



Análise numérica e experimental de uma viga sujeita a cargas dinâmicas

RESUMO

Heytor Nogueira Blaz
Heytor.blaz@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil

Henrique Sidney Rissá
h.e.n.r.i.g.u.e@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil

Marcos Hiroshi Takahama
mhtakahama@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil

Adailton Silva Borges
adailton@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Brasil

OBJETIVO: O presente trabalho realiza um estudo envolvendo o método de elementos finitos e processamento de imagens, em uma viga sujeita a cargas dinâmicas. A viga foi engastada em uma de suas extremidades e está livre na outra, onde inicialmente foi aplicado uma força impulsiva, em sua extremidade livre, a fim de determinar sua frequência natural. Posteriormente, a partir das mesmas condições de contorno, foi aplicada uma massa pontual, para avaliar seu comportamento dinâmico. **MÉTODOS:** A metodologia de elementos finitos lineares foi aplicada utilizando o modelo de elementos de viga de Euler-Bernoulli, em um *software* comercial. Já na análise experimental, foi utilizada uma câmera como sensor de não contato, juntamente com um algoritmo previamente implementado, para o processamento de imagens. **RESULTADOS:** Os resultados obtidos a partir dos diferentes métodos foram confrontados, obtendo um erro próximo de 0,25% entre os modelos. **CONCLUSÕES:** Os resultados experimentais foram comparados com a análise dinâmica utilizando um *software* de elementos finitos, assim o método proposto mostrou-se eficiente uma vez que os resultados obtidos foram satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Comportamento dinâmico. Processamento de imagens. Elementos finitos.

INTRODUÇÃO

Atualmente, muitos estudos na área de dinâmica estrutural são realizados na engenharia, de modo que são motivados devido sua aplicabilidade como projetos de máquinas, fundações, estruturas, motores, turbinas e sistema de controle. As estruturas são sistemas físicos formados por um ou mais componentes sólidos deformáveis, sujeitos a ações externas capazes de transmitir esforços. Há diversos tipos de componentes estruturais, dentre eles o mais importante e mais utilizado são os elementos de vigas, que suportam carregamentos aplicados em sua seção transversal, ou seja, perpendicularmente ao seu eixo longitudinal.

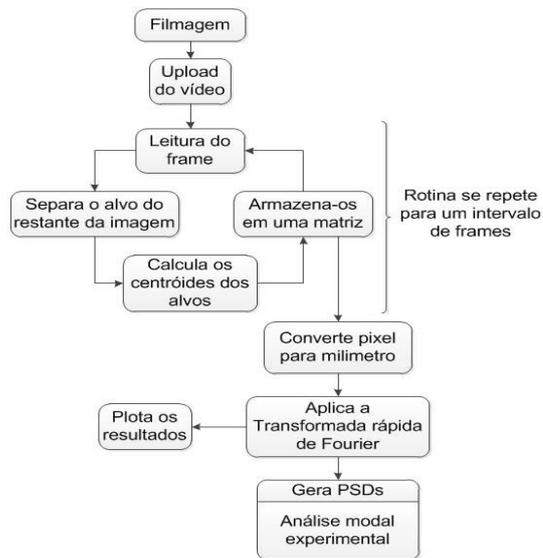
Em geral, os elementos estruturais estão sujeitos a ações dinâmicas e uma das formas de analisar o comportamento dinâmico estrutural é utilizando técnicas de medição, com sensores de contato como acelerômetros e proximímetros, e outras que utilizam sensores de não contato como laser, ultrassom e câmeras digitais. Nos últimos anos houve um crescimento no número de trabalhos relacionados ao método de processamento de imagens e a análise do comportamento dinâmico de sistemas, utilizando câmeras como sensores de não contato, uma vez que os sensores de contato podem influenciar nas propriedades do sistema e intervir nos valores medidos. Sendo assim, após a aquisição das imagens com a câmera digital, utiliza-se um software, para identificar os alvos pré-determinados na estrutura, realizar a conversão de pixel para as unidades de deslocamento e por fim avaliar seu comportamento dinâmico (LEONARDI, 2015).

