

ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE RESISTÊNCIA APLICADOS À MADEIRA

ANALYSIS OF FAILURE CRITERIA APPLIED TO WOOD

Nilson Tadeu MASCIA¹; Renan Andréo SIMONI²

RESUMO – Este artigo visa buscar um aprofundamento de cunho científico em critérios de resistência aplicados à madeira, especificamente os critérios de Hill, Tsai-Hill, Hoffman e Norris. A base teórica que envolve o desenvolvimento deste trabalho advém, fundamentalmente, da teoria de resistência convencional para materiais isotrópicos e para aqueles anisotrópicos com aplicação para materiais ortotrópicos. Neste sentido foi realizada uma análise destes critérios de resistência, em especial a realização de curvas de ruptura, a partir de propriedades mecânicas de duas espécies de madeira, *Pinus elliottii* e *Goupia glabra* (Cupiúba). No estudo, para a realização das curvas de ruptura, utilizou-se o *software* Mathematica®, o qual possibilita a realização das curvas tanto em 2D (Elipse) quanto em 3D (Elipsóide). Posteriormente, foi realizada a comparação das curvas de ruptura obtidas com resultados experimentais. De um modo geral, o critério de Hoffman apresentou o melhor resultado na avaliação de resistência da madeira, e também poderia ser aplicado a outros compostos de madeira.

Palavras-chave: anisotropia, compressão, tração, cisalhamento.

ABSTRACT - This article aims to seek a deepening of a scientific nature in failure criteria applied to wood, specifically the criteria of Hill, Tsai-Hill, Hoffman and Norris. The theoretical basis that involves the development of this work comes primarily from the conventional theory of failure for isotropic materials and for anisotropic ones associated with an application to orthotropic materials. Thus, it was performed an analysis of failure criteria, in particular the achievement of envelopes curves from the mechanical properties of two wood species, *Pinus Elliotti* and *Goupia glabra* (Cupiúba). In the study, to achieve the envelopes curves Mathematica® software, which enables the performance of both 2D curves (ellipse) and 3D (ellipsoid), is used. Later, it was performed a comparison between the obtained envelopes curves with experimental results. In general, the criterion of Hoffman presented the best result for the evaluation of strength of wood and also can be applied to the other wood composites.

Keywords: anisotropy, compression, tension, shear.

¹ Professor titular, DES-FEC-Unicamp, nilson@fec.unicamp.br

² Aluno de graduação, bolsista Pibic-CNPq, DES-FEC-Unicamp, renan_andreo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Devido à variedade de materiais utilizados em engenharia, não se pode adotar um único critério de resistência, além de que certos materiais não se enquadram em nenhum dos critérios conhecidos, como, por exemplo, os materiais não homogêneos, como o concreto armado e os materiais anisotrópicos, como a madeira. (MENDONÇA, 2005)

Especificamente, para a madeira e seus compósitos, devido à complexidade dos fenômenos de ruptura, associado ao fato de não existirem teorias de ruptura completamente desenvolvidas, foi elaborado, primeiramente, um método empírico, para estimar sua resistência, conhecido como fórmula de Hankinson, a qual apresentou bons resultados apenas para a compressão (BODIG, 1993).

Para a definição de um modelo matemático de um critério de ruptura, é necessária a identificação dos estímulos mecânicos que induzem a ruptura e a identificação da resposta do material a estes estímulos. Tensões atuantes e quaisquer descontinuidades na resposta do material são estímulos mecânicos. São descontinuidades: início da não linearidade na relação tensão-deformação, deformações irreversíveis e ruptura do material. As condições para a observância desses fenômenos estão referidas num critério de falha ou de ruptura.

Muitos dos critérios existentes apresentam restrições para aplicação a materiais anisotrópicos, para o qual é necessário avaliar a ruptura do material sob um estado múltiplo de tensões, que torna os critérios mais complexos que aqueles associados aos materiais isotrópicos. A aplicação de um critério específico para materiais anisotrópicos é de grande utilidade para estimar a resistência de diversos materiais utilizados nas diversas áreas da engenharia, em particular, a madeira e seus compostos (BODIG, 1993).

Com a finalidade de se avaliar um critério de resistência para materiais anisotrópicos e aplicá-lo à madeira, foram analisados os critérios de Hill, Tsai-Hill, Hoffman e Norris.

MATERIAL E MÉTODOS

Critérios de Resistência

Critério de Hill

Matematicamente, o critério de Hill é definido pela equação:

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

escrita em forma indicial, com $i, j = 1$ a 6 , em que: F_{ij} é um parâmetro de resistência determinado através de ensaios uniaxiais de tração, compressão e cisalhamento; σ_i e σ_j representam as tensões nas direções principais i e j , em que: $i, j = 1$ a 3 para tensões normais; e para as de cisalhamento, os planos correspondentes 12, 23 e 31 ou simplesmente $i, j = 4$ a 6 . No estado plano de tensões, considerando as direções 1 e 2, e o plano 12 ou 4, a Equação 1 se reduz à:

$$F_{11} \cdot \sigma_1^2 + F_{22} \cdot \sigma_2^2 + F_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 + F_{44} \cdot \sigma_4^2 = 1 \quad (2)$$

Hill (MENDONÇA, 2005) considerou o critério de von Mises, Equação 3, proposto para materiais isotrópicos, e modificou-o para incluir os efeitos da anisotropia: