

IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
CUIABÁ – JULHO DE 2004

RESISTÊNCIA DE ANCORAGEM DE BARRAS DE AÇO COLADAS
PERPENDICULARES ÀS FIBRAS DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS CITRIODORA* E
PINUS OOCARPA SHIEDE

Julio César Pigozzo (jcpigozzo@bs2.com.br)

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Engenharia Civil

Francisco Antônio Rocco Lahr (frocco@sc.usp.br)

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Estruturas - LaMEM

RESUMO: Apresenta-se o estudo da resistência de ancoragem de barras de aço coladas na direção perpendicular às fibras da madeira. Três tipos de resinas estruturais foram utilizadas para avaliar suas eficiências considerando as variações da umidade contida na madeira e o efeito da espessura da linha de cola. As madeiras utilizadas foram o (*Eucalyptus Citriodora*, ($\rho_{12\%}=1000 \text{ kg/m}^3$) e o *Pinus oocarpa shied* ($\rho_{12\%}=550 \text{ kg/m}^3$). Os corpos-de-prova de madeira, com quatro replicações, foram climatizados para umidades esperadas de 12, 15, 18 e 22% com furos de 80mm de profundidade e diâmetros de 6,5; 7,5; 8,5 e 9,5mm obtendo espessuras da linha de cola respectivamente de 0,1; 0,6; 1,1 e 1,6mm. Foi utilizado aço de alta resistência CA 50 com tensão de escoamento mínimo de 500 MPa e diâmetro de 6,3mm. Apresentam-se os resultados comparativos de resistência de ancoragem confirmando que o tipo de resina, a umidade contida e a espessura da linha de cola são fatores importantes mas a densidade das madeiras é pouco significativa. Os resultados são apresentados de forma comparativa. Comentam-se as formas de ruptura e a necessidade de conhecer o comportamento da resina na madeira, é enfatizado.

Palavras-chave: resinas estruturais; barras de aço coladas; resistência de ancoragem; adesivos.

PULL OUT STRENGTH OF BONDED-IN STEEL RODS PERPENDICULAR TO THE
GRAIN IN *EUCALYPTUS CITRIODORA* AND *PINUS OOCARPA SHIEDE* TIMBER

ABSTRACT: The study of pull out strength of glued in rods perpendicular to the grain is presented. Three types of resin were used in order to evaluate their efficiency. Additionally the effects of the variation of the moisture content and of the glue line thickness were considered. The beams were made of wood from *Eucalyptus Citriodora* ($\rho_{12\%}=1000 \text{ kg/m}^3$) and *Pinus Oocarpa Shiede* ($\rho_{12\%}=550 \text{ kg/m}^3$). The wood specimens (four samples for each type of test) were seasoned to the expected moisture contents of 12, 15, 18 and 22%. The anchorage length of the glued in rods was 80 mm, the hole diameters were 7.5; 8.5; 9.5 and 10.5mm and their respective glue line thickness, 0.6; 1.1; 1.6 and 2.1mm. The deformed reinforcing bars used as rods, with the minimum yield strength of 500MPa, had nominal diameter of 6.3mm. The obtained results confirmed the assumption that type of resin, moisture content, glue line thickness are strength determining factors, while density is less than others. The results are presented in a comparative form. The failure modes are discussed and the need of a broad understanding of resin behavior on wood was emphasized.

Key-words: structural resin; glued-in steel rods; anchorage strength; adhesives

1 – INTRODUÇÃO

A utilização de barras de aço coladas em peças estruturais de madeira foi iniciada constatando-se a necessidade de fixar parafusos que poderiam receber carregamentos axiais, laterais ou combinados em determinadas posições das estruturas de madeira. As principais vantagens estruturais das barras de aço coladas são a capacidade de transmitir altas forças localizadas e ter alta rigidez quando solicitada na direção axial. Esse tipo de conexão recebeu atenção e reconhecimento por seu excelente desempenho quando bem projetado e executado, da aparência estética e do baixo custo. Com a possibilidade de desenvolver ligações simples, fáceis de executar, resistentes e duráveis, os conectores de aço colados com adesivos estruturais passaram a ser aplicados em diferentes situações, sendo mais utilizados em estruturas laminadas coladas, com barras de aço rosqueadas de diâmetros entre 12 a 24mm.

O uso de barras de aço coladas caracteriza-se pela colagem de barras em furos com diâmetro maior. Representa um método inovador e melhorado de conexões e é um importante aspecto entre muitos, das técnicas da engenharia de madeira para conexões, usando adesivos. Suas principais vantagens são: as conexões com barras coladas permitem maiores níveis de transferências de esforços do que as conexões convencionais; ligações de topo com barras coladas podem resistir a grandes momentos fletores; os furos utilizados nas ligações com barras coladas não enfraquecem as peças estruturais como acontece nas ligações parafusadas; possíveis erros em canteiros de obras, com altos custos, devidos a furações inadequadas, são evitados; possibilita unir grandes, peças permitindo maiores vãos livres; as peças estruturais ficam mais estéticas evitando conectores aparentes como chapas dentadas ou parafusos; as conexões com barras coladas são facilmente protegidas contra o fogo; as conexões com barras coladas são potencialmente mais baratas do que o sistema “finger-joint” uma vez que não necessitam de máquinas especiais para a execução; as conexões com barras coladas apresentam menos material e menor custo de produção quando comparadas às conexões parafusadas.

BAINBRIDGE e METTEM (1999) relatam que ainda não existem normas técnicas gerais regulamentando o uso de barras de aço coladas em estruturas de madeiras, embora tenham sido usadas, a mais de vinte anos em alguns países Escandinavos e na Alemanha, entretanto as exigências de desempenho e regulamentos de projetos diferem entre eles. Devido às incertezas do comportamento desses conectores e a falta de métodos de cálculos confiáveis, eles ainda não foram introduzidos na parte principal da norma européia. Atualmente consta no EUROCODE 5 (1993) Parte 2, como recomendações de uso em seu Anexo. Comentam que um grupo de pesquisadores europeus forma a sub-comissão denominada GIROD, para revisão desse tema no EUROCODE 5, com o seguinte programa de trabalho: desenvolvimento do modelo de cálculo; método de testes para os adesivos; efeitos sobre a resistência axial de distâncias entre barras e entre barras e extremidades da madeira; efeito da umidade contida sobre a resistência axial, testes de duração de cargas em todos os tipos de barras; efeito da fadiga; métodos de testes para controle de produção; delinear o projeto de normas.

As resinas sintéticas estruturais mais utilizadas em estruturas de madeira são classificadas em três grupos: os fenol-resorcinol formoldeídos (PRF), os poliuretanos (PUR) e os epóxis (EP) que vêm sofrendo contínuos desenvolvimentos, apresentando cada vez melhores propriedades e menos defeitos ao longo do tempo. Muitas informações e resultados obtidos há alguns anos atrás não mais se aplicam às novas resinas existentes. Atualmente o (PRF) não necessita de cura a quente e