

FLEXÃO DE MADEIRAS UTILIZANDO-SE A TÉCNICA SUNSET LASER ASSOCIADA A VELOCIMETRIA POR IMAGEM DE PARTÍCULAS

LUDMILA MAGALHÃES¹, EVELIZE APARECIDA AMARAL², ELLEM W. N. FONSECA CONTADO³, ROBERTO ALVES BRAGA JUNIOR⁴, FRANCISCO CARLOS GOMES⁵

¹ Engenheira Agrícola, graduanda, DEG/UFLA, Lavras, MG. (35)9116-5496. mag.ludmila@gmail.com

² Engenheira Florestal, graduanda, DCF/UFLA, Lavras, MG

³ Engenheira Química, pós-doutoranda, DEG/UFLA, Lavras, MG

⁴ Engenheiro Eletricista, Professor Doutor, DEG/UFLA

⁵ Engenheiro Agrícola, Professor Doutor, DEG/UFLA

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A madeira é conhecida como excelente material estrutural por apresentar resistência elevada e baixa densidade, e assim pode ser utilizada em construções rurais e urbanas. Todavia suas propriedades físicas e mecânicas devem ser conhecidas para que se determine a segurança de sua aplicação. As técnicas ópticas podem ser uma alternativa para as análises das propriedades da madeira sem a necessidade de sua destruição. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo avaliar o potencial uso da técnica de Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV) associada à técnica do *sunset laser* para criar mapas de deformação em corpos de prova de madeiras de *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* sob deformação controlada. Cinco corpos de prova de cada espécie, com dimensões de 2,5 x 2,5 x 42 cm, foram submetidos ao teste de flexão na máquina universal de ensaios e simultaneamente à técnica PIV. As análises das imagens mostraram correlação com os ensaios da máquina universal de ensaios evidenciando sua aplicabilidade em ensaios não destrutivos.

PALAVRAS-CHAVE: *Euliptus sp.*, *laser*, *Pinus Sp.*

WOOD FLEXION USING THE SUNSET LASER TECHNIQUE ASSOCIATED TO THE PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY

ABSTRACT: Wood is known as an excellent structural material by having high resistance and low density, so it can be used at agricultural buildings and urban areas. However, its physical and mechanical properties has to be known for determine the safety of its application. The optical techniques might be an alternative to wood properties analysis without the need of its destruction. Therefore, this paper had as aim, to evaluate the potential use of the Particle Image Velocimetry technique (PIV), associated to the sunset laser technique, to create deformation maps on specimens of woods of *Eucalyptus sp.* and *Pinus sp.* under controlled deformation. Five specimens of each species, with dimensions of 2.5 x 2.5 x 4.2 cm, were submitted to the flexion test at an universal testing machine and simultaneously to the PIV technique. The images analysis showed correlation with the tests of the universal testing machine evidencing its applicability at non-destructive tests.

KEYWORDS: *Euliptus sp.*, *laser*, *Pinus Sp.*

INTRODUÇÃO: A madeira é um material muito utilizado na estrutura de construções. MATOS (1997) relata que as propriedades mecânicas são as principais variáveis na determinação da sua utilização para fins estruturais. Muitas informações sobre as madeiras são empíricas e, sendo elas materiais de natureza complexa, seu uso torna-se prejudicado competitivamente (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980). Dessa forma, utiliza-se a máquina universal de ensaios mecânicos para avaliar os esforços que o material suporta. Porém, por meio destes testes não é possível avaliar com clareza quais partes do material começam a sofrer as primeiras deformações, como no caso de materiais

heterogêneos. Entre as tecnologias não destrutivas para análises de materiais, existem ou estão disponíveis as ferramentas de iluminação e captura de imagens, entre elas a técnica *particle image velocimetry* (PIV), que utiliza um *laser* para iluminar o material. A técnica PIV é muito utilizada para medição de fluxo de partículas, em particular utilizando o *laser* para iluminar as partículas do fluxo em estudo. Ela utiliza pequenas partículas, e seus movimentos são medidos pela comparação de duas imagens capturadas, com um curto intervalo de tempo, de um campo do fluxo, utilizando correlação cruzada. A segunda imagem é semelhante à primeira, mas com o deslocamento das partículas existentes (MIRANDA, 2004). Assim, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o potencial uso da técnica de Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV) associada à técnica do *sunset laser* para criar mapas de deformação em corpos de prova de madeiras de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. sob deformação controlada.

MATERIAL E MÉTODOS: Realizaram-se os experimentos no Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA) e no Laboratório de Mecânica e Resistência dos Materiais do Departamento de Engenharia (DEG), ambos da Universidade Federal de Lavras. No laboratório de Mecânica e Resistência dos Materiais utilizou-se a máquina universal de ensaios mecânicos, paquímetro, balança de precisão e computador para aquisição de dados. Os equipamentos utilizados do CEDIA foram laser de He-Ne (632 nm e de 5 a 17 mW), câmara CCD digital e lente com filtro. Realizou-se o experimento utilizando corpos de prova de dimensões 2,5 x 2,5 x 42,0 cm (COPANT 555), iluminando-os na face radial que representa a altura do corpo de prova, com a técnica *sunset laser* proposta por SORAGI (2009). Analisou-se 10 corpos de provas ao todo, 5 de *Eucalyptus* sp. e 5 de *Pinus* sp., sendo que eles foram medidos e pesados, para aferir suas propriedades físicas. No ensaio de flexão com a máquina de ensaio universal, o corpo de prova foi apoiado nas extremidades e a força para provocar a flexão foi aplicada no seu centro. Primeiramente captou-se uma imagem com o corpo de prova sem presença de cargas e em seguida com cargas crescentes até a ruptura, com um intervalo entre fotos de 20 segundos. Durante todo o período de flexão do corpo de prova, serão captadas imagens na região do apoio, localizado no centro do corpo de prova. Após a captura, as imagens foram implementadas no *Software Image J*. Foram selecionadas as imagens e as linhas de pixels perpendiculares aos picos do avanço por dente, compostas de uma variação de intensidade que foi do branco ao cinza. Os pontos mais claros representavam os picos e os mais escuros representavam os vales. As imagens foram transformadas em matrizes de frequências *Red*, *Green*, *Blue* e foi utilizada uma frequência *Green* para análise da PIV. Em seguida foram gerados os gráficos no MATLAB[®] 2009a, sendo que foi feita a interação sempre comparando as demais fotos, as com aplicação de cargas com a primeira, a que não foi aplicada nenhum carregamento de forças.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O corpo de prova de *Eucalyptus* sp iluminado pelo *laser* e posicionado para o ensaio, sem sofrer carga é mostrado na Figura 1A, enquanto o corpo de prova iluminado após a ruptura é apresentado na Figura 1B.

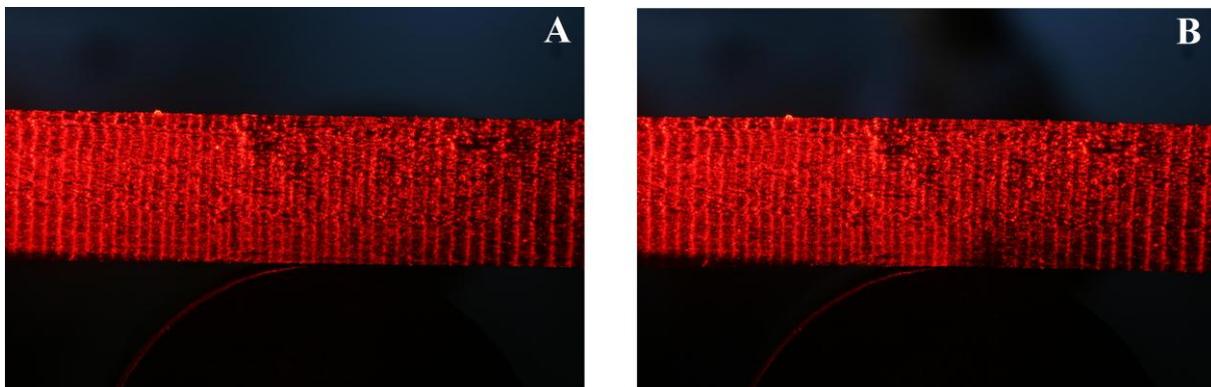


Figura 1: Evolução das imagens captadas do ensaio de flexão estática da madeira de *Eucalyptus* sp, utilizando a técnica de iluminação *sunset*. Iluminação no início do ensaio, sem nenhuma aplicação de forçar (A) Iluminação no final do ensaio com a força máxima aplicada de 129kgf (B).

Os gráficos gerados pela técnica PIV do comportamento dos vetores da deformação gerados no processamento das imagens são apresentados na Figura 2.

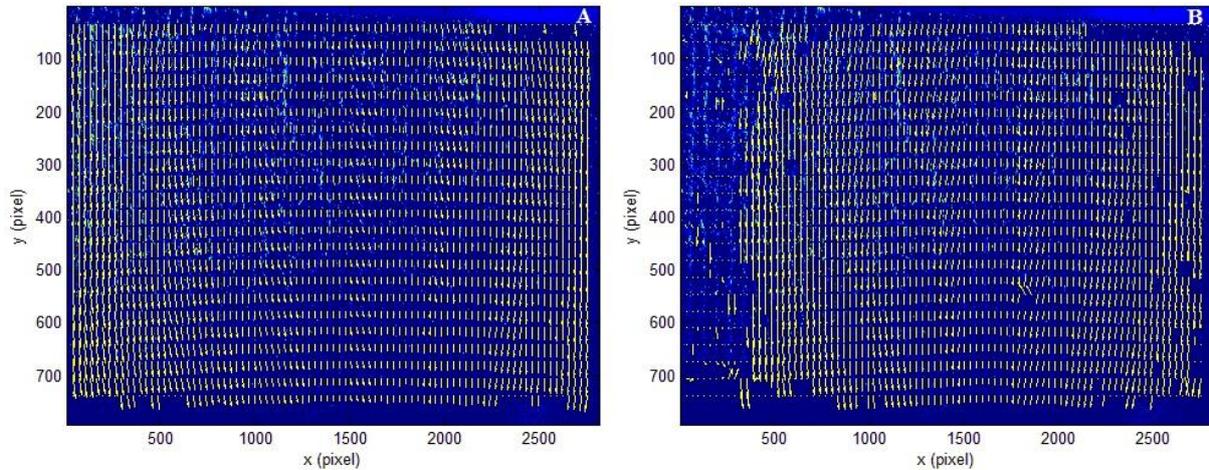


Figura 2: Gráficos do comportamento dos vetores da deformação da madeira do *Eucalyptus* sp., gerado pela combinação das imagens com forças aplicadas de 0 kgf e 19 kgf (A); 0 kgf e 129 kgf (B).

O corpo de prova de *Pinus* sp iluminado pelo *laser* e posicionado para o ensaio, sem sofrer carga é mostrado na Figura 3A, enquanto o corpo de prova iluminado após a ruptura é apresentado na Figura 3B.

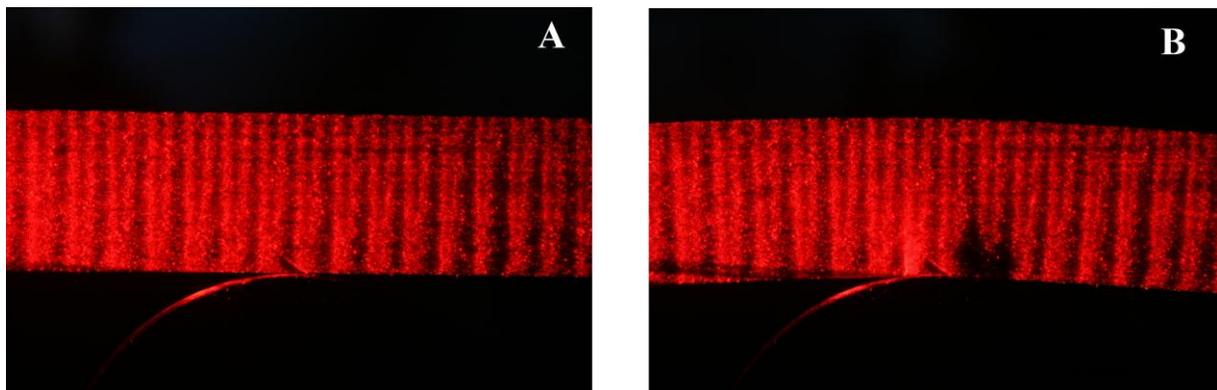


Figura 3: Evolução das imagens captadas do ensaio de flexão estática da madeira de *Pinus* sp, utilizando a técnica de iluminação *sunset*. Iluminação no início do ensaio, sem nenhuma aplicação de força (A); iluminação no final do ensaio com a força máxima aplicada de 120kgf (B).

Os gráficos gerados pela técnica PIV da quantificação da deformação gerados no processamento das imagens são apresentados na Figura 4.

