

Aquisição de dados experimentais de sistemas dinâmicos utilizando acelerômetros e câmeras digitais

Acquisition of experimental data from dynamic systems using accelerometers and digital cameras

RESUMO

Vinícius Lourenço Del Campo
vcampo@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Cornélio Procopio,
Paraná, Brasil

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

A procura por meios mais eficazes de determinar as principais características de um sistema mecânico vem sendo o precursor de diversos avanços tecnológicos na área de sensores de vibração, tendo em vista a alta importância da coleta dos dados para análise de tais vibrações. O presente trabalho visa comparar duas formas de aquisição de um sistema dinâmico: uma através de um acelerômetro e outra utilizando os conceitos do processamento digital de sinais e através de câmeras, aplicando os conceitos de processamento de imagens. No presente trabalho, serão apresentadas as metodologias de cada uma dessas técnicas de aquisição de dados.

PALAVRAS-CHAVE: Processamento digital de sinais. Processamento de imagens. Vibrações mecânicas.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The search for more efficient ways to determine the main characteristics of a mechanical system has been the precursor of a variety of technological advances in the vibration sensor field, considering the high relevance of the data acquisition for the analysis of such vibrations. The current work aims to compare the acquired results from the analysis of a dynamic system through two forms of different experimental data acquisition: by the use of accelerometer, implementing the concepts of digital signal processing and by the use digital cameras, applying the image processing methodology. This paper will present the methodologies of each one of these data acquisition techniques.

KEYWORDS: Digital signal processing. Image processing. Mechanical vibrations.

INTRODUÇÃO

A busca por meios de medições cada vez mais eficazes em determinar as principais características de um sistema mecânico é de fundamental interesse nas áreas de engenharias. Neste cenário, surgem novas técnicas e métodos com a finalidade de garantir a integridade das estruturas, de modo a avaliar adequadamente o seu comportamento físico em diversas situações (TAKAHAMA, 2018).

Na análise de um sistema mecânico, como máquinas e equipamentos, a vibração é um fenômeno mecânico comumente encontrado e pode ser muito prejudicial para a sua integridade estrutural. Por isso, a sua medição é de fundamental importância em ambiente industrial.

Para a coleta dos dados para análise de tais vibrações, normalmente são utilizados transdutores de vibração que convertem esta vibração em sinais elétricos e são transferidos aos coletores, responsáveis pelo processamento e armazenamento destas informações. Por fim, a partir dos sinais armazenados, alguns parâmetros são determinados com a finalidade de investigar a presença de defeitos nos equipamentos mecânicos (SCHEFFER; GIRDHAR, 2004).

Segundo Smith (1997), o processamento digital de sinais (PDS) distingue-se das demais áreas computacionais justamente por que os sinais são o único tipo de informação que é usado. Na maioria dos casos, os sinais são obtidos através de uma informação sensorial do mundo real: vibrações sísmicas, imagens visuais, ondas sonoras, etc. O processamento digital de sinais é a matemática, os algoritmos e as técnicas usadas para manipular estes sinais recebidos depois que eles forem convertidos em um formato digital. Isso inclui uma ampla variedade de objetivos, tais como: o aprimoramento e aperfeiçoamento de imagens, o reconhecimento e geração de falas, a compactação de dados para armazenamento e transmissão, entre outros.

O presente trabalho tem o objetivo apresentar estas duas diferentes metodologias, tanto as utilizadas por métodos convencionais de aquisição, citados acima, quanto a que usam câmeras digitais como sensores de medição sem contato, como estudado por Takahama (2018), Leonardi (2015) entre outros.

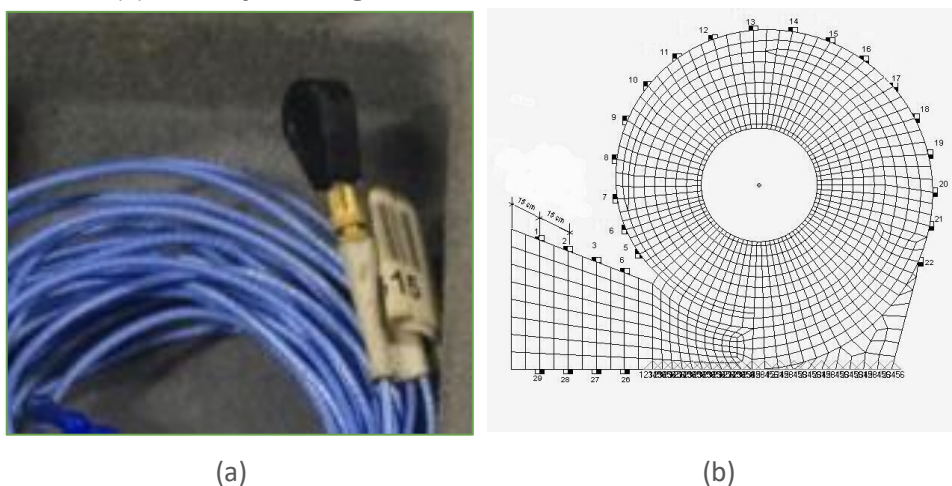
MATERIAIS E MÉTODOS

A maioria dos processos encontrados na Engenharia atualmente envolvem sinais, seja na forma de uma tensão que varia com o tempo ou uma temperatura de um corpo que sujeito a troca de calor com o ambiente (BORGES, BORGES, 2017). Em qualquer ocasião, o sinal pode ser definido como uma função que carrega uma determinada informação. O processamento de sinais lida com a representação, transformação e manipulação dos sinais e das informações que eles possuem (MELLO, 2018).

Nos métodos convencionais de aquisição de dados de vibração são utilizados acelerômetros para a aquisição de sinais. Na figura 1 (a) é mostrado um acelerômetro miniatura, fabricada pela Piezotronics, modelo 352C22, cuja sensibilidade é 10 mV/g e faixa de operação de 1 a 10k Hz. É possível que se trata de um acelerômetro de apenas 0,5 g. Entretanto, deve-se observar que mesmo

acelerômetros de pequeno porte podem influenciar na estrutura, dependendo do seu peso e de onde é posicionado. Pois, por menos que seja a influência, ainda se trata de um corpo estranho, que na maioria dos casos, é responsável por adicionar massa à estrutura e pode, assim, variar suas frequências naturais, interferindo na aquisição real de dados.

Figura 1 – aquisição de dados utilizando métodos convencionais; (a) acelerômetro PCB 352C22 e (b) distribuição ao longo de uma estrutura

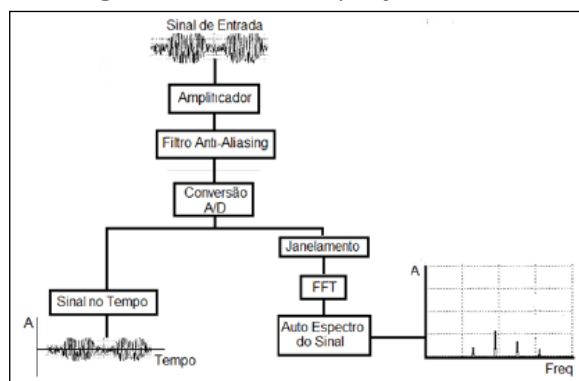


Fonte: Autoria própria.

Vale ressaltar que, muitas vezes, torna-se necessário realizar uma varredura em toda a extensão da estrutura, como por exemplo, realizar uma análise modal, para aquisição das frequências e modos de vibrar de uma estrutura. Este procedimento é demonstrado na Figura 1 (b), em que se pode observar a distribuição de 22 pontos de aquisição ao longo da voluta. Tal procedimento, torna-se oneroso, seja pela configuração dos sistemas de aquisição, que tipicamente possuem poucos canais de entrada (4 canais) ou pelas inúmeras tentativas de medição. Sem considerar, ainda, o tempo para a fixação dos sensores. Ressalta-se, ainda que, os sistemas de aquisições com uma quantidade maiores de canais tornam-se oneroso, devido ao próprio custo do sistema e o aumento da quantidade de acelerômetros requeridos para a aquisição de todas as entradas de dados. A título de exemplo, no caso mostrado na Figura 1 (b), seriam necessários para uma melhor aquisição um sistema de 22 canais e 22 acelerômetros.

Após o posicionamentos os sensores, estes são conectados a placa de aquisição, que atua como interface entre o computador e os sinais analisados, funcionando, basicamente, como um dispositivo que digitaliza os sinais analógicos de entrada de forma que um computador possa interpretá-los. Assim a placa de aquisição realiza as operações de amplificação. Em seguida, um filtro anti-aliasing é aplicado para eliminar as frequências que não estão no interesse desejado. Após isto, o sinal passa por uma conversão analógica/digital e já pode ser apresentado no domínio do tempo ou pode ser processado para ser visualizado no domínio da frequência, através da aplicação da transformada rápida de Fourier, filtros e janelamentos (BORGES, BORGES, 2017). Tais procedimentos são mostrados na Figura 2.

Figura 2 – Sistema de aquisição de dados



Fonte: adaptado Borges (2017, p. 23)

No mercado existem os mais diversos modelos de placas de aquisição, cujas características diferem de acordo com o sinal que se deseja adquirir. No presente trabalho, optou-se por citar o módulo NI 9234 que, obrigatoriamente, deve ser acoplado no chassi CompactDAQ® NI cDAQ 9172, sendo que tanto o módulo de aquisição, quanto o chassi, são fabricados pela National Instruments®.

O módulo de aquisição NI 9234 é responsável por armazenar o sinal medido. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2019). E suas principais especificações são: possui 4 canais analógicos, 24 bits e 51.2 ks/s de frequência máxima de aquisição. O CompactDAQ® é um chassi USB, que é alimentado pelo barramento criado para sistemas portáteis de pequeno porte para medições com sensores.

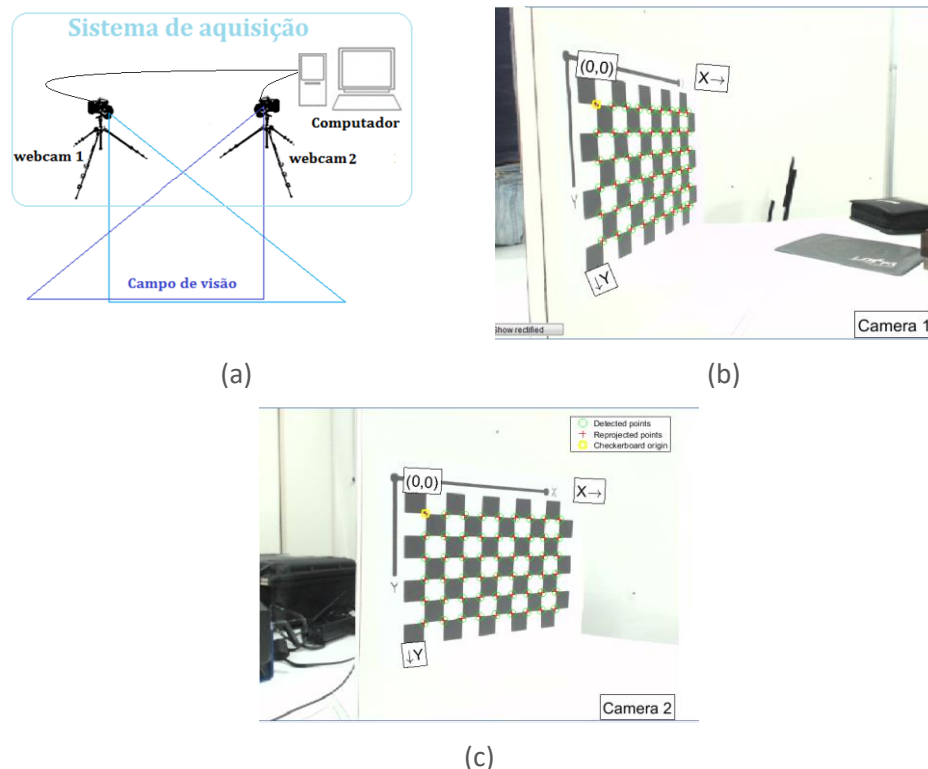
Para a aquisição de imagens, podem ser utilizadas as mais diversas câmeras e modelos. No presente trabalho, optou-se por dar enfoque em webcams, como o modelo Logitech C920 com taxa de aquisição máxima de 30 frames por segundo e resolução de filmagem de 1920x1080 pixels.

Inicialmente, para a aquisição de imagens, é necessário calibrar o par de webcams através de uma sub-rotina que, neste caso, foi implementada no *software* MatLab®, em que a principal função desta rotina é adquirir os sinais dos pares de imagens de um alvo padrão do tipo tabuleiro, posicionado no campo de visão de ambas as câmeras. A metodologia de aquisição está representada na Figura 3 (a). Já os padrões de tabuleiro identificados pela câmera esquerda e a direita são mostradas nas Figuras 3 (b) e 3 (c), respectivamente. Posteriormente, ainda em MatLab®, foi realizada a calibração do par de webcams através da sub-rotina chamada *Stereo Camera Calibrator*, disponibilizada pelo próprio *software*.

Todo o processo de aquisição e tratamento das imagens tais como: acionamento das câmeras, captura e pós-processamento das imagens foram realizados através de um algoritmo implementado em MatLab® que foi estudado e desenvolvido por Takahama (2018) e Leonardi (2015).

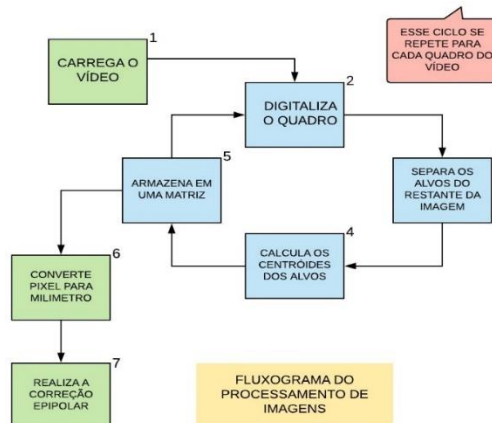
O algoritmo para a aquisição das imagens segue o fluxograma mostrado abaixo na figura 4:

Figura 3 – Aquisição de sinais com câmeras digitais; (a) Aparato experimental; (b) imagem à esquerda e (c) imagem à direita



Fonte: Autoria própria.

Figura 4 – Processamento de imagens



Fonte: Autoria própria

Destaca-se que, como uma das principais vantagens desta metodologia, a possibilidade de aquisição de alvos múltiplos sem a necessidade de posicionamento de sensores ao longo da estrutura. Além de não adicionar qualquer massa a estrutura em que se deseja adquirir os sinais. Entretanto, uma das desvantagens é a necessidade de da implementação de algoritmos para identificação de processamento de imagens.

CONCLUSÃO

Destaca-se que, no presente trabalho, como se trata de uma metodologia ampla de alta complexidade, neste primeiro momento, teve-se o intuito de revisar a bibliográfica sobre o assunto e a implementação do algoritmo de aquisição de dados das placas, assim como o estudo dos algoritmos de aquisição de dados por imagens desenvolvido por Takahama (2018) e Leonardi (2015). Assim, conclui-se que a metodologia, até então, vem se provando factível e de acordo com o esperado para que, em futuros trabalhos, ambas as metodologias serão confrontadas a partir de resultados experimentais obtidos.

REFERÊNCIAS

TAKAHAMA, Marcos Hiroshi. **AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DE MEDIDAS DE CORRELAÇÃO DE IMAGEM DIGITAL TRIDIMENSIONAL UTILIZ.** 2018. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - Ppgem, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2018.

LEONARDI, Danilo Montilha. **MEDIDA DE DESLOCAMENTOS E VIBRAÇÕES UTILIZANDO UMA CÂMERA DIGITAL COMO SENSOR SEM CONTATO.** 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2015.

SCHEFFER, Cornelius; GIRDHAR, Paresh. **Machinery Vibration Analysis & Predictive Maintenance.** Burlington, Uk: Elsevier, 2004.

SMITH, Steven W.. **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.** San Diego: California Technical Publishing, 1997. Disponível em: <<http://www.dspguide.com/pdfbook.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

MELLO, Carlos Alexandre Barros de. **Processamento Digital de Sinais.** Pernambuco: Centro de Informática, 2018.

Borges, A. S.; Borges, A. S., **Treinamento em Manutenção Preditiva por Análise de Vibrações,** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apostila, módulo 1, 2017

INSTRUMENTS, National. **Chassi CompactDAQ.** Disponível em: <<http://www.ni.com/pt-br/shop/select/compactdaq-chassis>>. Acesso em: 08 jun. 2019.