

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DE PEÇAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA COM REFORÇO DE FIBRAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.

FIRE EVALUATION OF FRP GLUED LAMINATED TIMBER

Nilson T. Mascia^{1*}, Saulo José de Castro Almeida² Ailton N. Alves³,

¹Professor Doutor da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil

²Professor Doutor da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil

³Mestrando da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil

* Contato¹: Nilson Tadeu Mascia: ntm@fec.unicamp.br

* Contato²: Saulo José de Castro Almeida: saulojca@fec.unicamp.br

* Contato³: Ailton Nascimento Alves: ankaton@hotmail.com

CÓDIGO:4601317

Resumo

Avaliação numérica de peças de madeira laminada colada com reforço de fibras em situação de incêndio.

A aplicação de polímeros reforçados com fibras em estruturas de madeira tem sido amplamente utilizada com resultados que evidenciam uma melhoria no desempenho mecânico dessas estruturas.

Em peças estruturais de madeira, o uso de fibras de reforço segue duas linhas mestras: fibras sintéticas como fibras de carbono, aramida e cristal líquido e, fibras naturais como fibras de sisal, curauá e basalto. Quanto à posição de colocação dos reforços, preferencialmente, a aplicação se dá externamente na região tracionada da peça. Quando se analisa a segurança em situações de incêndio, o comportamento do compósito, em função da degradação térmica, acrescenta maior complexidade às pesquisas; a definição da posição para a colocação do reforço, o tipo de fibra a ser aplicada e, principalmente, o comportamento da resina diante do aumento de temperatura, são questões que devem ser investigadas. Neste contexto, a atual pesquisa, ainda em andamento, visa apresentar um estudo relacionado ao comportamento mecânico de peças de madeira laminada colada reforçadas com fibras em situação pós-incêndio através de simulação numérica via Ansys software. Devido a seção carbonizada possui fraca colaboração estrutural além de apresentar trincas e retrações e, reforços poliméricos, baixa temperatura de transição da resina onde a temperatura deve ser inferior a 100°C, dependendo do tipo de resina utilizada, o estudo está sendo realizado com a colocação interna do reforço.

Abstract

The application of fiber reinforced polymers to wood structures has been widely used with results that show an improvement in the mechanical performance of these structures. In structural timber, the use of reinforcement fibers follows two main lines: synthetic fibers such as carbon fibers, aramid and liquid crystal, and natural fibers such as sisal, curauá and basalt fibers. As for the placement position of the reinforcements, preferably, the application occurs externally in the tensioned region of the piece.

When the safety in fire situations is analyzed, the behavior of the composite, due to the thermal degradation, adds more complexity to the research; the definition of the position for the reinforcement placement, the type of fiber to be applied and, especially, the behavior of the resin in face of the increase in temperature are issues that must be investigated. In this context, this current research, still in progress aims to present a study related to the mechanical behavior of glued laminated timber reinforced with fibers in a post-fire situation through numerical simulation using Ansys software. The evaluation of the results points to the weak collaboration of the carbonized section with the application of reinforcement indicating the placement of reinforcement only in a region with temperature below 100°C depending on the type of resin used, the study is being performed with internal placement. of reinforcement..

1. INTRODUCCIÓN

El uso de la madera como elemento estructural liviano, combinado con todas las demás características, ha potenciado la investigación para dar al producto final una mayor confiabilidad; En esta línea, la investigación sobre madera laminada y pegada con compuestos de polímeros reforzados con fibra ha contribuido indudablemente a este propósito.

Sin embargo, la investigación que tiene como objetivo analizar la madera reforzada con polímeros y la madera sometida al fuego aún busca respuestas sobre el mejor uso de estos polímeros que usan resina en su matriz. Se han aplicado polímeros de resina epoxi, ya sea externa o internamente, entre chapas de madera, pero la resina epoxi tiene una temperatura de degradación cercana a los 65°C, lo que hace que su aplicación externa sea inviable; Las fibras aplicadas en la región carbonizada no son efectivas ya que el carbón tiene baja resistencia ($MOE = 480 \text{ kN} / \text{m}^2$) y su degradación conduce a la aparición de grietas.

Definir la posición interna en la que el polímero permanece intacto y contribuye a la fiabilidad del elemento estructural es de suma importancia para el diseño. La ubicación de una isoterma que garantiza la integridad de la resina utilizada implica la definición de parámetros térmicos como la conductividad térmica y la isoterma de transición de la resina para obtener un compuesto residual estructuralmente confiable.

2. INVESTIGACIÓN

En cuanto a los diferentes tipos de fibras, tenemos: Fernando et al. (2015) investigaron polímeros reforzados con fibra de basalto (PRFB); Speranzini y Tralascia (2015) investigaron polímeros con fibras de lino y cáñamo, Yashida et al (2016) investigaron polímeros reforzados con fibra de vidrio (PRFV) y polímeros reforzados con fibra de carbono (PRFC); Basterra et al (2017) investigaron el polímero reforzado con fibra de vidrio, GRP con aplicación vertical interna; Donadon (2016) realizó estudios sobre vigas de madera de reforestación encolada reforzada con fibra y en 2017 Donadon et al. Se investigaron polímeros con fibras vegetales de cureuá y sisal, entre otros.

Por otro lado, los investigadores buscan caracterizar el comportamiento térmico de la madera; Sulleiman et al. (1999) observaron que el aumento de la temperatura conduce al aumento de la conductividad térmica y Zi Tao et al. (2010) realizaron mediciones experimentales de la conductividad térmica de la madera utilizando la técnica del medidor de flujo de calor y la fuente del plano transitorio y propusieron ecuaciones lineales correlacionadas con la densidad y la humedad de las especies estudiadas. Su trabajo presenta ecuaciones que permiten el cálculo de la conductividad térmica.

Para las maderas blandas como la especie PINUS SYLVESTRIS (Pinheiro Silvestre), la ecuación propuesta por los autores es:

$$k = 0,08805 + 0,0003888T \quad (1)$$

donde:

‘T’ es la temperatura en grados Celsius.

Considerando, por ejemplo, a temperatura de transición vítrea da resina epoxi igual a 65°C, la conductividad térmica corresponde a 0,1133, o que permite calcular la profundidad de la isoterma del polímero.

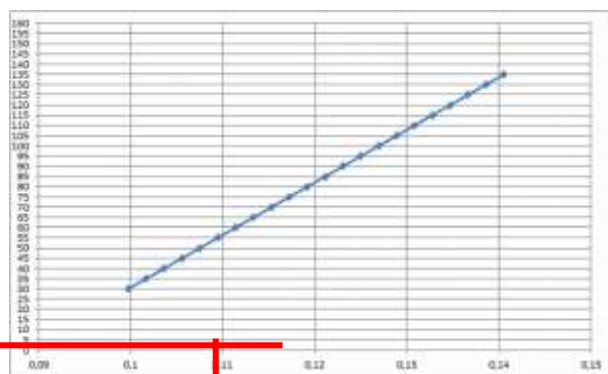


Gráfico1: Conductividad térmica para pino silvestre a 65°C.