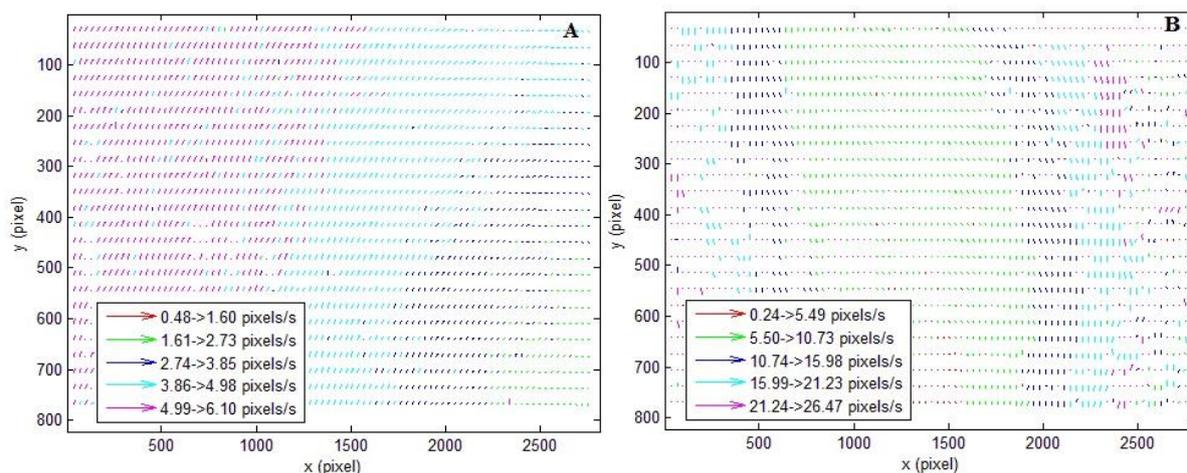


Figura 4: Gráfico de quantificação da deformação da madeira de *Pinus sp.*, gerado pela combinação das imagens com forças aplicadas de: 0kgf e 9kgf (A); 0kgf e 120kgf (B).

Pode-se observar na Figura 1B e na Figura 3B uma região, na parte central-inferior do corpo de prova sobre o apoio, mais escura, que é a região em que estes sofreram compressão durante o ensaio, e tiveram sombreamento da luz do *laser*, além da formação do vale. Na Figura 2 têm-se visualmente os vetores de deformação, indicando as reações das forças que estão sendo aplicadas. Ao se analisar a Figura 2A, observa-se que a técnica PIV captou deformação do corpo de prova em todas as regiões, indicando uma deformação de redução devido à compressão. Já na Figura 2B identificou-se que já houve uma perda da correlação, indicando que a deformação a tração foi maior do que a compressão, e as cargas ficaram concentradas, mas na região em que estava sofrendo compressão, semelhante aconteceu no de SOUZA (2013). A Figura 4 mostra as quantificações das deformações dos corpos de prova. Na Figura 4A observa-se que existem faixas definidas de deformações, já na Figura 4B que é a comparação da foto sem aplicação de força com a que ocorreu a ruptura nota-se que houve um afastamento mais rápido na região tracionada, que seria a parte superior corpo de prova e houve em algumas regiões a perda da correlação.

CONCLUSÕES: A partir dos resultados, comprovou-se o potencial uso da técnica de Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV) associada à técnica do *sunset laser* para criar mapas de deformação em corpos de prova de madeiras de *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* sob deformação controlada. Os mapas de deformação gerados no processamento das imagens obtiveram os resultados esperados, caracterizando as características físicas das espécies de madeira estudadas.

AGRADECIMENTOS: À FAPEMIG pelo auxílio aos autores para a participação no evento.

REFERÊNCIAS

- MATOS, J. L. M. de. **A produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda***. 1997. 117f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- MIRANDA, M. A. C. **Utilização da velocimetria por imagem de partículas na visualização e caracterização de escoamento bifásico**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- PANSHIN, A. J.; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw-Hill, 1980.
- SORAGI, L. C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de *Toona Ciliata M.Roem***. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- SOUZA, Tomé Moreira de. **Análise do mecanismo de ruptura em flexão estática em madeira por meio da técnica de velocimetria por imagem de partículas** / Tomé Moreira de Souza. – Lavras : UFLA, 2013. 85 p. : il. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.