



WOOD WELDING – SOLDADURA DA MADEIRA A FRIO ... OU COLAGEM SEM COLA

Helena Cruz, Investigadora Principal, LNEC

> TAL COMO O METAL, TAMBÉM A MADEIRA PODE FUNDIR E SER SOLDADA

Esta descoberta revolucionária justificou a atribuição do prémio austríaco Schweighofer 2005 para inovação em ciência da madeira à equipa franco-suíça liderada por Tony Pizzi (F) e Balz Gfeller (CH) pelos seus trabalhos sobre a soldadura da madeira.

O processo consiste em criar fricção entre duas superfícies a unir e aplicar pressão, o que permite ligá-las sem adição de cola.

Às temperaturas elevadas que são geradas pela fricção mecânica (acima de 180°C) a lenhina e a hemicelulose existente entre as paredes celulares da madeira fundem e fluem. As fibras da madeira deste modo libertas sofrem um rearranjo, criando um emaranhado de fibras imerso numa matriz fundida, maioritariamente de lenhina, que ao solidificar por arrefecimento origina um composto de elevada densidade. Este composto constitui a linha de colagem, ou melhor, a superfície de soldadura.

A fusão/soldadura demora cerca de 3 a 5 segundos, embora seja conveniente manter a pressão durante outro tanto tempo, para permitir que as reacções químicas entre os novos compostos de carbono formados durante o processo prossigam após a fusão, melhorando a qualidade da ligação.

Densitometria de Raios X da madeira soldada confirmou um considerável aumento de densidade na interface de soldadura, resultante da perda de estrutura celular da madeira nesta zona. O equipamento necessário para este procedimento é usado para colar com colas termoplásticas, por exemplo na indústria automóvel.

> O RESULTADO DE UM FELIZ ENGANO

É curioso que este método revolucionário tenha resultado de um engano, no âmbito de

um projecto de investigação em que o equipamento de fricção linear era usado para testar a colagem de madeira inserindo entre as duas superfícies uma peça de termoplástico que se pretendia polimerizar. Um dos técnicos envolvidos no trabalho laboratorial, a dada altura, esqueceu-se de inserir o elemento de plástico, tendo-se constatado, porém, que a fricção tinha sido suficiente para “colar” a madeira, de forma satisfatória.

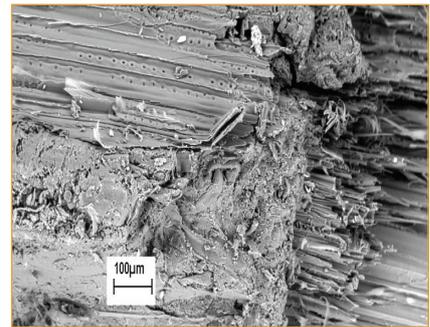
A equipa francesa viria subsequentemente a analisar estas juntas soldadas, o que permitiu perceber os fenómenos envolvidos, a nível molecular e anatómico, e otimizar o processo, trazendo-o para o nível industrial.

> DESEMPENHO E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO

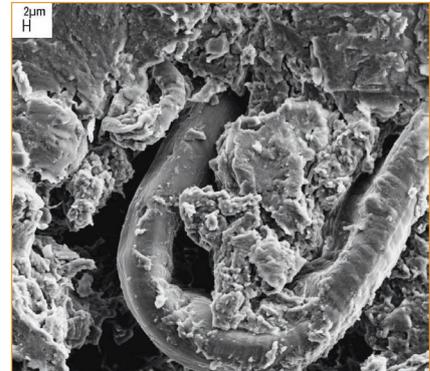
O potencial desta tecnologia é imenso, na medida em que é em si mesma não poluente e dispensa a utilização de colas e as inerentes desvantagens em termos ambientais, custos e tempos de espera dos processos de polimerização tradicionais.

Este processo pode ser aplicado para soldar duas superfícies planas de madeira, da mesma espécie ou mesmo de espécies diferentes, podendo ser utilizado na fabricação de mobiliário ou em trabalhos de carpintaria com resistência adequada a utilizações estruturais, desde que destinadas a aplicações em ambiente interior.

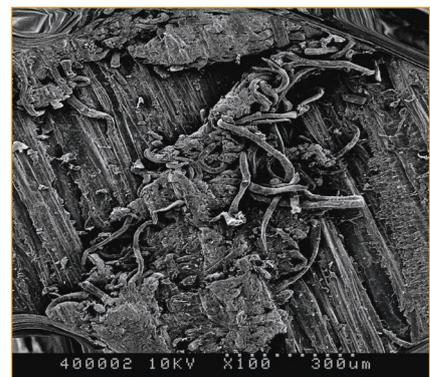
O mesmo princípio pode igualmente ser aplicado para soldar, por rotação, cavilhas de madeira inseridas em furos com diâmetro ligeiramente inferior. Se a cavilha for cravada usando engenhos de furar correntes, poderá chegar-se a uma resistência da ordem de vinte vezes superior à de uma cavilha cravada normalmente (ou seja, por percussão manual ou pneumática, com ou sem adição de cola), podendo esta técnica de soldadura



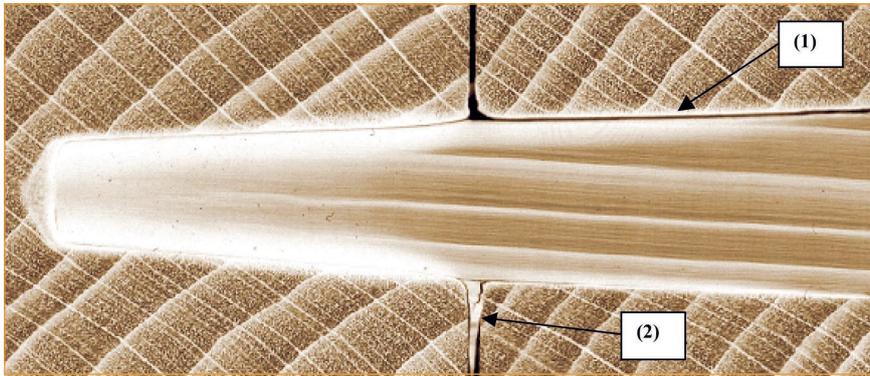
Nesta ligação soldada distingue-se os traqueídeos intactos no canto superior esquerdo e no lado direito da imagem. No canto inferior esquerdo observa-se o material fundido que constituiu o ligante da junta soldada, do qual emerge um feixe de fibras.



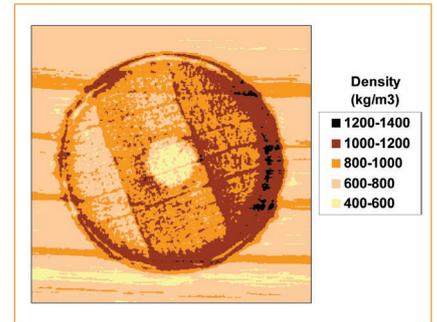
Pormenor de fibra retorcida inserida numa matriz de matéria fundida.



Interface soldada, vendo-se fibras longas emaranhadas, embebidas na matriz de lenhina e hemiceluloses fundidas (Microscópio electrónico de varrimento).



Cavilha de faia soldada sobre suporte de faia [Microdensitometria de Raios X].



Densificação registada numa secção transversal de cavilha soldada em madeira de faia [Microdensitometria de Raios X].

ser implementada facilmente por pequenas e médias empresas.

Investigação subsequente mostrou que, na soldadura linear, os resultados são sobretudo influenciados pela espécie florestal e pela direcção das fibras, pela amplitude e duração da vibração que provoca a fricção, a pressão

exercida e a sua duração pós-vibração. Bons resultados foram relatados pelos autores desta técnica para frequências de vibração de 100 Hz, 3mm de amplitude de vibração, 2 a 2.3MPa de pressão de soldadura aplicados durante 3 s para a soldadura e 4-5 s de espera pós-soldadura, conduzindo a valores de

resistência à tracção das ligações superiores a 10MPa.

Na soldadura por rotação, a resistência é significativamente influenciada pela(s) espécie(s) florestais, diferença entre os diâmetros do furo e da cavilha, e tempo de aplicação da pressão; pelo contrário, a orientação das fibras



Vigas com 2m de comprimento obtidas pela ligação de duas lamelas por meio de cavilhas de madeira soldadas (uma e duas fiadas).



Ensaio de flexão de viga de faia com 2m de comprimento obtida por meio de cavilhas soldadas: flexão máxima antes da rotura.

da cavilha relativamente às do substrato, a velocidade de rotação dentro de certos limites e a utilização de cavilhas lisas ou rugosas não mostraram ter grande influência nos resultados obtidos.

Embora a área de contacto efectiva, e consequentemente da soldadura, no caso das cavilhas, seja em geral relativamente pequena, é suficiente para garantir resistências comparáveis às resultantes da colagem com colas de acetato de polivinil. Verificou-se ainda que o seu comportamento pode ser melhorado com a utilização de cavilhas com teor em água reduzido, ou quentes, ou com diâmetro variável, ou ainda pela utilização de produtos capazes de reduzir a temperatura de transição vítrea dos componentes da madeira; mais drasticamente a resistência aumenta com um maior rácio entre os diâmetros da cavilha e do furo no substrato.

> UTILIZAÇÕES COMERCIAIS

A soldadura por fricção linear e de rotação tem tido diversas utilizações comerciais, incluindo a ligação de peças de mobiliário, a fabricação de painéis usados em fundos de caixões, a realização de pranchas de neve (snow boards) de alta qualidade e a ligação bordo a bordo entre painéis de derivados de madeira de vários tipos, ou entre estes e painéis de madeira maciça, tendo em vista utilizações estruturais e não estruturais.

No que se refere a utilizações estruturais, destaca-se a realização de um pavimento sobre-elevado com 4m x 4m por 22 cm de



Pavimento sobre-elevado no início da sua construção.

espessura, mais leve que os tradicionais por minimizar o número de tábuas usadas na sua construção mas com igual rigidez. De acordo com os autores do estudo, o comportamento deste pavimento em flexão estática e a sua frequência própria de vibração cumprem largamente as exigências do Eurocódigo 5, indicando que a aplicação de cavilhas soldadas pode constituir um método competitivo para realização de pavimentos.

Em muitas das realizações descritas, incluindo o pavimento estrutural, as cavilhas foram soldadas com recurso a engenhos de furar correntes ou berbequins manuais, tornando esta técnica particularmente fácil de aplicar e pouco onerosa.

> AGRADECIMENTO

Todas as fotografias foram gentilmente cedidas por Antonio Pizzi, para publicação neste artigo.



Pavimento sobre-elevado a ser colocado na plataforma de ensaio.

> REFERÊNCIAS

Pizzi, Antonio – *Linear and high speed rotational wood welding: wood furniture and wood structures*. In COST Action E34 – Bonding of Wood International Conference on Practical Solutions for Furniture and Structural Bonding. Larnaka, Cyprus, 2007.

Pizzi, Antonio; Properzi, Milena; Leban, Jean-Michel; Zanetti, Michaela; Pichelin, Frederic – *Mechanically-induced wood welding*. Maderas. Ciencia y tecnologia. 5(2): 101-106, 2003.

Anon – *Wood welding – an award-winning discovery*. Scandinavian Journal Forest Research News & Views 4(2005)