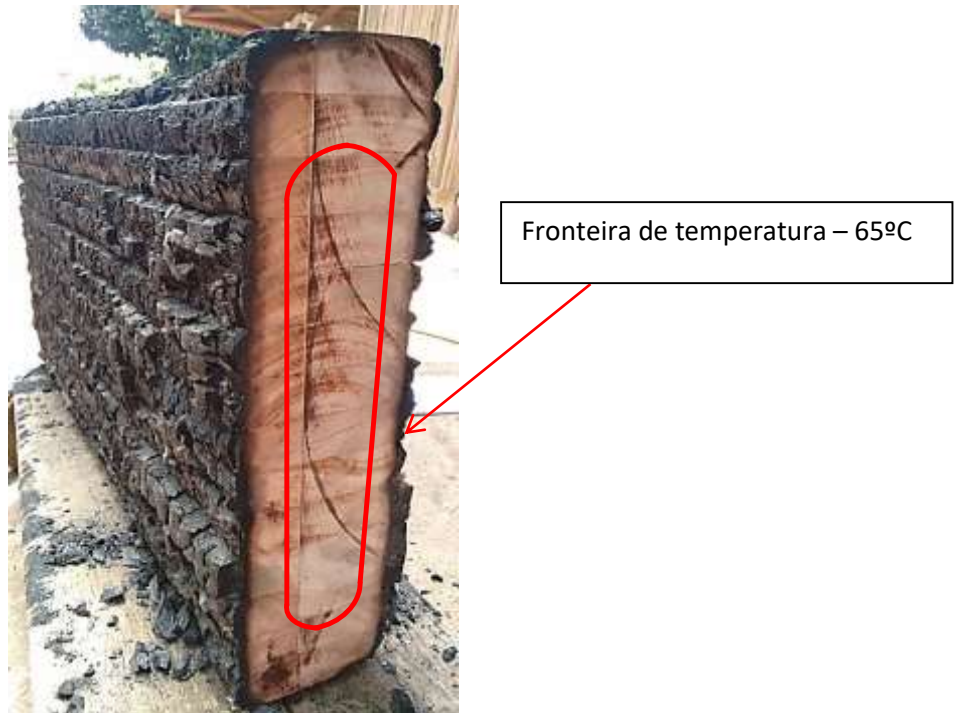


Figura 1 –línea de degradación de resina epoxi(mediana)

Frangi et al. (2008), encontraron las siguientes relaciones entre la profundidad de calentamiento del tiempo vesus el tiempo para la madera blanda:

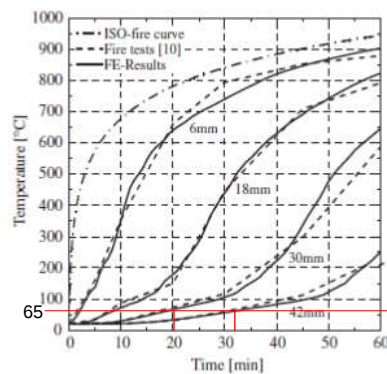


Figura 2 - Comparación de temperaturas por FE-análisis térmica e testes de fogo a diferentes profundidades de muestras de madera expuestas al fuego ISO en un lado – fuente: Frangi (2008)

Según las pesquisas de Frangi et al. (2008), una profundidad de 42 mm tarda 32 minutos en alcanzar una temperatura de 65°C. Sin embargo, existe la influencia de las trincas y la contracción del carbón formado y el consiguiente aumento de la transferencia de calor por encima de 500°C (Cachim y Franssen, 2009). Cachim y Franssen (2009) relacionaron la densidad, el tiempo de exposición al fuego para determinar el isoterma de carbonización de varias especies:

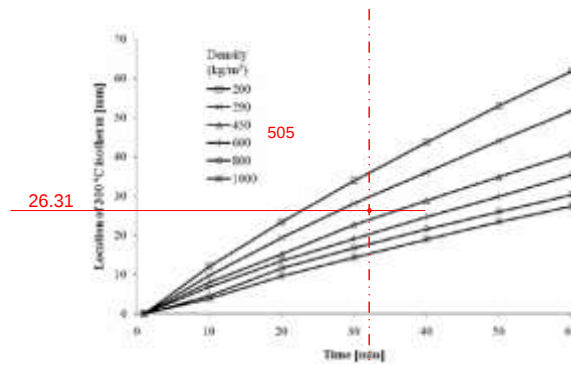


Fig. 3 - Evolución de la profundidad de carbonización a lo largo del tiempo para diversas densidades- fuente Cachim e Franssen (2009).

