good performance in applications of thermal and acoustic insulation, having lower weight when compared with its direct competitors and poor thermal conductivity which is directly proportional to one of the main objectives of this document which is the interaction between wood and fire. This article also addresses fire as "substance", this being the result of the chemical reaction among at least three elements, the oxidizer, the fuel and the energy of activation; discussing about its conception and its dangers to civil construction, also specifying some protective measures to reduce the occurrence of spontaneous accidents.

Keywords: Wood, Fire, Civil Construction, Burning, Civil Engineering

¹ Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário Augusto Motta – maanu_viana@outlook.com

² Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário Augusto Motta – arlysonchristo@yahoo.com.br

³ Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
joserobertoverde@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico-vegetal, farto e renovável na natureza. Pela facilidade de ser trabalhada e sua grande quantidade acessível, sempre foi muito utilizada na construção civil. A utilização da madeira é facilmente reconhecida como sendo primitiva provavelmente datada como a mais antiga, antecedendo à própria pedra, por ser um material mais maleável e que não dependia de ferramentas tão sofisticadas. (LEITE, 2018)

Pode-se avaliar o emprego deste elemento por suas variadas aplicações; sejam em obras definitivas, atuando como esqueleto estrutural ou estético, pontes e estruturas de cobertura, assim como em obras provisórias utilizada para escoramento e andaimes; e até mesmo como material auxiliar em ferramentas e formas para estruturas de concreto por exemplo. (LEITE, 2018)

Do ponto de vista estrutural, a madeira compete espaço no mercado com o concreto e o aço, já que, para leigos sobre o assunto, existe um receio no uso desta no que tange a sua durabilidade e resistência. O que explica este medo é o fato de que as indústrias de cimento e aço sempre foram caracterizadas por serem unidades de grande porte e de pequeno número, obtendo assim monopolização do mercado e fazendo com que esses materiais fossem os mais utilizados, acompanhando-se de pesquisas e ótimas Normas Técnicas. (LEITE, 2018)

No entanto, a madeira, por ser um material orgânico, encontra-se sujeita a uma diversa gama de fatores que podem vir a afetar o seu comportamento, principalmente quando se trata de sua utilização no exterior, devido aos agentes atmosféricos. Diferente do que se pensa a madeira não possui baixa resistência às chamas em comparação com outros materiais. Logicamente, não é o cenário perfeito de utilização deste material, mas é importante esclarecer que sua utilização não aumenta um cenário de combustão iminente de uma construção. Apesar desse conhecimento sobre o material, não havia estudos abrangentes que comprovasse essa afirmação, trazendo assim a má fama que o fogo é o inimigo natural da madeira. (ANASTÁCIO, 2010)

A comprovação desta pesquisa foi mais bem apurada no século XX, com a corrida armamentista, que se clarificaram as vantagens da madeira, onde se conseguiu assim comprovar que, graças às suas propriedades físicas e mecânicas, apresenta um comportamento melhor do que os outros materiais utilizados na construção, já que a seção da peça de madeira não é inteiramente comprometida em altas temperaturas. (ANASTÁCIO, 2010)

Este artigo tem por objetivo elucidar o conhecimento quanto à utilização da madeira e como esta se comporta quando sujeita a altas temperaturas e exposta ao fogo; fazendo o leitor entender material possui condições convenientes para ser utilizado na construção civil.

A justificativa deste trabalho está na utilidade da produção de um documento que sintetize os efeitos da combustão a este material, assim como demonstrar produtos existentes no mercado que atuam como proteção para a madeira e simplifique a escolha dos mesmos, uma vez que estes produtos

não são muito usuais e existe pouca informação no mercado para estas soluções, o que leva constantemente a más escolhas na necessidade de aplicar este tipo de produto.

1.1. Metodologia

Neste contexto, o objetivo fundamental deste artigo, diz respeito à análise do comportamento da madeira quando exposto a altas temperaturas; assim, também demonstrando métodos de proteção ao fogo. No âmbito do artigo estão incluídas as características da madeira assim como a sua utilização na construção civil, bem como as características do fogo, o seu comportamento e a capacidade de reação e resistência ao fogo dos elementos de madeira.

