

MODELAGEM TÉRMICA BIDIMENSIONAL DE SEÇÃO TRANSVERSAL DE MADEIRA EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO COM ÊNFASE NA TAXA DE CARBONIZAÇÃO

**Felipi P. D. Fernandes, Universidade de São Paulo, fpd-fernandes@usp.br
Gisele C. A. Martins, Universidade de São Paulo, giselemartins@usp.br
Jorge Munaiar Neto, Universidade de São Paulo, jmunaiar@sc.usp.br**

Resumo

Quando submetida a temperaturas elevadas a madeira sofre um processo de carbonização, ocorrendo a liberação de gases inflamáveis e formação de carvão. A camada carbonizada tem resistência mecânica desprezível e, desta forma, o seu avanço representa a redução da seção transversal resistente do elemento estrutural. Na norma brasileira de estruturas de madeira em vigor não há recomendações acerca da madeira em incêndio, devendo-se recorrer a normas estrangeiras, como a europeia. Através de modelagens térmicas é possível a obtenção do perfil de temperatura do elemento estrutural bem como a camada carbonizada de madeira (a partir da consideração de que temperaturas superiores a 300°C indicam camada carbonizada), no entanto, pode-se observar que a adoção das propriedades térmicas da madeira europeia nestes modelos numéricos gera resultados diferentes dos obtidos experimentalmente com a madeira brasileira. Desta forma, é feito neste trabalho a calibração da condutividade térmica da madeira de forma a obter resultados mais próximos aos obtidos em ensaios em situação de incêndio realizados com espécies de madeira brasileira. Foi observado que os modelos numéricos consistem em um bom método para a análise de elementos estruturais submetidos a temperaturas elevadas, tendo sido possível a obtenção das curvas de temperatura na madeira pelo tempo de ensaio bem como a espessura da madeira carbonizada com boa aproximação.

Palavras-Chave: Madeira, Incêndio, Taxa de carbonização, Modelagem Térmica, ABAQUS

Abstract

When subjected to high temperatures the wood undergoes a process of carbonization, occurring the release of flammable gases and formation of charcoal. The charred layer has negligible mechanical strength and, in this way, its advancement represents the reduction of the resistant cross section of the structural element. In the Brazilian standard of timber structures there are no recommendations on wood in fire, and it is necessary to resort to foreign standards, such as European. Through thermal modeling it is possible to obtain the temperature profile of the structural element as well as the carbonized layer of wood (from the consideration that temperatures above 300 ° C indicate charred wood), however, it can be observed that the adoption of the thermal properties of European timber in these numerical models generates results different from those obtained experimentally with Brazilian wood. In this way, the calibration of the thermal conductivity of the timber is done in order to obtain results closer to those obtained in fire tests carried out with Brazilian wood species. It was observed that the numerical models consist of a good method for the analysis of structural elements submitted to high temperatures, it being possible to obtain the temperature in the timber by the test time as well as the thickness of the charred wood with good approximation.

Keywords: Timber, Fire, Charring rate, Thermal modelling, ABAQUS

1 Introdução

Por ser um material leve, resistente e renovável, a madeira vem se mostrando um excelente material para emprego estrutural, podendo ser utilizado desde obras de pequeno porte, tais como em residências, até construções de grande porte, como na superestrutura de pontes. Apesar das inúmeras vantagens apresentadas pela madeira, no Brasil o seu uso tem sido limitado devido ao desconhecimento do seu comportamento em relação ao fogo.

De acordo com Pinto (2005), a madeira quando submetida a temperaturas elevadas passa por um processo de combustão, havendo formação de carvão e liberação de gases inflamáveis. O carvão formado tem resistência e rigidez desprezíveis e, desta forma, o seu avanço representa a redução da seção transversal resistente. A velocidade com a qual a madeira é transformada em carvão é medida através da denominada “*taxa de carbonização*”. Abaixo da camada carbonizada há uma estreita faixa de madeira, que tem suas propriedades mecânicas reduzidas pelo efeito da temperatura, e um núcleo intacto, conforme Figura 1.

Figura 1 – Seção transversal de uma peça de madeira submetida a temperaturas elevadas



Fonte: Pinto (2005)

Na norma brasileira sobre estruturas de madeira em vigor, a ABNT NBR 7190:1997, não há recomendações sobre o comportamento dos elementos de madeira quando submetidos à temperatura elevada. Desta forma, nesta situação deve-se recorrer a normas estrangeiras, tal como o Eurocode 5 parte 1.2. No entanto, é preciso verificar a aplicabilidade de parâmetros como taxa de carbonização e variação das propriedades térmicas e mecânicas obtidos para a madeira europeia na madeira brasileira.

Por meio de análises experimentais em fornos horizontais, Pinto (2005) encontrou uma taxa de carbonização média de 0,58 mm/min para vigas de madeira confeccionadas com *Eucalyptus citriodora* e com *Eucalyptus grandis*. Analisando vigas de Madeira Laminada Colada (MLC) feitas com *Lyptus* e com *Pinus*, Martins (2016) encontrou taxa de carbonização média de 0,67 mm/min e 0,95 mm/min, respectivamente. Os valores encontrados em ambas as pesquisas são superiores aos recomendados pela norma europeia, que é de 0,65 mm/min para coníferas e de 0,50 mm/min para as folhosas.