En la misma línea, Martins (2015) evaluó una muestra de madera blanda y encontró el siguiente resultado:

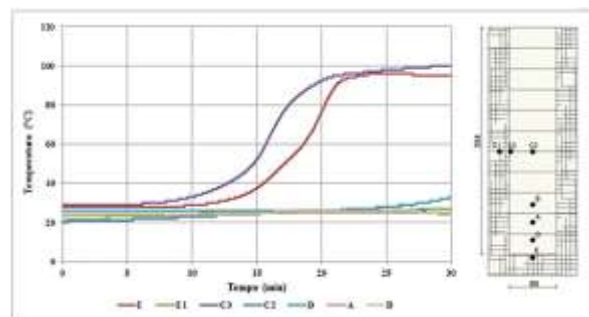


Figura 4 – distribución de temperatura en muestra de madera blanda laminada y pegada- fuente: Martins (2015).

La isoterma de carbonización está dentro de los parámetros observados por Cachim y Franssen (2009). Martins (2015) encontró temperaturas de aproximadamente 35°C y 25°C para los puntos "D" y "C2", respectivamente.

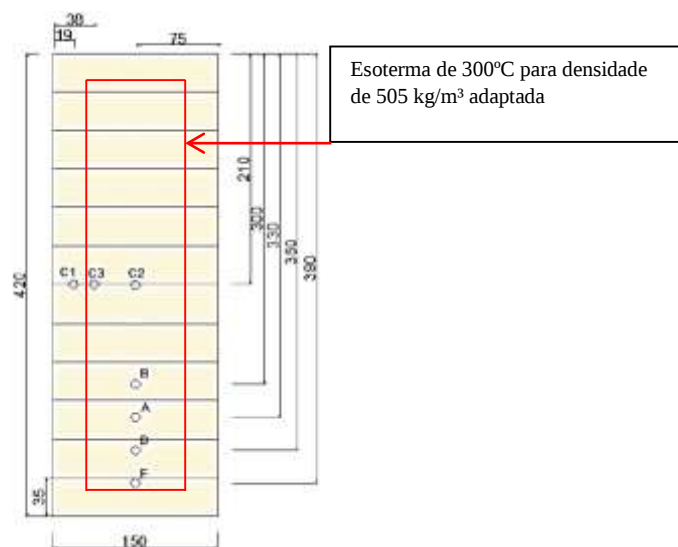


Figura 5: Esquema de isoterma de 300°C adaptada por los autores- tese de Martins para 32 minutos de exposición al fuego.

Saldanha (2018) probó vigas de madera PINUS laminadas y pegadas de acuerdo con el siguiente esquema; Sus resultados apuntan a un aumento de carga promedio del 27%:

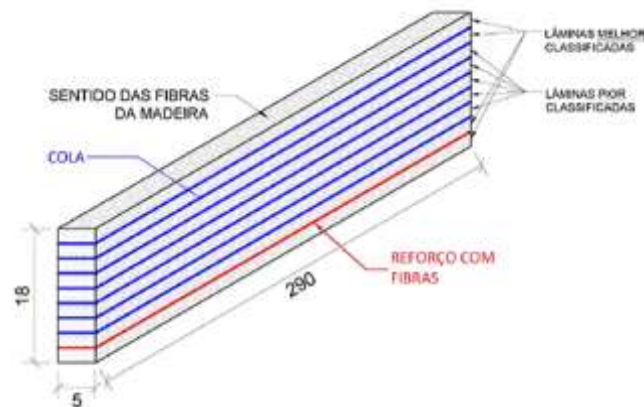


Figura 6: Esquema de montaje de las vigas probadas – fuente: Saldanha (2018).

