



Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006

30 de Julho a 02 de Agosto, São Pedro – SP

CEVEMAD/UNESP - IBRAMEM

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ANCORAGEM DE BARRAS DE AÇO COLADAS, COM RESINA EPÓXI, CONSIDERANDO A VARIAÇÃO DOS DIÂMETROS DAS BARRAS, EM VIGAS DE *PINUS OOCARPA SHIED*.

Julio César Pigozzo (jcpigozzo@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Engenharia Civil

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

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – SET – LaMEM

RESUMO: As conexões com barras de aço coladas apresentam; excelente aparência estética, desempenho confiável, alta resistência e rigidez e são mais econômicas comparadas às conexões mecânicas tradicionais equivalentes. Porém o seu uso de forma econômica e segura, depende do conhecimento em profundidade de todos os parâmetros que influenciam no comportamento de ancoragem e das muitas diferentes condições de trabalhos da conexão. Entre estes parâmetros, pode-se apontar com grande relevância as variações dos diâmetros das barras utilizadas, que influenciam diretamente na superfície de aderência da região de ancoragem. Neste trabalho, o experimento foi conduzido para se avaliar os efeitos da variação dos diâmetros das barras de aço coladas utilizando a resina epóxi Compound Injeção, em três direções (0°; 45° e 90°) em relação às fibras da madeira. Considerou-se a variabilidade natural da madeira por meio de amostragem aleatória, de um lote de vigas estruturais de *Pinus oocarpa shied* secas ao ar. O experimento foi conduzido com sete combinações de variáveis e cada observação apresentou seis replicações. As barras de aço utilizadas foram barras de alta resistência, com superfícies filetadas (aço CA-50) solicitadas na direção axial sob carregamentos monotônicos, com dois ciclos de cargas consecutivos. Após análises estatísticas os resultados são apresentados e comentados de forma comparativa.

Palavras chaves: resinas estruturais; barras de aço coladas; resistência de ancoragem; resinas epóxis.

PULL OUT STRENGTH EVALUATION OF BONDED-IN STEEL BARS, WITH EPOXY RESIN, CONSIDERING THE VARIATION IN BARS DIAMETER, IN *PINUS OOCARPA SHIED* STRUCTURAL TIMBERS.

ABSTRACT: The connections with bonded-in steel bars present excellent esthetics, trustworthy performance, high strength and stiffness, and are more economic compared to the equivalent traditional mechanical connections. Nonetheless, their use in an economic and safe way depends on the deeply knowledge about every parameter that influences on the pull out behavior and on many different connection work conditions. Among these parameters, it can be pointed out with great relevance, the diameter variation of the bars used, which influence directly on the adherence surface on the anchorage area. In this work, the experiment was conducted in order to evaluate the effects of steel bar diameter variations of bonded-in with the epoxy resin Compound Injeção, in three directions (0°; 45° and 90°) between the rods and the wood fibers. The wood natural variability was considered through random sample of a lot of structural *Pinus oocarpa shied* timbers dried in air. In each observation, with a total of seven combinations of variables, six replications were presented. The steel bars used were highly stiffness ones, with threaded surface (CA-50 steel) solicited into the axial direction under monotonic loadings, with two consecutive load cycles. Thereafter statistical analysis, the results are presented and commented in a comparative way.

Keywords: structural resins; glued-in rods; anchorage strength; structural adhesives; epoxied steel bars.

1. INTRODUÇÃO

Desenvolver conexões resistentes e confiáveis é a chave para assegurar o desempenho e a segurança das estruturas de madeira. Com a possibilidade de desenvolver ligações simples, fáceis de se executar, resistentes e duráveis, as barras de aço coladas, com adesivos estruturais, passaram a ser aplicadas em diferentes situações. Este tipo de conexão tem recebido atenção e reconhecimento por causa da excelente aparência estética e desempenho. As conexões com barras de aço coladas têm sido amplamente utilizadas nos países europeus, conforme DENG et al. (1998), as maiores aplicações ocorrem nas estruturas laminadas coladas e são usualmente utilizadas nas seguintes situações: emendas de topo; ligações de peças estruturais em blocos de fundações; reforços em zonas de máximas curvaturas de vigas laminadas coladas; transferência de forças dentro de uma estrutura ou parte dela; elementos de ligação em nós de pórticos e elementos de ligações de peças de madeira, em alvenaria, concreto ou aço.

As resinas sintéticas estruturais mais utilizadas em estruturas de madeira são classificadas em três grupos: as fenol-resorcinol formoldeídos (PRF), as poliuretanas (PUR) e as epóxis (EP), estas resinas vêm sofrendo contínuos desenvolvimentos, apresentando cada vez melhores propriedades. GARDNER (1994) concluiu que as resinas epóxis são claramente os adesivos mais adequados para reforços ou colagens de elementos de aço em peças de madeira. Considera que se trata de uma tecnologia nova e, havendo limitações de dados sobre o comportamento destas resinas em testes de longa duração e, existindo muitos tipos de resinas epóxis, os resultados obtidos para uma resina não pode ser extrapolada para prever o comportamento de outra resina.

BAINBRIDGE e METTEM (1999) comentam que até a presente data, tem sido considerado que os requisitos para os adesivos, neste caso, são de alcançar boa adesão na madeira, alcançar significativa resistência ao cisalhamento (para manter íntegra a seção da camada de adesivo) e manter a ancoragem das barras, (por meio da combinação da adesão química e adesão mecânica), envolvendo completamente a superfície rugosa da barra. Devido às particularidades da preparação da superfície das barras no ambiente de construção, tem se tornado padrão a prática de usar barras texturizadas ou filamentadas para maximizar a adesão mecânica. Por questões econômicas, de processos construtivos e o baixo custo do material, pode-se desconsiderar os altos níveis de preparação das superfícies das barras, para maximizar a adesão química, comparada ao alto desempenho da adesão mecânica.

Vários são os modelos de cálculo desenvolvidos para estimar a resposta média da resistência de ancoragem e muitas são as variáveis independentes envolvidas, como: variabilidade natural das propriedades mecânicas da madeira; resina epóxi utilizada; distância do furo à borda da madeira; forma de solicitação da barra de aço (solicitação de um ou dois lados); espessura da linha de cola; rugosidade superficial da barra; forma predominante de ruptura; comprimento de ancoragem; diâmetro da barra e umidade contida na madeira. Algumas destas variáveis podem ser controladas no projeto, outras são pouco significativas na resposta, podendo ser desconsideradas, restando assim poucas variáveis independentes e significativas, como: variações de umidade na madeira; variações do comprimento de ancoragem e variações dos diâmetros das barras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando as ancoragens de barras de aço com as seguintes condições: a forma de ruptura predominante seja a ruptura da adesão na superfície do aço, (onde rompe inicialmente a adesão química e posteriormente a adesão mecânica); utilizando uma resina epóxi que apresenta consistência vítrea após o endurecimento (particularmente as resinas de baixa ou média