Com o auxílio do material bibliográfico, consultas a sites, práticas de pesquisas com profissionais foi possível executar a pesquisa a fim de decompor todos os tópicos necessários para o entendimento acadêmico acerca do problema; assim como o auxílio primordial do professor orientador deste artigo que foi de grande ajuda na identificação de possíveis equívocos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A madeira enquanto material da construção civil apresenta um conjunto vasto de vantagens em muitos fatores específicos. Paralelamente, o melhor conhecimento das propriedades da madeira permite prever novas perspectivas para um maior e mais efetivo emprego da madeira na construção civil (DE CASTRO, 2009).

A madeira em condições normais não se queima diretamente, decompondo-se em gases que, se convertem em chamas que em contato com a madeira não atingida liberam mais gases inflamáveis, estes que nutrem a combustão, todas essas etapas ocorrem em um ciclo intermitente até todo o consumo do material e que será explicitado ao longo deste trabalho de pesquisa (COSTA, 2001).

2.1. Estrutura da madeira e elementos constituintes

Em nível de resistência mecânica, a madeira é reconhecida pela sua capacidade de resistência à tração e pela boa resistência à compressão, esforços esses que são, geralmente, os mais solicitados em estruturas de vigas e pilares. Já em relação à flexão e ao corte, a madeira apresenta resultados satisfatórios. Além das propriedades estruturais, a madeira possui características extremamente boas de isolamento térmico e acústico, é um material leve, de baixa massa volumétrica, conseguindo uma ótima relação entre a capacidade de suporte e o peso. Quanto ao seu aspecto natural, existem poucos materiais utilizados na construção civil com uma tão vasta gama de padrões, cor e aparência estética global. A madeira existe em grandes quantidades, e a baixo custo. Podendo incluir na lista de vantagens a facilidade de manipulação e manuseio, ser um material facilmente reciclável, ser uma

fonte renovável e limpa, obtenção do material em local próximo ao da obra e economia de energia, já que para ser produzida uma peça de madeira a quantidade de energia gasta é significativamente menor que a despendida em aço, que normalmente seriam necessários caso fosse adotado outro método de construção. (COSTA, 2001)

As madeiras comumente utilizadas no Brasil são as coníferas e as dicotiledôneas, também conhecidas como madeiras moles e madeiras duras; na Figura 1, vemos a utilização de peças de dicotiledôneas, sendo solicitadas em diversas direções, graças a versatilidade que a madeira permite. (LEITE, 2018)

Figura 1 - Exemplo da Utilização da Madeira Estruturalmente

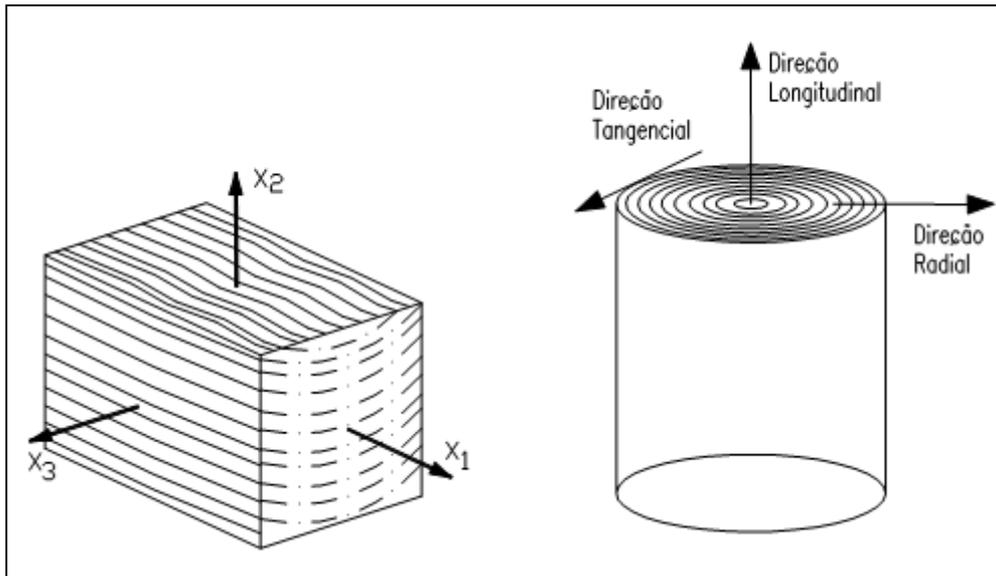


Fonte: OLIVEIRA (2008)

2.2. Condições básicas para o dimensionamento estrutural

No entanto, a madeira tem como principal característica negativa a anisotropia, que é a característica de um meio, ou de um material, em que certas propriedades físicas serão diferentes conforme as diferentes direções, o que faz com que o profissional que a utiliza deve ter conhecimento sobre o produto e sua forma certa de utilização para a maior porcentagem de aproveitamento que o material pode oferecer e também a variação de propriedades físicas e mecânicas dentro da própria espécie, já que uma árvore nunca é idêntica a outra, esta característica é visível através da Figura 2. A outra propriedade de desvantagem é a higroscopia que é a característica do material sofrer mudança de volume e resistência dependendo do valor da umidade da madeira. Estas desvantagens podem ser reduzidas com a utilização dos coeficientes de segurança previstos em Normas Técnicas, o que não significa que deva haver negligência no que tange a escolha da madeira a ser utilizada, assim como falta de conhecimento do projetista que executará os cálculos. (CALIL JUNIOR, 2000)

Figura 2 - Esquemática das fibras da madeira, principal responsável pela anisotropia



Fonte: PFEIL (2003)

A madeira possui propriedades únicas no que tange sua resistência e cálculo da mesma, já que este valor será diferente, apresentando grandes variações, dependendo da posição que a carga estiver sendo aplicada na peça, assim, também, com as diferentes espécies que podem ser utilizadas.

No cálculo de resistência de uma peça de madeira, uma incógnita que sempre estará presente é o coeficiente de modificação (K_{mod}), este valor tem valor mutável variando com diferentes parcelas relacionadas ao tipo de carregamento que a peça será solicitada, umidade da peça de madeira e do ambiente onde será utilizada, assim como a qualidade e espécie da madeira em questão. O fator K_{mod} é incorporado nas equações de cálculo de propriedades da madeira, sendo algumas destas a força de resistência à tração, compressão e ainda no coeficiente de elasticidade da peça relacionada. O K_{mod} , apresenta a seguinte equação: (PFEIL, 2003)

$$K_{mod} = K_{mod1} \cdot K_{mod2} \cdot K_{mod3}, \quad (\text{Equação 1})$$

As variáveis da Equação 1, estão apresentadas nas tabelas da norma NBR 7190/1997. Estas variáveis, K_{mod1} , K_{mod2} e K_{mod3} , correspondem a fatores e características que influenciam a resistência da peça de madeira, sendo eles respectivamente: a classe de carregamento a qual a peça estará submetida, a classe de umidade tanto do local onde o material será aplicado como a umidade interna da madeira e a qualidade da peça de madeira.

Os valores K_{mod3} são dados em razão das categorias, diretamente relacionada à qualidade da madeira e quantidade de defeitos na mesma. A NBR 7190/1997 recomenda que, em caso de dúvida, seja sempre considerada 2ª categoria. No caso de madeira laminada colada, caso a peça seja curva, a tabela pede os valores de t e r onde, t é a espessura das lâminas e r é o menor raio de curvatura das lâminas (PFEIL, 2003)

A NBR 7190/1997 indica todo o procedimento executivo e de cálculo para dimensionamento correto de uma estrutura de madeira, a modo de garantir segurança e padronização para este tipo de construção no Brasil.

3. DEGRADAÇÃO TÉRMICA DA MADEIRA

As células que compõem a madeira contêm elevada proporção de celulose, e a estrutura dos tecidos que a constituem permitem o aprisionamento de inúmeras massas de ar em seu interior, essas características aliadas com a rigidez da seção da madeira funcionam como um conjunto isolante. Para explicar como esse processo ocorre, é necessário saber como o que é o fogo e como acontece o fenômeno da combustão; para então saber como e porque ele atua de forma diferente na madeira (ANASTÁCIO,2010).

3.1. Mecanismos de transporte de calor pela ação do fogo

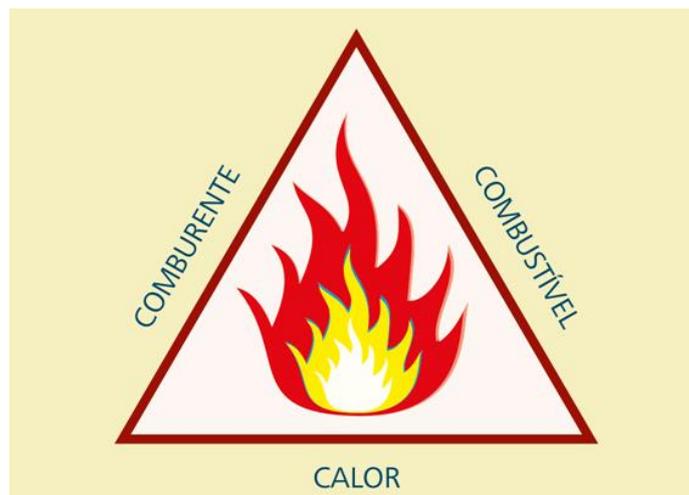
O fogo é a veloz oxidação de um material combustível quando este libera calor, luz e outros produtos desta reação, sendo os mais abundantes o dióxido de carbono e a água. É uma mistura de gases em temperaturas altas, formada em reação química cuja energia é transferida de um meio interior para o meio exterior de oxidação, exotérmica, que emite radiação eletromagnética. Assim sendo, o fogo pode ser entendido como um gás emissor de radiação e decorrente da queima. Caso o fogo venha a receber temperaturas ainda mais altas, este pode ser ionizado para produzir o plasma. O fogo é capaz de causar incêndios, que tem o potencial de causar danos físicos através da combustão (ANASTÁCIO, 2010).

A combustão é uma reação entre um agente combustível e um comburente, uma energia de ativação provoca esta reação, possibilitando a liberação de calor. Portanto, uma substância combustível pode se apresentar na forma gasosa, líquida ou sólida que possui a propriedade de ser consumida pelo fogo, quando esta é sujeitada ao aquecimento (ANASTÁCIO, 2010).

No que diz respeito ao comburente, geralmente o oxigênio, é uma atmosfera, ou corpo gasoso na presença da qual o combustível queima. Enquanto a energia de ativação se manifesta sob a forma de calor, como mostrado na Figura 3 (PINTO; JUNIOR, 2004).

De maneira simplificada pode-se dizer que, para a ocorrência de fogo, é necessária a fusão simultânea dos três elementos anteriormente referidos, sendo estes: combustível, comburente e energia de ativação.

Figura 3 - Esquemática conhecida como "Triângulo do Fogo"



Fonte: PINTO; JUNIOR (2004)

3.2. Mecanismos de transporte de calor na madeira

A madeira é um material com baixa condução térmica o que a deixa com uma grande e importante vantagem em comparação aos outros diversos materiais, já que por esse motivo evita o crescimento da temperatura em zonas adjacentes às que se está em combustão e reduz a dilatação excessiva que a estrutura poderia apresentar. As células da madeira possuem nobre quantidade de celulose, e a estrutura dos tecidos que constituem a mesma permitem o sequestro de numerosas massas de ar em seu interior, agindo como um sistema isolante. (DE CASTRO, 2009)

A capacidade de conduzir calor para qualquer espécie varia conforme alguns parâmetros como o peso específico e, também, do teor de umidade da peça. Quanto mais altos forem esses atributos, maior será condutibilidade. Assim sendo, as madeiras secas, cujas apresentam teor de umidade constante resultam em performance superior em sua utilização como isolante (DE CASTRO, 2009).

Existem inúmeras aplicações da madeira que estão diretamente ligadas com a sua baixa condutividade, podendo-se destacar o seu uso em casas em regiões frias para conservação de calor no ambiente, e em locais com climas mais quentes, para uma menor captação de calor para ambiente desejado, favorecendo uma maior comodidade térmica (DE CASTRO, 2009).

3.3. Influência da temperatura sobre as propriedades mecânicas da madeira

Da mesma maneira que os outros combustíveis sólidos, a madeira se desintegra em gases que alimentam as chamas. Estas chamas esquentam a madeira que não foi afetada e proporciona o desvencilhamento de mais gases, se tornando, assim, um processo cíclico. Para tal, as propriedades térmicas e as relacionadas com a resistência e rigidez são as que mais influenciam o desempenho da

madeira. A maioria destas particularidades está relacionada com outros fatores singulares da madeira, como a densidade, o teor de água, a inclinação do fio, a composição química, a permeabilidade, a condutividade térmica e fatores externos, como as temperaturas de exposição ao fogo, a duração da exposição e a ventilação no ambiente (ANASTÁCIO, 2010).

Pela sua característica anisotrópica, a madeira possui diferentes valores mecânicos dependendo da atuação de cargas sobre a peça.

No que se trata da resistência à tração, existem elevada resistência mecânica e baixa deformabilidade paralelamente as fibras, f_{t0} ; e baixa resistência mecânica e alta deformabilidade em direção normal as fibras, f_{t90} .

No dimensionamento de estruturas de madeiras são utilizados coeficientes de ponderação que dão segurança a equação, são eles 1,4 para compressão paralela às fibras, 1,8 para tração paralela às fibras e 1,8 para cisalhamento paralelo às fibras. Sabendo essa é a direção ideal para se conseguir o maior valor resistente da madeira. Na tabela 1, podem-se notar comparações e algumas equações que auxiliam a encontrar a resistência da madeira pôr os critérios e a atuação do esforço em diferentes direções (NBR 7190/1997).

Tabela 1 - Valores para diferentes ângulos de aplicação e de característica mecânica.

					Conífera	Dicotiledônea
$f_{c0,k}/f_{t0,k}$	$f_{tM,k}/f_{t0,k}$	$f_{c90,k}/f_{c0,k}$	$f_{e0,k}/f_{c0,k}$	$f_{e90,k}/f_{c0,k}$	$f_{v0,k}/f_{c0,k}$	$f_{v0,k}/f_{0,k}$
0,77	1	0,35	1	0,25	0,15	0,12

Fonte: NBR 7190:1997

A flexão nas estruturas de madeira pode ser calculada de diferentes maneiras para cada situação de utilização, podendo ser simples reta, simples oblíqua, possuir instabilidade lateral, possuir solicitações tangenciais. Para cada caso a forma de dimensionamento muda, no entanto sabe-se que a resistência a flexão é boa e é capaz de atender aos estados limites de utilização das mais variadas construções (LEITE, 2018).

A resistência a compressão paralelamente as fibras é altíssima, no entanto é necessário se atentar a esbeltes da peça e como essa se comportará ao carregamento, já que é possível haver deslocamentos e por consequência a flambagem da mesma (LEITE, 2018).

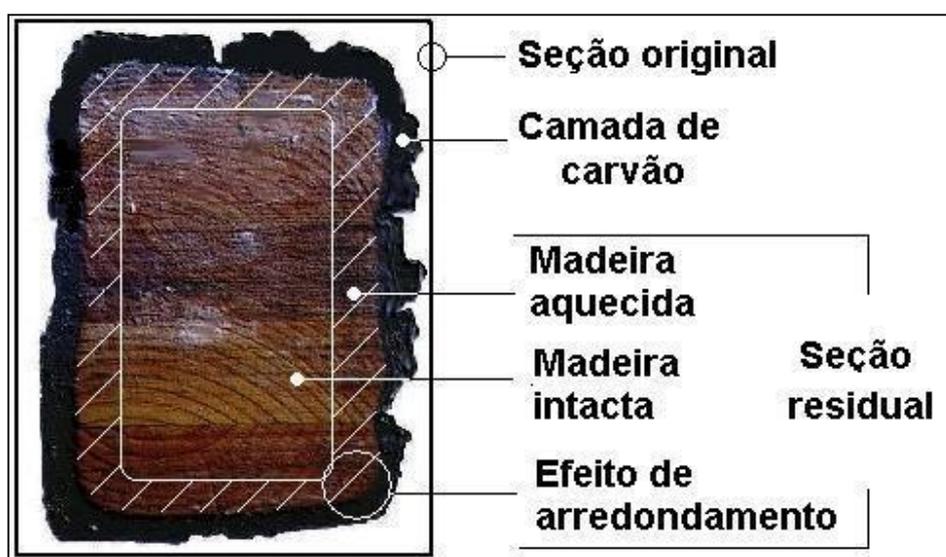
As consequências da degradação térmica por fogo no referente a estruturas são altas já que a seção resistente é reduzida e com isso também a segurança, no entanto ao se comparar, por exemplo, com o aço, a estrutura se mantém resistindo por tempo necessário para que haja evacuação de bens importante de dentro das edificações, assim como salvando vidas potencialmente; coisa que não acontece com as estruturas de aço, que perde rapidamente suas características mecânicas e resistentes (PINTO, JUNIO; 2004).