O presente trabalho propõe a utilização de uma câmera de alta velocidade, como um sensor de não contato, com o propósito de analisar o comportamento dinâmico da estrutura, utilizando o método de processamento de imagens em ambiente MATLAB®. Dessa forma, o comportamento dinâmico do modelo experimental será comparado com o modelo de elementos finitos lineares, desenvolvido em um software comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento utilizou-se de uma régua de aço inoxidável, com área de seção transversal igual a $2,104 \times 10^{-5}$ [m²], e as propriedades mecânicas apresentadas correspondem a módulo de elasticidade (E) de $1,93 \times 10^{11}$ [N/m²] e densidade de 7850 [Kg/m³]. O módulo de elasticidade foi obtido experimentalmente, por meio da equação de flecha máxima para uma viga engastada livre. Inicialmente através do processamento de imagens utilizou-se uma câmera digital, a fim de analisar o comportamento dinâmico da estrutura. O algoritmo foi previamente implementado, como pode ser visto na Figura 1.

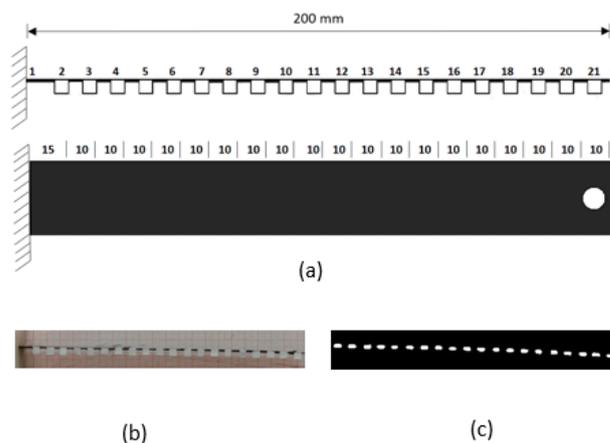
Figura 1 – Fluxograma do método de processamento de imagens



Fonte: Adaptado de LEONARDI (2015).

Em um segundo momento, a viga foi discretizada com 21 elementos, 22 nós e 6 graus de liberdade por nó, conforme mostra a Figura 2a. O modelo experimental apresenta 21 alvos demarcados com fita adesiva branca, está representado na Figura 2b. A câmera foi posicionada frontalmente com a viga, onde aplicou-se inicialmente uma entrada impulsiva e posteriormente uma massa pontual, na extremidade livre. As imagens foram capturadas a uma taxa de 120 quadros por segundo. A binarização dos alvos durante o processamento das imagens está representada na Figura 2c.

Figura 2 – Discretização do modelo



Fonte: Autoria própria (2017).

Posteriormente, a partir do método de elementos finitos utilizou-se um *software* comercial a fim de avaliar o comportamento dinâmico da estrutura, e compara-lo com o modelo experimental.

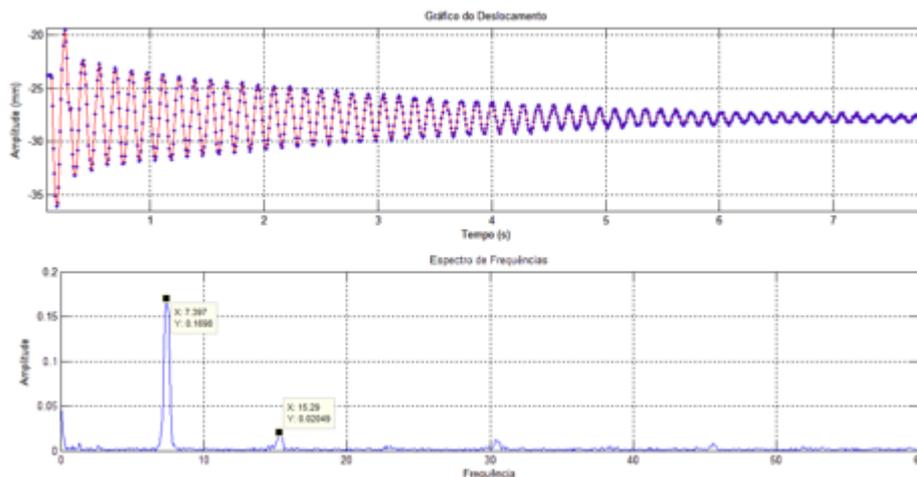
RESULTADOS E MÉTODOS

A partir dos dados obtidos pelo processamento de imagens em ambiente

MATLAB®, foi possível identificar a amplitude e os modos de vibrar da estrutura (frequências naturais), apresentados respectivamente na Figura 3.

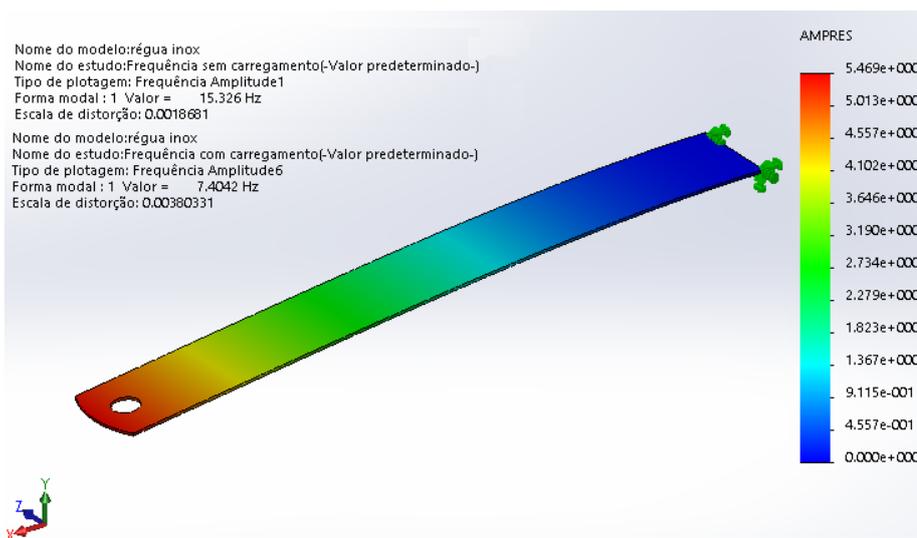
Utilizando o método de elementos finitos através do *software*, realizou-se a simulação dinâmica da estrutura, e os resultados obtidos foram expressos na figura 4, onde a escala indica a amplitude da viga sujeita ao carregamento. A Figura 4 também apresenta a primeira frequência natural da viga sem e com carregamento.

Figura 3 – Resultados experimentais



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 4 – Resultados numéricos



Fonte: Autoria própria (2017).

CONCLUSÃO

Os resultados mostraram-se satisfatórios, quando comparado o método

experimental com o método de elementos finitos utilizado no *software*, uma vez que o erro máximo apresentado foi de 0,25%. Dessa forma, a técnica de processamento de imagens utilizando uma câmera digital, como sensor de não contado, apresenta elevada eficiência e potencialidade para análise de comportamento dinâmico.

Numerical and experimental analysis of a beam subjected to dynamic loads

ABSTRACT

OBJECTIVE: The present work is a study involving the finite element method and image processing, in a beam subjected to dynamic loads. The beam was set at one end and free at the other, where an impulsive force was initially applied at its free end in order to determine its natural frequency. Subsequently, from the same boundary conditions, a point mass was applied to evaluate its dynamic behavior. **METHODS:** The linear finite element methodology was applied using the Euler-Bernoulli beam element model in commercial software. In the experimental analysis, a non-contact sensor camera was used, along with a previously implemented algorithm for image processing. **RESULTS:** The results obtained from the different methods were confronted, obtaining an error close to 0.25% between the models. **CONCLUSIONS:** The experimental results were compared with the dynamic analysis using a software of finite elements, so the proposed method proved to be efficient since the results obtained were satisfactory

KEYWORDS: Dynamic behavior. Image processing. Finite elements.

REFERÊNCIA

LEONARDI, D. M. **Medida de deslocamento e vibrações utilizando uma câmera digital com sensor sem contato**. 2015. 84f. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, PR, 2015.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

BLAZ, H. N. et. al. Análise numérica e experimental de uma viga sujeita a cargas dinâmicas. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Heytor Nogueira Blaz

Avenida Alberto Carazzai, 1640, Centro, Cornélio Procópio, PR, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

