



ANÁLISE DO MÓDULO DE CISALHAMENTO DA MADEIRA DE *Corymbia citriodora* COM O ENSAIO “OFF-AXIS”

¹MATOS G. S. (matos.gabbi@gmail.com), ¹DE CONTI C. (conti@itapeva.unesp.br),
¹RODRIGUES D. O. (diegorodrigues225@gmail.com),
²DE CONTI A. C. (andrea.deconti@fatec.sp.gov.br)

¹Universidade Estadual Paulista - UNESP – Campus de Itapeva

Engenharia Industrial Madeireira, Rua Geraldo Alckimim, 519, CEP 18.409-010 Itapeva, SP

²FATEC – Capão Bonito

Silvicultura, Rua Amantino de Oliveira Ramos, 60, Capão Bonito

RESUMO: A grande vantagem do ensaio de tração “off-axis” é que as tensões no centro do corpo de prova se distribuem uniformemente. Porém uma das dificuldades encontradas para realização desse ensaio é a obtenção do ângulo alfa, formado entre a direção da fibra da madeira com a direção longitudinal do corpo de prova. O objetivo desse trabalho é utilizar o ensaio de tração “off-axis” para analisar como o módulo de cisalhamento no plano LT da espécie de madeira *Corymbia citriodora*, varia com este ângulo. Para isso, foram confeccionados corpos de prova com diferentes ângulos: 11.00°, 12.00°, 12.88°, 14.00° e 15.00°. Para cada ângulo foram produzidos 5 corpos de prova. As deformações foram medidas através de extensômetros elétricos colados nos corpos de prova e com um dispositivo de aquisição de dados. Os ensaios de tração foram realizados numa máquina universal de ensaio, com o ciclo de carregamento realizado conforme a NBR 7190 (1997). Os resultados obtidos mostraram que o módulo de cisalhamento para a espécie de madeira estudada aqui é muito sensível a pequenas variações no ângulo alfa.

Palavras Chave: módulo de cisalhamento, ensaio de tração “off-axis”, *corymbia citriodora*.

ANALYSIS OF SHEAR MODULUS OF WOOD *Corymbia citriodora* WITH TESTING “OFF-AXIS”

ABSTRACT: The great advantage of the off-axis test is that the stresses in the center of the specimen uniformly distributed. But one of the difficulties encountered in performing this test is to obtain the alpha angle is the angle between the direction of the wood grain with the longitudinal direction of the specimen. The aim of this work is to apply the off-axis test to analyze how the shear modulus in LT plane of wood species *Corymbia citriodora*, varies with the angle alpha : 11:00°, 12.00°, 12.88°, 14.00° and 15.00°. For this, specimens with different alpha angle were built. For each angle 5 specimens were constructed. The deformations were measured using strain gages bonded on the test specimens and a data acquisition device. The tensile tests were performed on a universal testing machine with the loading cycle performed according to NBR 7190 (1997). The results showed that the shear modulus for the wood species studied here is very sensitive to small variations in the angle alpha.

Keywords: shear modulus, off-axis test, *corymbia citriodora*.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Garrido (2004) a madeira geralmente é analisada num sistema de coordenadas retangulares, mesmo se tratando de uma material com geometria curvilínea. Além disso, por simplicidade a madeira é modelada como um material ortotrópico, com suas propriedades variando ao longo de três eixos ortogonais de simetria: L (direção longitudinal ao longo de suas fibras), R (direção radial ao longo de seus anéis de crescimento) e T (tangencial aos seus anéis de crescimento), mesmo tratando-se de um material anisotrópico.

Para a modelagem matemática do comportamento estrutural da madeira, é muito importante conhecer seus parâmetros elásticos, que expressam as relações entre a tensão e a deformação nas diferentes direções de simetria do material (BALLARIN e NOGUEIRA, 2003). Quando a madeira é submetida a uma força aplicada na direção de um dos seus planos de simetria, é provocado o deslizamento entre as superfícies adjacentes que formam este plano. A razão desta força com o deslocamento sofrido pelo plano de simetria da madeira, define seu o módulo de cisalhamento ou módulo de elasticidade transversal, que permite obter-se uma medida da rigidez do material analisado a este tipo de esforço. No entanto, o método proposto pela NBR 7190 (1997) para o cisalhamento de madeiras, nos seu diferentes planos de simetria, não produz um estado de tensão homogêneo na região cisalhante.

Chamis e Sinclair (1997) propuseram um ensaio de tração para medida do módulo de cisalhamento de materiais compósitos de fibra de vidro, que consistia na aplicação de uma força de tração aplicada fora da direção de simetria do corpo de prova. Este ensaio é conhecido na literatura como ensaio de tração “off-axis”. Garrido (2004) relata que o ensaio “off-axis” permite a identificação das verdadeiras relações tensão e deformação de cisalhamento, desde que as distribuições das tensões no centro do corpo de prova são homogêneas, no entanto, as garras da máquina de ensaio provocam adicionais tensões. Para eliminar este efeito, Sun e Chung (1993), propuseram a utilização de placas oblíquas coladas nas extremidades dos corpos de prova, com as arestas internas formando um ângulo com a direção longitudinal.

No entanto, uma das desvantagens da utilização do ensaio “off-axis” é que os ângulos citados acima e usados para a confecção dos corpos de prova, são diferentes para cada espécie de madeira. Neste trabalho será utilizado o ensaio “off-axis” para analisar como o módulo de cisalhamento no plano LT da espécie de madeira *Corymbia citriodora*, se modifica com uma pequena variação no ângulo entre a força de tração aplicada e a direção de simetria do corpo de prova. Os resultados deste estudo são importantes para obter ou não, um único conjunto de ângulos envolvidos no ensaio “off-axis”, senão para todas as espécies de madeira, pelo menos para um determinado grupo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Yoshihara e Ohta (2000, *apud* ROEL, p.42,2010) estudaram a resistência ao cisalhamento da madeira através do ensaio “off-axis”, utilizando cinco amostras com o mesmo ângulo entre a direção das fibras e a direção longitudinal do corpo de prova, variando de 0° a 30° com intervalos de 5° de um para o outro e de 30° a 90° com intervalos de 15° de um para o outro das espécies de madeira de Sitkaspruce (*Picea sitchensis* Carr.) e katsura (*Cercidi phyllurnjaponicurn* Sieb. e Zucc.). Foram comparados os resultados do ensaio “off-axis” com o ensaio de torção. Chegaram a conclusão que quando os ângulo das fibras e a direção longitudinal do corpo de prova estão entre 10°e 30°para *sprucee* entre