3.4. Estimativas da seção residual

A queima da superfície da madeira resulta em uma camada carbonizada isolante, que atua como uma "capa" protetora dificultando a passagem de calor e a continuação do fogo para o centro da seção. Esta camada possui uma condução térmica de cerca de um sexto da madeira maciça, o que esclarece as propriedades isolantes da camada carbonizada (DE CASTRO, 2009).

Um exemplo disto está evidenciado na Figura 4, onde é apresentada uma seção transversal carbonizada de uma viga de cobertura utilizando madeira laminar colada, com exposição ao fogo por 30 minutos em quatro faces, taxa de carbonização de 6 mm/min (PINTO, JUNIOR; 2004).

Figura 4 - Seção carbonizada de uma viga de cobertura de madeira laminar colada



Fonte: PINTO; JUNIOR (2004)

Sob esta camada existe, ainda, uma outra camada com aproximadamente cinco milímetros de espessura onde a madeira está modificada mas não completamente inútil, resultando na restante da área da seção em temperatura ordinária, onde as características mecânicas originais se mantêm, auxiliando para que a estrutura ainda possua alguma resistência. (DE CASTRO, 2009)

Desta forma a madeira, ainda que em elevadas temperaturas, mantém, ao longo de certa quantidade de tempo, uma área original da sua seção, designada de seção útil, que se conserva a temperatura normal, ainda que esteja a diminuta distância da camada carbonizada ainda quente, e, por conta deste fenômeno, preserva, inalteradas, suas propriedades físicas. Provando então que o material possui ainda alguma resistência e proporcionando ao mesmo a condição de poder ser reutilizado ou então reciclado, economizando recursos e energia da natureza, assim como em caso de acidentes inesperados a evacuação de pessoas ou posses sem imediato risco de colapso estrutural (LEITE, 2018).

A resistência ao fogo da madeira exprime-se, em traços gerais, como sendo a capacidade, medida numa escala temporal, para resistir à atuação do fogo plenamente desenvolvido, sem ocorrência do colapso da estrutura, por exemplo, é possível ver na Figura 5 como, em situações semelhantes a exposição a altas temperaturas, a viga de madeira se comporta em relação a uma viga de aço a temperaturas superiores a 1000°C (LEITE, 2018).

Figura 5 - Imagem comparativa de vigas de madeira e aço expostas a altas temperaturas



Fonte: LEITE (2018)

4. ANÁLISE DE VIABILIDADE DA RESISTÊNCIA AO FOGO

Como já mencionado anteriormente as estruturas de madeira não é recente, mas seu uso foi sendo reduzido com o passar do tempo. No entanto, ela continua sendo uma opção inteiramente viável na construção civil.

Sendo considerados fatores vetores da utilização da madeira os climas muito úmidos, radiação solar constante e pragas. Com os cuidados adotados, normas de seguranças e regras técnicas de utilização, remediam-se até mesmo essas condições, liberando seu uso pleno em praticamente todos os cenários.

Por não ser o principal material utilizado no Brasil para estruturas, a falta de mão de obra especializada e o alto valor de peças nobres e legalizadas, faz com que sua demanda seja ainda baixa, fator esse que deve ser pesado no momento da tomada de decisão da utilização da madeira.

4.1. Proteção contra o fogo

A proteção contra o fogo a se realizar na madeira deve ser feita, com o objetivo de diminuir a probabilidade de ocorrência de incêndios e assegurar que as estruturas mantenham as exigências que

lhes são solicitadas, de modo a permitir a evacuação em segurança das pessoas que se encontram dentro dos edifícios, em caso de incêndio.

Existem inúmeros produtos de proteção fogo que se pode utilizar, sendo necessário, em primeiro lugar, conhecer as condições em que está inserido o elemento de madeira a proteger, saber que tipos de produtos podem ser aplicados, e posteriormente aplicar estes mesmos produtos consultando o fabricante e respeitando as instruções dadas nas suas fichas técnicas, algumas normas que podem ser seguidas para a prevenção e segurança contra incêndios podem ser vistas na NBR 13434-1, NBR 13434-2 e NBR 14276. (SILVA, 2008)

A proteção fogo é muito importante especialmente em locais públicos, onde existe uma concentração muito grande de pessoas que, em caso de incêndio, necessitam de sair dos locais em segurança. Exemplos possíveis desses passam por teatros, recintos desportivos, pavilhões industriais e hospitais, em que a proteção fogo pode ser muito variada, desde a utilização de produtos intumescentes que possuem um leque de acabamentos variado, até aos produtos ignífugos que dão à madeira um aspecto mais natural. (OLIVEIRA, 2008)

Os intumescentes são muito utilizados para elementos de madeira à vista e podem ter acabamentos com produtos ignífugos, aliando assim as duas proteções para uma maior eficácia em face de um incêndio. As coberturas de grandes vãos e as vigas e pilares de madeira são elementos onde se aplicam muitas vezes este tipo de proteção. Já os ignífugos, devido às suas características, são utilizados em elementos em que a função estrutural não tem significado, sendo mais focalizados para a decoração e proteção com películas mais limpas, com a finalidade de não propagar o fogo pela própria tinta. (OLIVEIRA, 2008)

Na figura 6 é possível a comparação de diferentes resultados para cômodos inteiramente de madeira quando tratados com os materiais indicados, nesse exemplo foram utilizados toda a linha de ignífugos Neoquen© para proteção do material às chamas.

Nos casos correntes, em geral, não se justificará a introdução de proteção fogo dos elementos de madeira, sendo suficiente introduzir meios automáticos de detecção de incêndio e a colocação de meios de extinção, manuais ou automáticos, consoantes às circunstâncias de vigilância existentes e a possibilidade ou não de reação humana imediata a uma situação de alarme, conforme estipulado por regras apresentadas mediante autorização do Corpo de Bombeiros. (DE CASTRO, 2009)

Contudo, muitas vezes não se valoriza a importância dos tratamentos de proteção fogo, principalmente em construções de pequeno porte. Na hora de projetar e especificar qualquer elemento de madeira poderá ser muito útil conhecer o custo da proteção ao fogo a efetuar, o qual não deve ser considerado como um custo separado do elemento em causa, mas sim como um fator do custo global, já que é de extrema importância que esse detalhe não seja desprezado em projeto e por esse valor ser, diversas vezes, elevado e desestimulador.

Figura 6: Exemplificação de incêndio em madeira tratada sem e com aplicação do Ignífugo Neoquen©



Fonte: Ignífugos Neoquen©

4.2. Durabilidade das Estruturas

A proteção feita na madeira, recorrendo a produtos preservadores ou protetores de fogo, é muito influenciada pelos agentes degradadores, tais como o sol, a chuva, o vento, a ação do fogo e os compostos químicos.

Esta degradação manifesta-se, sobretudo, na camada de acabamento, onde os produtos de proteção fogo têm cuidados de aplicação muito especiais. Existem produtos de acabamento que possuem elementos que combatem a propagação de um incêndio, tornando a madeira um material com melhor comportamento em termos de reação e resistência ao fogo. Contudo, estes produtos refletem uma maior preocupação no que diz respeito à sua aplicação. Pois, por serem mais sensíveis aos agentes degradadores, em comparação com os outros produtos de preservação mais comuns, necessitam ser projetados e aplicados com o máximo cuidado de modo a que, ao serem ativados em caso de incêndio, a sua eficácia seja máxima, diminuindo os estragos que possam ser causados, o procedimento para tanto está descrito na NBR 14432. (OLIVEIRA, 2008)

O tratamento com pintura ou verniz é fundamental na proteção da madeira e previne a deterioração da mesma, inibindo o desenvolvimento de seus principais predadores, os fungos e insetos.