La investigación actual parte de los resultados presentados por Saldanha (2018) y Martins (2015) para analizar la posición de instalación del refuerzo posterior al fuego con consideraciones sobre la temperatura ambiente y la situación de degradación de la resina:

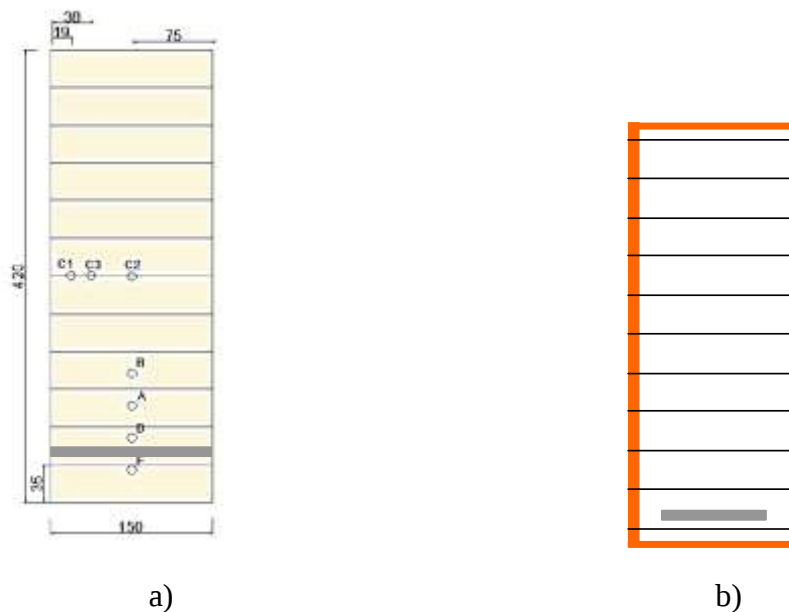


Figura 7: a) posición del refuerzo en temperatura ambiente e, b) posición posterior al fuego durante 32 minutos.

3. INVESTIGACIÓN

La investigación en curso se lleva a cabo utilizando el software ANSYS y tiene como objetivo encontrar una respuesta numérica que sintetice la densidad, el tiempo de carbonización y la humedad para determinar la mejor posición de refuerzo mediante la búsqueda de respuestas de confiabilidad para el elemento estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BASTERRA et al (2017) Internal reinforcement of laminated duo beams of low-grade timber with GFRP sheets; Valladolid, Spain

CACHIM e Franssen (2009) – Assessment of Eurocode 5 charring rate calculation methods; journalFire Technology, volume 46

DONADON et al. (2017) Avaliação de fibras naturais de curauá e sisal para reforço de vigas de madeira laminada colada – CLEM/CIMAD, Buenos Aires, Argentina.

Donadon, Bruno Fazendeiro - Estudo de vigas de madeira de reflorestamento laminadas coladas reforçadas por fibras, 2016 – Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.

FERNANDO, Frangi e Kobel (2016) Behaviour of basalt fibre reinforced polymer strengthened timber laminates under tensile loading

FRANGI et al. (2007). Charring model for timber frame floor assemblies with void cavities.ETH Zurich, Suíça

MARTINS, Gisele Cristina Antunes – Análise Numérica e Experimental de Vigas de Madeira Laminada Colada em Situação de Incêndio – tese de doutorado – 2016, São Carlos - SP.

SALDANHA VICTOR, Renato.análise de vigas de madeira lamelada e colada reforçadas com fibras naturais e sintéticas através de ensaios de flexão, 2018 – dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas , Faculdade de Engenharia Civil , Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP

SPERANZINI e Tralascia (2015) engineered lumber: lvl and solid Wood reinforced with natural fibres, 2010;

SULEIMAN et al., (1999) – Thermal conductivity and diffusivity of wood - Wood Science and Technology

YASHIDA et al (2016) Flexural stiffness and strength enhancement of horizontally glued laminated wood beams with GFRP and CFRP composite sheets, 2016; ELSEVIER

ZI-TAO YU et al. (2010) experimental Measurements of Thermal Conductivity of Wood Species in China: Effects of Density, Temperature, and Moisture Content. China.