

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

**UTILIZAÇÃO DE MADEIRA COMPENSADA EM SUPERESTRUTURAS DE PONTES
EM VIGAS**

Guilherme Correa Stamato (gstamato@itapeva.unesp.br)

Universidade Estadual Paulista – Unidade Diferenciada de Itapeva

Carlito Calil Junior (calil@sc.up.br), **Mariano Espinosa Martinez** (marianom@sc.usp.br) e **Thalita Fernandes da Fonte** (thalitaf@sc.usp.br)

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

RESUMO: Esse trabalho faz parte de um projeto Temático Financiado pela FAPESP para o desenvolvimento de vários sistemas de pontes de madeira, proveniente da preocupação com a utilização correta da madeira nas estruturas de pontes e a certeza da viabilidade de alcançar condições mais favoráveis no uso da madeira na construção de pontes de pequenos e médios vãos. Dentre os vários sistemas construtivos em madeira, o sistema de seção composta com alma em compensado tem como vantagens a facilidade de pré-industrialização com equipamentos simples e a leveza das peças, que permite montagem rápida e conseqüentemente redução de custos por alocação de equipamentos. A eficiência das estruturas compostas é diretamente dependente do comportamento da ligação entre os elementos que compõem a seção. Para o bom dimensionamento dessas estruturas é necessário conhecer o comportamento dessas ligações. A consideração da composição parcial entre os elementos é necessária para que se possa prever o real comportamento da estrutura, pois o deslocamento relativo entre os elementos que compõem a seção provoca redução da inércia da seção, alterando a distribuição das tensões e as deformações totais da seção. Foram realizados ensaios de ligações com múltiplos pregos e vigas compostas seção caixão. Os resultados dos ensaios foram comparados com as formulações teóricas apresentadas por diferentes códigos normativos internacionais obtendo boas correlações. A análise das cargas máximas obtidas nos ensaios mostra que esses valores apresentam distribuição normal, permitindo que o valor característico seja calculado segundo o especificado pela teoria de distribuição normal.

Palavras chave: Rigidez; Estruturas compostas; ligações; compensado.

RIGIDITY OF NAILED PLYWOOD COMPOSITE STRUCTURES

ABSTRACT: This work is part of a more general project that aim to develop a several timber bridges systems, supported by FAPESP, which has the goal of the correct utilization of wood as structural elements in timber bridges structures, looking forward to this viability and get better conditions on small and medium spam timber bridges constructions. Between several timber bridges systems, the plywood composite system has as advantage the easy pre-industrialization, using simple equipments, low weight, and its consequent fast assemblage that results in low cost of equipments rental during the assemblage. The composite structures efficiency is directly dependent of the flange-web joint behavior. For the correct design of those structures it is necessary the understanding the behavior of joints and its consequence for the section behavior. To determine the structure real behavior it is necessary to consider a partial composition of the section, as the displacement between elements reduces the total inertia of the section, changes the stress distribution and the total displacement of the section. Tests on multiple nail joints and composite box sections were carried out. These tests results were compared with theoretical formulations from international design codes founding good correlations. The analysis of maximum load tests results shows that it presents a normal distribution, permitting a characteristic values calculation as the normal distribution theory specifies.

keywords: Rigidity; nailed joints; composite sections; plywood.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico das estruturas de madeira em todo o mundo está diretamente relacionado com o desenvolvimento da indústria de produtos derivados da madeira, pois com processos industrializados é possível reduzir os custos, agilizar a construção e controlar a qualidade final das estruturas, tornando as estruturas de madeira mais competitivas com as de aço e concreto. Assim, as estruturas compostas utilizando chapas de compensado nas almas representam um elo estratégico entre novas técnicas construtivas e a industrialização das estruturas de madeira.

Dentre as vantagens da seção composta está a otimização da distribuição de áreas, ou seja, as porções sujeitas às maiores tensões devido à flexão (mesas) têm sua área aumentada e distanciada da linha neutra, resultando em maior valor do Módulo de Resistência à Flexão (W) e, conseqüentemente, diminuindo os valores das tensões normais atuantes. Nestas condições a área da alma da seção transversal, onde predominam as tensões de cisalhamento, pode ser diminuída, sendo dimensionada para suportar tais tensões. Nesta região, utiliza-se o compensado, pois este material possui melhor comportamento estrutural no cisalhamento, otimizando a geometria do elemento estrutural em função das propriedades intrínsecas de cada material. Essa otimização ainda tem a vantagem da leveza da estrutura final.

Outro ponto favorável da utilização do compensado, diz respeito à possibilidade de empregar seções transversais maiores que aquelas encontradas com madeira maciça e utilizar material industrializado, cujas propriedades físico-mecânicas têm uma variabilidade inferior à da madeira maciça. Essa possibilidade de construir seções de maior inércia é muito interessante no caso de pontes, onde os vãos e as solicitações exigem grande inércia.

O sistema de vigas compostas com alma em compensado permite tanto a montagem *in loco* quanto em indústria. Por ser uma seção vazada otimizada, tem menor peso próprio que as seções maciças, reduzindo os custos referentes aos equipamentos usados na montagem das estruturas. Além disso, a seção composta pode ser montada com contraflecha, levando a um melhor aproveitamento das seções transversais onde os deslocamentos são críticos. A construção de pontes e passarelas de seção composta pode ser feita em sistemas estruturais simples em vigas, em grelha ou em pórtico. Esse trabalho foi desenvolvido para a aplicação mais simples, em vigas biapoiadas. Ressalta-se, porém, que o comportamento interno dos elementos não deverão mudar no caso de pontes em grelha ou em pórtico, o que deve mudar é a distribuição de cargas entre um elemento e outro.

Finalmente, este sistema estrutural possibilita o emprego de espécies nativas e de reflorestamento que, combinado com a madeira compensada, proporciona a desejada redução das pressões sobre as florestas brasileiras existentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entre as construções de pontes e passarelas em seção composta com alma de compensado pode-se citar passarela Aalborg Motorway, da Dinamarca (RIBERHOLT, 1996). Construída em 1969, é uma passarela em pórtico, com vão principal de 51 metros e comprimento total de 85 metros.