A durabilidade da madeira também está relacionada com as ligações estabelecidas em projeto. O grande vilão desse material natural são os esforços transversais às fibras, especialmente os de tração, já que a resistência da peça de madeira nesta posição é altamente reduzida. Recomenda-se nunca travar rigidamente, ou engastar, uma peça de madeira no seu apoio ou

conexão, por haver a alta possibilidade de fendilhamento que aparecerá no sentido da fibra. Encaixes com peças metálicas parafusadas ou apoiadas, que liberam o movimento da madeira, são os mais indicados. Além disso, a madeira tem uma vantagem extra que é a possibilidade de entalhes, criando encaixes entre as próprias peças de madeira, uma propriedade particular que pode, e deve ser explorada.

Assim, a madeira é um material nobre, extremamente versátil e com inúmeros recursos de uso. No entanto, ao decidir pelo uso de estruturas em madeira é recomendável atentar-se aos detalhes comportamentais do material e de cuidados executivos que farão diferença no resultado final do projeto e na durabilidade da estrutura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi anteriormente comentado, a eficácia da madeira na construção civil, seja na utilização estrutural ou não, é completamente satisfatória; com características intrínsecas bastante peculiares apresenta um leque de utilização vasto tornando seus defeitos ofuscados por todas as vantagens que este material tem a oferecer; é importante salientar que, não apenas a madeira, mas qualquer material de construção deve ser utilizado por profissionais qualificados e que dificilmente um deles apresentará qualidade de serviço ideal senão executado seguindo as diretrizes, normas e padronizações pré-estabelecidas para ambos.

No que tange a resistência da madeira quando exposta ao processo de combustão, deve-se salientar que sua principal utilização não é para a contenção e proteção contra ao fogo, e sim um material seguro quando há a necessidade de resistir as chamas e garantir tempo para que seja feita a evacuação do máximo de prioridades possíveis, já que, como anteriormente citado, não há colapso rápido da estrutura pelo motivo de a membrana superficial da madeira atuar como uma camada protetora pra a seção interna que ainda possui sua capacidade resistiva mesmo se apresentando carbonizada por fora.

No entanto, toda essa qualidade da madeira, principalmente estruturalmente, não deve ser superestimada a ponto de que seja necessário o desprezo pelas formas tradicionais de contenção de fogo e das normas destinadas à prevenção de incêndios e de segurança de usuários. Devendo estas ser obrigatórias em qualquer cenário.

A temática sobre as soluções de proteção fogo em revestimentos estruturais ou não estruturais em madeira continua em constante desenvolvimento. Hoje em dia, surgem cada vez mais novos produtos de proteção ao fogo, tanto tintas e vernizes ignífugos, intumescentes, como novas soluções prontas a auxiliar a proteção da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTÁCIO, R. S. Alberto. **Especificação de protecção fogo para estruturas de madeira**, Dissertação de Mestrado de especialização em construções civis. Universidade do Porto, Porto, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5628: Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo**. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13434-2: Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico - Formas, Dimensões e cores**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13434-1: Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 14276: Programa de brigada de incêndio**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2001.

CALIL JÚNIOR, C. Et. al. **Estruturas de madeira**. São Carlos: USP - Departamento de Engenharia de Estruturas, 2000.

COSTA, A., **Coletâneas de anatomia da madeira**, Vitória, 2001.

DE CASTRO, André. **Uma investigação Teórico-Experimental da Combustão de Madeira**, Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Propulsão e Combustão. INPE, São José dos Campos, 2009.

LEITE, Igor. **Estruturas de Madeira**. Notas de Aula, Rio de Janeiro: UNISUAM, 2018.

OLIVEIRA, D. Moura. **Especificações de Elementos Pintados ou Envernizados para Elementos Construtivos Exteriores em Madeira**, Mestrado Integrado em Engenharia. Universidade do Porto, Porto, 2008.

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

PINTO, E. Moura; JUNIOR, C. Calil. **Resistência mecânica de estruturas de madeira em situação de incêndio: proposta para a inclusão em anexo da NBR 7190**. São Paulo, 2004.

RODRIGUES, M. Santinho. **Estruturas de madeiras I**. Cuiabá: UFMG - Departamento de Engenharia Civil, 2000.

ROSA, J. Perilo. **Estruturas de madeira I**. Notas de Aula, Belém do Pará: UFPA - Departamento de Estruturas, 1999.

SILVA, João Paulo. **Especificações de Tratamentos de Preservação para Elementos de Madeira**, Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.