

SOLDAGEM DE CAVILHAS DE ITAÚBA EM SUBSTRATOS DE PINUS POR FRICÇÃO ROTACIONAL

Ana Carolina Costa Viana¹ (anacarolviana@outlook.com); Poliana Dias de Moraes² (poliana.moraes@ufsc.br); Walter Lindolfo Weingaertner³ (w.l.weingaertner@ufsc.br); Pedro Antonio Neves Zaniboni⁴ (pedroanzaniboni@gmail.com); Thaison Prando⁵ (thprando@hotmail.com)

^{1,5}UFSC – Campus Reitor João David Ferreira Lima, Florianópolis, Santa Catarina.

Resumo

A soldagem da madeira por fricção rotacional é uma técnica que produz ligações sólidas a partir da inserção de cavilhas nos pré-furos de peças de madeira, com determinada pressão e rotação, produzindo atrito entre as superfícies da cavilha e do pré-furo. A soldagem da madeira por fricção decorre, principalmente, do derretimento e do fluxo da lignina e da hemicelulose, formando um material amorfo e denso que se funde em poucos segundos. A soldagem por fricção rotacional em madeiras plantadas no Brasil é recente. Desse modo, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a soldagem de madeiras plantadas no Brasil, por meio da técnica da fricção rotacional. Foram confeccionadas cavilhas lisas de madeira de itaúba (*Mezilaurus itauba*), com 10 mm de diâmetro e 120 mm de comprimento, as quais foram inseridas a 40 mm de profundidade em pré-furos de 8 mm de diâmetro executados em uma peça de madeira de pinus (*Pinus taeda*). A soldagem das cavilhas foi efetuada em um centro de usinagem comandado numericamente. Os corpos de prova com as cavilhas soldadas foram submetidos a ensaios mecânicos, a fim de obter a tensão de cisalhamento na superfície da solda a partir da extração das cavilhas, bem como foram realizadas análises na macroestrutura e na microestrutura da interface soldada, por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados obtidos nos ensaios de tração mostram que a força máxima e a tensão de cisalhamento médias corresponderam a 2419 N e 2,41 MPa, respectivamente. Após a soldagem por fricção rotacional, o pré-furo e a cavilha, originalmente cilíndricos, assumiram um formato cônico devido ao atrito gerado durante o processo, o qual elevou a temperatura, escurecendo a interface de soldagem. A análise microestrutural permitiu verificar que a interface entre as madeiras de pinus e de itaúba é homogênea e bem soldada.

Palavras-chave: *Pinus taeda*. *Mezilaurus itauba*. Soldagem da madeira. Soldagem por fricção rotacional.

Abstract

Wood rotational friction welding is a technique that produces solid connections from the insertion of the dowels in the pre-holes of wooden pieces, with certain pressure and rotation, producing friction between the surfaces of the dowel and the pre-hole. The wood friction welding results, mainly, from the melting and flow of lignin and hemicellulose, forming an amorphous and dense material that melts in a few seconds. The rotational friction welding in woods planted in Brazil is recent. Thus, the present research aims to evaluate the welding of woods planted in Brazil through the rotational friction technique.

Itauba (*Mezilaurus itauba*) flat dowels were made with 10 mm in diameter and 120 mm in length and were inserted 40 mm deep in 8 mm diameter pre-holes made in a piece of pine wood (*Pinus taeda*). The dowels were welded through a numerically controlled machining center. The specimens with the welded dowels were subjected to mechanical tests to obtain the shear stress on the welded surface from the extraction of the dowels, as well as analyzes on the macrostructure and microstructure of the welding interface were made, by scanning electron microscopy. The results obtained by the tensile tests show that the average maximum force and shear stress corresponded to 2419 N and 2.41 MPa, respectively. After rotational friction welding, the pre-hole and the dowel, originally cylindrical, assumed a conical shape due to the friction generated during the process, which raised the temperature, darkening the welding interface. The microstructural analysis showed that the interface between pine and itauba woods is homogeneous and well welded.

Keywords: *Pinus taeda*. *Mezilaurus itauba*. Wood welding. Rotational friction welding.

1 Introdução

A soldagem da madeira consiste em produzir ligações sólidas, unindo elementos por meio do atrito gerado pelos movimentos de fricção linear ou rotacional. Trata-se de um método simples e rápido que dispensa o uso de adesivos, pregos ou parafusos e que produz, em poucos segundos, calor capaz de derreter a interface das madeiras em contato, formando posteriormente a ligação (LEBAN *et al.*, 2005).

A soldagem por fricção rotacional consiste em unir madeiras mediante a inserção de cavilhas nos pré-furos das peças, com determinada rotação e avanço. A soldagem por fricção linear consiste em unir madeiras submetidas a uma pressão de contato e a um movimento vibracional de elevada frequência e grande amplitude (PIZZI *et al.*, 2003; LEBAN *et al.*, 2005). Esta última apresenta potencial para aplicação na indústria madeireira e na construção civil, tanto na fabricação de móveis e similares, quanto na produção de pisos e de painéis, e na ligação de elementos estruturais (BOCQUET *et al.*, 2006; BOCQUET *et al.*, 2007; BELLEVILLE *et al.*, 2011; PIZZI *et al.*, 2014).

Estudos na literatura subdividem o processo de soldagem da madeira em seis fases. A fase I corresponde ao início da soldagem, se caracterizando pelo rápido aumento de temperatura. Nesta fase, a água contida na madeira evapora e a interface entre a cavilha e o substrato é alisada em virtude do movimento friccional, promovendo a redução da pressão de contato. Na fase II, a pressão de contato é constante e o aumento da temperatura é quase linear. A fase III é identificada pelo aumento da força de atrito, consequente da decomposição dos elementos constituintes da madeira na interface, devido ao calor gerado. Na fase IV, a temperatura máxima é atingida na interface, resultado do equilíbrio da temperatura e da força de atrito. Na fase V, o processo é interrompido, ocasionando o resfriamento e a solidificação do material fundido na interface, caracterizando a fase VI (STAMM *et al.*, 2005).

A soldagem da madeira por fricção decorre, principalmente, do derretimento e do fluxo da lignina e da hemicelulose, devido ao aquecimento induzido durante a movimentação