



xi ebramem

XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA LONDRINA –JULHO 2008

ENSAIOS BIAXIAIS E CRITÉRIOS DE RESISTÊNCIA DE MATERIAIS ANISOTRÓPICOS APLICADOS À MADEIRA

Rodrigo Todeschini (ditodes@yahoo.com.br), Nilson Tadeu Mascia (nilson@fec.unicamp.br), Elias Antonio Nicolas (elias_nicolas@yahoo.com.br), Universidade Estadual de Campinas – Departamento de Estruturas.

RESUMO: A realização de ensaios biaxiais permite uma melhor compreensão do comportamento mecânico de um material que possui direções principais de resistência e é sem dúvida uma forma que pesquisadores encontraram para obter resultados condizentes com a situação real que uma determinada estrutura apresenta. O presente trabalho teve como objetivo o estudo do critério de resistência proposto por TSAI e WU (1971), realizando-se ensaios biaxiais. Neste critério, observou-se a dificuldade de realização de ensaios biaxiais de tração, pois os dispositivos de fixação do corpo-de-prova ficariam inviáveis pelo fato de romperem-se por cisalhamento e/ou esmagamento. Com isso optou-se pelo ensaio biaxial de compressão que permitiu a compressão em duas direções principais simultaneamente, utilizando-se um equipamento de ensaio tradicional para uma direção e na outra um equipamento tipo alicate desenvolvido para este fim. O parâmetro estudado foi o F_{12} , parâmetro este que designa a possibilidade da superfície de ruptura ser aberta ou fechada e que no ensaio biaxial de compressão foi obtido de forma direta. Para a segurança de um critério de resistência é imprescindível obter uma superfície fechada. Para as espécies de madeira *Pinus elliottii* e “*Goupia glabra*” (Cupiúba), obtiveram-se valores experimentais satisfatórios e condizentes com aqueles esperados da teoria.

Palavras-chave: critérios de resistência, madeira, ensaios biaxiais, anisotropia.

BIAXIAL TESTS AND ANISOTROPIC MATERIAL STRENGTH CRITERION APPLIED TO WOOD

ABSTRACT: The fulfillment of the biaxial tests allows a better understanding of the mechanical behavior of a material which has main strength directions and it is undoubtedly a way that researchers found to achieve consistent results with the actual situation that presents a particular structure. This study aimed at studying the strength criterion proposed by TSAI and WU (1971), performing biaxial tests. In this criterion, there was the difficulty of carrying out tension biaxial tests, because the devices for setting the specimens would be unviable because of shear and / or crushing failure. The choice by the compression biaxial test that enabled the compression in two main directions simultaneously, using a standard equipment test for a direction and for the other direction an equipment type pliers especially developed for this purpose. The strength parameter studied was the F_{12} , which parameter that evaluates the possibility of failure the surface to be opened or closed and that in the compression biaxial test was not possible to obtain directly. For the safety of a strength criterion, it is essential to obtain a closed surface. For the species of wood *Pinus elliottii* and *Goupia glabra* (Cupiúba), Cupiúba, the experimental values obtained are satisfactory and consistent with those ones expected from the theory.

Keywords: strength criterions, wood, compression biaxial tests, anisotropy.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo teve por objetivo principal a análise de resultados de ensaios biaxiais de compressão para uma verificação do critério de resistência de Tsai-Wu, de uso em materiais anisotrópicos, aplicado à madeira.

A teoria geral da anisotropia de TSAI e WU (1971) é direcionada para a madeira ao se associar o modelo ortotrópico, pois na madeira podem-se distinguir três direções ortotrópicas que são: direção longitudinal (L) paralela às fibras de crescimento, direção radial (R) perpendicular aos anéis de crescimento (câmbio) e direção tangencial (T) tangente aos anéis de crescimento.

No ensaio biaxial de compressão utilizou-se a teoria geral da anisotropia retilinear, para se comparar os resultados obtidos com os ensaios uniaxiais de tração e compressão, buscando a comprovação do critério de resistência (teoria geral). Neste ensaio biaxial, o principal parâmetro analisado é o F_{12} , parâmetro este que se refere à atuação simultânea de duas tensões, designando a possibilidade da superfície de ruptura ser aberta ou fechada. Observa-se que para a segurança de um critério de resistência é imprescindível obter uma superfície fechada. Mesmo com a realização do ensaio biaxial de compressão, necessitou-se da utilização dos dados dos ensaios uniaxiais de tração e compressão (F_1, F_{11}, F_2, F_{22} e F_{44}) para que, através da superposição de efeitos, fosse possível a obtenção do critério de resistência.

2. CRITÉRIO DE RESISTÊNCIA DE TSAI E WU

A fórmula geral do critério de resistência de TSAI e WU pode ser escrita da seguinte maneira:

$$F_i \cdot \sigma_i + F_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j = 1 \quad (1)$$

com $i, j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; F_i e F_{ij} parâmetros de resistência e σ_i tensões.

A Equação 1 também sintetiza como um tensor polinomial de resistência para o critério de resistência de materiais anisotrópicos.

Na sequência temos a aplicação do critério de resistência de TSAI e WU para materiais ortotrópicos, caso que se enquadra para o material madeira.

2.1. Aplicação do critério de resistência anisotrópico para matérias ortotrópicas

Os materiais ortotropicamente resistentes são os que possuem três planos de simetria de resistência, perpendicularmente entre si. De acordo com FUSCO (1995), admite-se que esses planos de simetria sejam os eixos longitudinal, radial e tangencial ou simplesmente 1, 2 e 3 e daí, o tensor F_i fica reduzido a seus termos da diagonal principal, ou seja: