



## **AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO MÓDULO DE ELASTICIDADE A PARTIR DA DINÂMICA ESTRUTURAL DE UM MODELO FEITO COM MATERIAIS RECICLÁVEIS**

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3919

Gabriel Emídio Lage - gabriellage20@gmail.com  
Instituto Mauá de Tecnologia

Karina Bradaschia Rocha - karina.rocha@maua.br  
Instituto Mauá de Tecnologia

**Resumo:** *A Dinâmica Estrutural tem sido um tema de estudo cada vez mais exigido para engenheiros, tendo em vista que hoje em dia a tecnologia permite a construção de estruturas mais esbeltas em locais que as tornam suscetíveis a cargas dinâmicas como o oceano ou o vento. O objetivo deste trabalho é apresentar um método para avaliar o módulo de elasticidade de dois materiais diferentes, fazendo uma análise da resposta dinâmica de dois experimentos não destrutivos usando esses materiais. Ambos os experimentos foram planejados para serem montados com componentes recicláveis, tornando-os mais fáceis de serem reproduzidos em casa. Sistemas de um grau de liberdade foram estudados com a aplicação de conceitos sobre vibrações dinâmicas para determinar experimentalmente o módulo de elasticidade da borracha e do aço inoxidável. Programas foram utilizados e desenvolvidos para analisar os vídeos dos experimentos e calcular as propriedades a partir das imagens extraídas, baseados em visão computacional.*

**Palavras-chave:** *Módulo de Elasticidade. Dinâmica Estrutural. Análise experimental. Frequência natural.*



# AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO MÓDULO DE ELASTICIDADE A PARTIR DA DINÂMICA ESTRUTURAL DE UM MODELO FEITO COM MATERIAIS RECICLÁVEIS

## 1 INTRODUÇÃO

O Módulo de Elasticidade ou Módulo de Young ( $E$ ) define a relação entre tensão (força por unidade de área) e deformação de um determinado material e é uma propriedade mecânica que mede a rigidez de um material sólido, ou seja, mede a capacidade desse sólido resistir à deformação devido a uma força nele aplicada. Geralmente, esta propriedade é determinada em laboratório, a partir do ensaio de tração, um ensaio mecânico uniaxial onde ambas as extremidades de um corpo de prova são presas a um dispositivo que irá estica-lo até a ruptura, criando uma curva tensão-deformação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018). Para cada tipo de material a ser testado existe uma respectiva norma técnica que fornece as diretrizes sobre dimensões e formato dos corpos de prova, equipamentos de teste e *softwares* a serem utilizados. É essencial ter conhecimento desta propriedade para projetar estruturas com determinados tipos de material, como concreto, aço, madeira e outros.

A análise dinâmica de estruturas trata da formulação e solução de equações de movimento de sistemas estruturais quando submetidos a perturbações em relação à condição de equilíbrio ou ações que variam ao longo do tempo (MAZZILLI *et al.*, 2016). Com isso, uma outra maneira de determinar o módulo de elasticidade e evitar os custos do ensaio de tração, seria construir modelos simples, formados por materiais encontrados em casa, e analisar seu comportamento durante a vibração por meio da correlação entre o módulo de elasticidade e parâmetros dinâmicos, como as frequências naturais. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é expor como essa análise experimental foi planejada e executada, como o módulo de elasticidade pode ser determinado a partir da filmagem do experimento e comparar os resultados obtidos com as diferentes referências da literatura, as quais serão citadas posteriormente.

## 2 METODOLOGIA

Para determinar o módulo de elasticidade de uma borracha e um aço inoxidável, dois experimentos simples foram conduzidos e modelados considerando um sistema de um grau de liberdade, ou seja, permitindo o deslocamento de um nó apenas numa única direção. A ideia foi criar duas estruturas diferentes que possibilitaram a identificação dos módulos de elasticidade dos materiais sob os mesmos conceitos e análises.

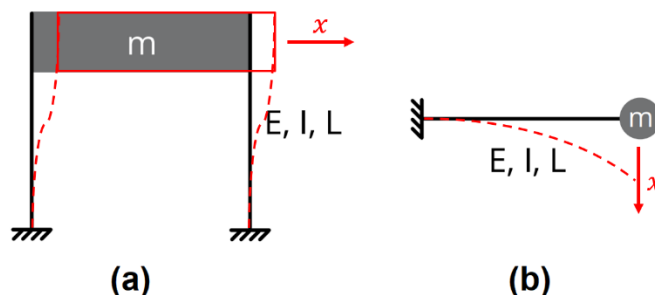
A Figura 1a representa o experimento 1, que consiste em um pórtico estrutural. Os pórticos na engenharia estrutural são formas compostas por elementos lineares (normalmente vigas e colunas), conectados em suas extremidades de forma a não permitir rotações relativas (conexões rígidas) (GOMES *et al.*, 2018). O pórtico do experimento é composto por uma viga de massa  $m$  que é sustentada por dois pilares de borracha, de comprimento  $L$ , módulo de Young  $E$  e momento de inércia  $I$ . Os materiais necessários para a construção desse modelo foram: 2 tiras de borracha (pilares), 2 placas de papelão (que



serviram como base da estrutura e suporte da massa), 1 borracha (massa) e 1 *smartphone* para gravar um vídeo.

A Figura 1b representa o experimento 2, que consiste em uma viga de aço inoxidável em balanço, com uma massa  $m$  fixada em sua extremidade livre, comprimento  $L$ , módulo de Young  $E$  e momento de inércia  $I$ . Os materiais necessários foram: 1 placa de aço inoxidável (viga em balanço); 1 borracha (massa) e 1 *smartphone* para gravar um vídeo.

Figura 1 – Modelos do experimento: (a) pórtico estrutural e (b) viga em balanço



Fonte: Os Autores, 2022.

O procedimento adotado para ambos os experimentos foi o mesmo e pode ser elencado em sete principais etapas:

1. Montar o experimento;
2. Gravar um vídeo do experimento;
3. Detectar manualmente a trajetória do ponto analisado usando o *software* Fiji ImageJ;
4. Detectar automaticamente a trajetória do ponto analisado utilizando código próprio desenvolvido;
5. Analisar o sinal de trajetória adquirido nas etapas 3 e 4;
6. Determinar a rigidez da mola equivalente para o sistema de um grau de liberdade;
7. Estimar o módulo de Young do material.

O *smartphone* utilizado para gravação captura 30 *frames* por segundo (FPS). O ImageJ da Fiji é um *software* que permite aos usuários analisar *frames* de vídeos e detectar as coordenadas  $(x,y)$  de um determinado pixel selecionado manualmente ao longo desses vídeos. Sendo assim, antes do início do experimento, foi selecionado e assinalado um ponto, em uma cor de destaque, na massa colocada na estrutura. É necessário clicar no ponto em cada *frame* e, após a finalização desse processo, o *software* exporta um arquivo de extensão .csv com todas as coordenadas. Assim, com essas coordenadas é possível construir um sinal do deslocamento do ponto ao longo do experimento.

No entanto, o sinal é um gráfico representado por um deslocamento no tempo  $x(t)$ , mas, com a aplicação da Transformada de Fourier, é possível converter este sinal para o domínio da frequência  $X(\omega)$ , que retorna as frequências dominantes que compõem o sinal analisado, o que indica a frequência em que a estrutura vibra nesta situação. A transformada de Fourier é definida na Equação 1. Computacionalmente, a transformada de Fourier pode ser aplicada usando a função *Fast Fourier Transform* (FFT), disponível como uma função nativa em muitas linguagens de programação.



$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

O *software* ImageJ foi usado para detectar a trajetória manualmente, ou seja, clicando no ponto desejado *frame a frame*. Em contrapartida, um outro programa foi desenvolvido para obter as coordenadas do ponto automaticamente, a partir do reconhecimento do pixel da cor RGB utilizada para demarcar o ponto. RGB é uma sigla para "Red, Green, Blue" ou "Vermelho, Verde, Azul" em português, que descreve a cor do pixel, e este valor varia de 0 a 255 bytes. O programa chama-se "PyAutotrackRGB" e foi desenvolvido usando a linguagem Python.

O funcionamento é relativamente simples: é necessário definir uma cor RGB para o programa rastrear, como por exemplo um ponto verde e, assim, ele analisará cada *frame* procurando as coordenadas do pixel que possuir uma cor RGB semelhante, com uma margem de erro de 10 bytes para os valores Vermelho, Verde e Azul. Quando a análise é finalizada, o programa cria um arquivo equivalente ao exportado pelo ImageJ. Com ambos os arquivos de coordenadas criados (do ImageJ e do PyAutotrackRGB), outro programa foi desenvolvido para construir o sinal de série temporal dos arquivos, aplicar a função FFT, obter a frequência natural de vibração, calcular a rigidez  $k$  e, por fim, estimar o valor do módulo de Young do material.

A rigidez dos elementos analisados é diferente para os experimentos 1 e 2 e, para determinar seu valor, é possível aplicar a equação diferencial da linha elástica. Ao projetar uma viga, por exemplo, além de escolher o material e as dimensões da seção transversal de modo que ela não venha a falhar devido a certo carregamento aplicado, é importante estimar também a deflexão (ou flecha) provocada por essa carga, já que as especificações do projeto de uma viga delimitam um valor máximo admissível para essa deformação (BEER *et al.*, 2008).

É possível determinar essas deflexões por alguns métodos, entre eles, o método da linha elástica. Uma viga prismática sujeita a ação de cargas transversais se encurva, tomando a forma de um arco de circunferência, e a essa curva é dado o nome de linha elástica. Ela pode ser representada por meio de uma função  $f$  descrita por  $y = f(x)$ , que pode ser deduzida a partir de uma equação diferencial ordinária (EDO) de segundo grau. O momento fletor  $M$  atuante e o raio de curvatura  $\rho$  da viga estão relacionados conforme a Equação 2 e variam de seção para seção, dessa forma,  $x$  é a distância da extremidade esquerda da viga até a seção analisada.

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{M(x)}{EI} \quad (2)$$

A partir da relação acima e da expressão que fornece a curvatura de uma curva plana em um ponto qualquer  $P(x, y)$ , é possível escrever a Equação 3. Para mais detalhes da teoria, consultar Beer *et al.*, 2008.

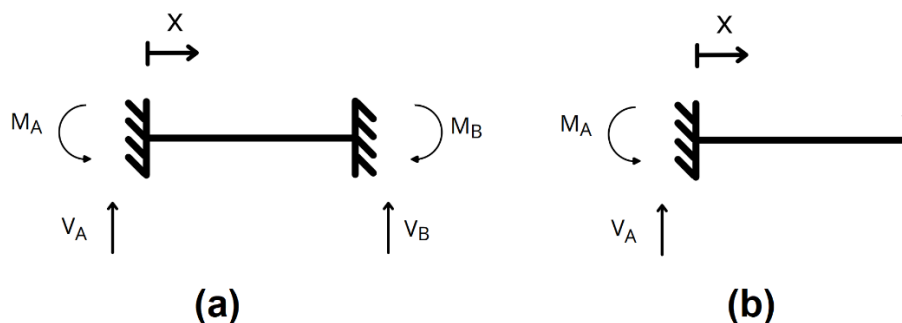
$$\frac{d\phi}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EI} \quad (3)$$

Escrevendo a equação do momento fletor ao longo do eixo  $Ox$  e utilizando as condições de contorno corretas, é possível determinar a rigidez em cada experimento. A



Figura 2 esquematiza as duas diferentes situações e ajuda a identificar as condições de contorno.

Figura 2 – Modelos estruturais para determinar a rigidez: (a) experimento 1 e (b) experimento 2



Fonte: Os Autores, 2022.

A Equação 4 mostra a equação do momento fletor para uma dada distância  $x$  do engastamento esquerdo para o experimento 1. É importante notar que o referencial adotado é o eixo  $Oy$  positivo para cima e o momento fletor positivo tracionando as fibras inferiores.

$$M(x) = -M_A + V_A x \quad (4)$$

A rigidez pode ser definida como o esforço necessário para provocar um deslocamento unitário. Dessa maneira, para determinar a rigidez nos graus de liberdade dos experimentos, calcula-se o esforço necessário para produzir os deslocamentos unitários nas direções de movimento analisadas para cada grau de liberdade, conforme indicado na Figura 1.

Considerando o modelo do experimento 1, deseja-se encontrar a rigidez, sendo o esforço que produzirá um deslocamento unitário vertical em  $x = L$ , sendo  $L$  o comprimento da viga. Sabe-se que o engaste impede o deslocamento horizontal, vertical e a rotação da viga. Logo, o deslocamento na direção do eixo  $Oy$  no apoio esquerdo, quando  $x = 0$ , bem como a rotação nesse ponto, será zero. Já o deslocamento vertical em  $x = L$  será igual a 1 e a rotação igual a zero. A Equação 5 sintetiza essas condições de contorno.

$$\begin{cases} y(0) = 0 \\ y(L) = 1 \\ y'(0) = 0 \\ y'(L) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

A Equação 6 mostra a rigidez equivalente para os dois pilares do experimento 1 determinada a partir das equações 3, 4 e 5.

$$k_1 = \frac{24EI}{L^3} \quad (6)$$

A Equação 7 mostra a equação do momento fletor para uma dada distância  $x$  do engastamento esquerdo para o experimento 2.

$$M(x) = P(L - x) \quad (7)$$

A Equação 8 mostra as condições de contorno para o experimento 2 seguindo o mesmo princípio adotado para o primeiro experimento a fim de se determinar a rigidez.

$$\begin{cases} y(0) = 0 \\ y(L) = 1 \\ y'(0) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

A Equação 9 mostra a rigidez equivalente para a viga em balanço do experimento 2.

$$k_2 = \frac{3EI}{L^3} \quad (9)$$

Cada uma das rigidezes indicadas anteriormente foi calculada considerando a geometria da estrutura e as condições de contorno e podem ser comparadas com a rigidez de um sistema de um grau de liberdade, obtido a partir de uma análise dinâmica, conforme será mostrado a seguir.

A Equação 10 mostra a frequência angular (ou velocidade angular), em radianos por segundo, da frequência medida em Hertz.

$$\omega = 2\pi f \quad (10)$$

Quando se tem um Movimento Harmônico Simples (MHS), ou seja, um movimento periódico, é possível escrever a frequência angular em função da rigidez do material e da massa do corpo, conforme a Equação 11. Neste caso, considera-se a vibração livre da estrutura.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (11)$$

Substituindo a Equação 6 na Equação 11 é possível escrever o módulo de Young para o experimento 1 (Equação 12).

$$E_1 = \frac{\omega^2 mL^3}{24I} \quad (12)$$

Substituindo a Equação 9 na Equação 11 é possível escrever o módulo de Young para o experimento 2 (Equação 13).

$$E_2 = \frac{\omega^2 mL^3}{3I} \quad (13)$$

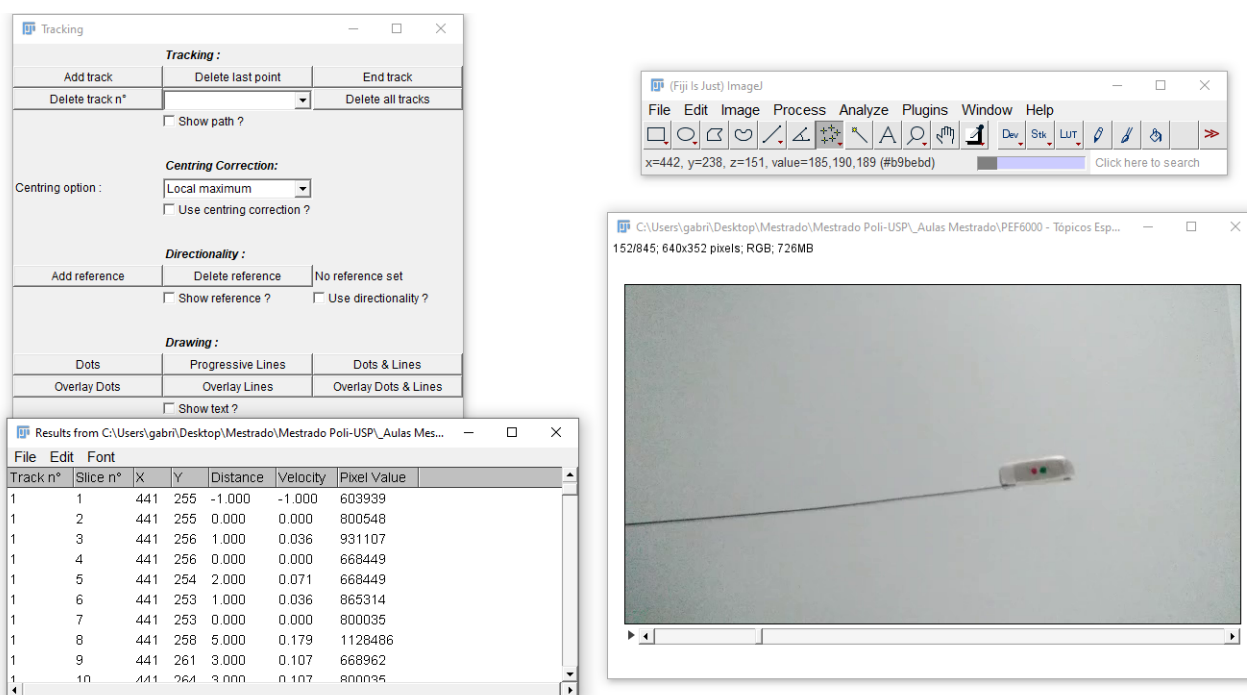


### 3 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Uma vez que os experimentos foram montados e a massa posicionada, foi aplicada uma força nas estruturas, que passaram a vibrar livremente até atingir sua condição de equilíbrio. A partir da gravação de um vídeo de ambos os experimentos foi possível utilizar o *software* ImageJ para definir a trajetória do movimento e plotar um gráfico do deslocamento de um determinado ponto em função do tempo.

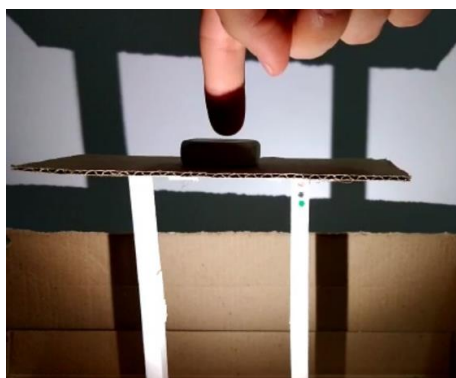
A Figura 3 mostra como esse programa realiza o tratamento do vídeo e como o usuário pode definir a trajetória de um ponto. A Figura 4 mostra o início do experimento 1 e a Figura 5, por sua vez, mostra um *frame* do vídeo do experimento 2 e nele é possível visualizar a massa fixada na extremidade direita livre da viga em balanço, bem como enxergar de forma mais nítida o ponto verde que foi rastreado e analisado ao longo do vídeo, o qual também pode ser visto na Figura 4.

Figura 3 – *Software* ImageJ da Fiji



Fonte: Os Autores, 2022.

Figura 4 – Experimento 1



Fonte: Os Autores, 2022.

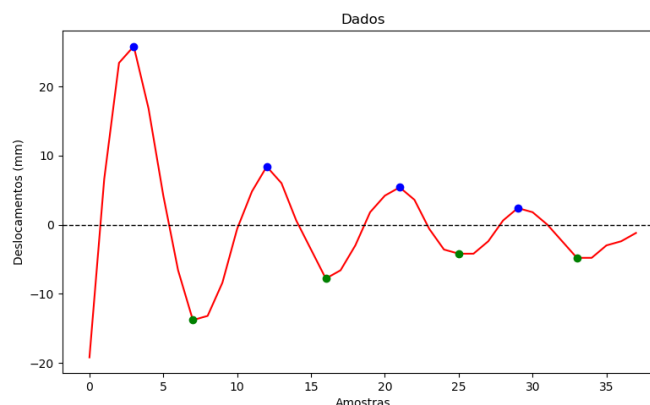
Figura 5 – Experimento 2





A Figura 6 mostra os picos máximo e mínimo do sinal para o experimento 1 utilizando o *software* ImageJ. Isso pode ser usado para estimar o fator de amortecimento do sistema. Contudo, este não é o foco do presente trabalho.

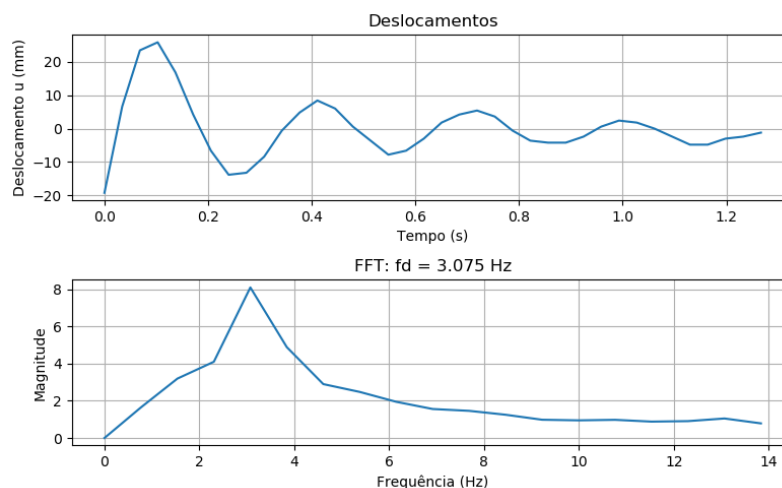
Figura 6 – Identificação dos picos de sinal para o experimento 1 utilizando o ImageJ



Fonte: Os Autores, 2022.

A Figura 7 mostra os deslocamentos para o experimento 1 utilizando o ImageJ e o resultado após aplicar transformada de Fourier (função FFT), onde foi identificada a frequência dominante de 3,075 Hz.

Figura 7 – Gráficos do deslocamento e FFT para o experimento 1 usando o ImageJ

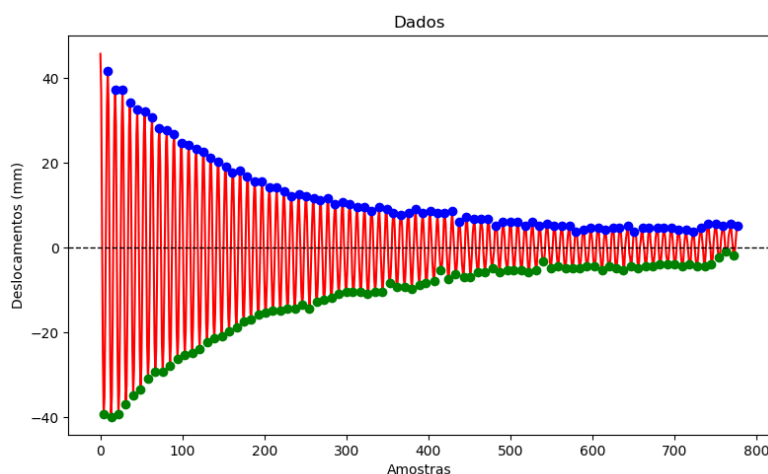


Fonte: Os Autores, 2022.

Para o experimento 2, a Figura 8 mostra os picos máximo e mínimo do sinal utilizando o *software* ImageJ. Isso pode ser usado para estimar o fator de amortecimento do sistema. Contudo, este não é o foco do presente trabalho.



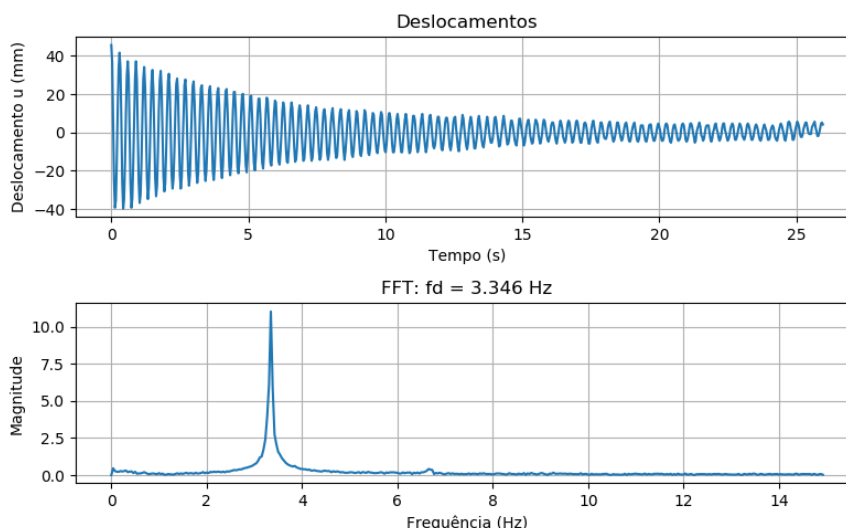
Figura 8 – Identificação dos picos de sinal para o experimento 1 utilizando o ImageJ



Fonte: Os Autores, 2022.

A Figura 9 mostra os deslocamentos para o experimento 2 utilizando o ImageJ e o resultado após aplicar a função FFT, onde foi identificada a frequência dominante de 3,346 Hz.

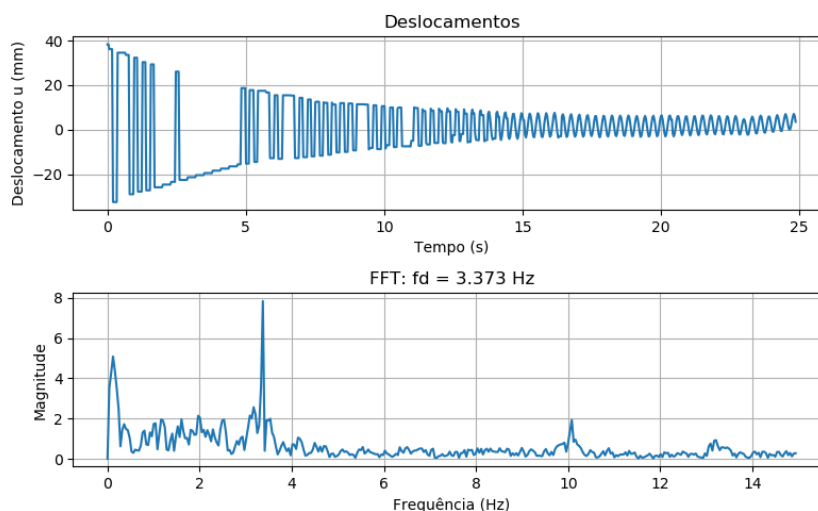
Figura 9 – Gráficos do deslocamento e FFT para o experimento 2 usando o ImageJ



Fonte: Os Autores, 2022.

Como mencionado anteriormente, a resolução do celular utilizado para a gravação do vídeo é de 30 FPS e o vídeo do experimento 2 teve duração de aproximadamente 28 segundos. Portanto, foi necessário efetuar uma identificação manual do ponto verde para aproximadamente 840 imagens (*frames*). Então, para automatizar esse trabalho, foi desenvolvido o programa "PyAutotrackRGB" usando a linguagem Python, como já comentado na seção 2. Assim, a Figura 10 mostra os deslocamentos para o experimento 2 utilizando o PyAutotrackRGB e o resultado após aplicar a função FFT, onde foi identificada a frequência dominante de 3,373 Hz.

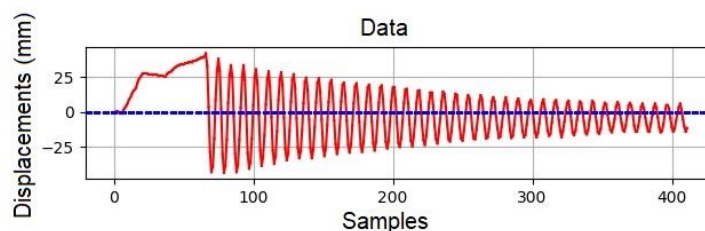
Figura 10 – Gráficos do deslocamento e FFT para o experimento 2 usando o PyAutotrackRGB



Fonte: Os Autores, 2022.

Após a análise completa do vídeo, o "PyAutotrackRGB" gera um vídeo final que une o gráfico do deslocamento para cada instante de tempo com o respectivo *frame* considerado, como indica a Figura 11.

Figura 11 – Deslocamento de cada *frame* para o experimento 2 para o sinal obtido com ImageJ



Fonte: Os Autores, 2022.

Uma vez obtidos os valores de frequência dominante, foi possível determinar o módulo de elasticidade para cada um dos materiais utilizados nos dois experimentos e compará-los com referências da literatura: HUANG, XIA e CUI, 2018; KOBLAR, ŠKOFIC e BOLTEŽAR, 2014; YUAN *et al.*, 2020; ZHAO *et al.*, 2015; SHIMIZU *et al.*, 2016; ZHENG, MINH e KUWANO, 2019. A Tabela 1 e Tabela 2 apresentam resultados para o Módulo de Elasticidade da borracha e do aço inoxidável.

Tabela 1 – Módulo de Elasticidade da borracha (literatura)

Referência	$E$ (MPa)
Koblar, Škofic, Boltežar (2014)	4,00
Huang, Xia e Cui (2018)	1,13
Yuan, <i>et al.</i> (2020)	1,80
Média dos valores	2,31

Fonte: Os Autores, 2022.

Tabela 2 – Módulo de Elasticidade do aço (literatura)

Referência	$E$ (GPa)
Zhao, <i>et al.</i> (2015)	193,00
Shimizu, <i>et al.</i> (2016)	198,00
Zheng, Minh e Kuwano (2019)	184,90
Média dos valores	191,97

Fonte: Os Autores, 2022.

A Tabela 3 e Tabela 4 mostram a comparação entre o módulo de elasticidade calculado a partir da análise dos vídeos e os valores médios obtidos a partir da literatura, indicados nas tabelas acima. Também é indicado o erro percentual relativo entre os valores considerando os resultados da literatura como base de comparação.

Tabela 3 – Módulo de Elasticidade da borracha (comparação)

Referência	$E$ (MPa)	Erro (%)
Literatura	2,310	-
ImageJ	2,068	10,476
PyAutotrackRGB	2,119	8,268

Fonte: Os Autores, 2022.

Tabela 4 – Módulo de Elasticidade do aço (comparação)

Referência	$E$ (MPa)	Erro (%)
Literatura	191966,666	-
ImageJ	192238,285	0,141
PyAutotrackRGB	195392,470	1,785

Fonte: Os Autores, 2022.

#### 4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos e mostrados nesse trabalho conclui-se que é possível estimar o módulo de elasticidade de diferentes materiais, como a borracha e o aço inoxidável, com um experimento simples, de um grau de liberdade, assumindo características de um comportamento dinâmico estrutural. Para o experimento, foi necessário apenas uma pequena amostra do material o qual se desejava determinar o módulo de elasticidade, um objeto como massa do grau de liberdade e um *smartphone* para gravar o vídeo do experimento. Os programas desenvolvidos analisaram os *frames* dos vídeos e estimaram o resultado esperado de maneira correta.

As limitações de resolução da câmera de gravação (FPS) podem influenciar as coordenadas identificadas pelo PyAutotrackRGB, o que pode impactar a precisão dos resultados obtidos. Como mencionado, foi utilizado um *smartphone* com câmera de 30 FPS, mas mais testes poderiam ser realizados com uma câmera de 60 FPS, por exemplo, para confirmar tal fato. Ainda, o experimento 2 teve duração 5 vezes maior do que o experimento 1, o que corroborou para um sinal claro e resultados mais confiáveis. Logo, nota-se que os sinais de deslocamento do ponto verde ao longo do tempo utilizando o programa





PyAutotrackRGB não se mostram tão confiáveis devido a resolução de câmera utilizada e a necessidade de aprimoramentos no algoritmo para determinar as coordenadas do ponto analisado.

A função FFT foi aplicada e possibilitou a identificação da frequência dominante dos sinais, que foi o ponto de partida para calcular a rigidez de cada elemento e, consequentemente, o módulo de elasticidade para ambos os materiais considerados. A identificação do ponto automática pelo programa PyAutotrackRGB obteve um resultado melhor que a identificação manual pelo ImageJ para a borracha, com um erro de aproximadamente 8,3%. Já para o aço inoxidável, a identificação manual pelo ImageJ gerou um resultado melhor que a identificação automática pelo PyAutotrackRGB, com um erro de aproximadamente 0,14%. Para efetuar essas comparações, foi utilizado um valor médio para o módulo de elasticidade de cada material, encontrado na literatura.

## AGREDECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Mauá de Tecnologia pelo incentivo à pesquisa proporcionado e à orientação do professor Guilherme Franzini da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 6892-1: **Materiais metálicos – Ensaio de Tração Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente**. Rio de Janeiro, p. 70. 2018.

BEER, F. P.; JOHNSTON JR, E. R.; DEWOLF, J. T.; MAZUREK, D. F. **Mecânica dos Materiais**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2008. 800 p.

GOMES, E.; LIMA, G. L.; BIANCHINI, B. L.; ROCHA, K. B.; BOLELLI, P. M. **Análise Dinâmica De Pórticos: Uma Oportunidade Para A Construção De Um Evento Contextualizado Para O Ensino E A Aprendizagem De Álgebra Linear**. 2018.

HUANG, P.; XIA, Z.; CUI, S. **3D printing of carbon fiberfilled conductive silicon rubber**. Materials and Design, v. 142. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.12.051>

KOBLAR, D.; ŠKOFIC, J.; BOLTEŽAR, M. **Evaluation of the Young's Modulus of Rubber-Like Materials Bonded to Rigid Surfaces with Respect to Poisson's Ratio**. Journal of Mechanical Engineering, v. 60. 506-511 p. 2014. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2013.1510>

MAZZILLI, C. E. N. *et al.* **Lições em Mecânica das Estruturas: Dinâmica**. São Paulo: Blucher, 2016. 334 p.

SHIMIZU, Y.; *et al.* **Fatigue of micromachined stainless steel structural materials for vibrational energy harvesting**. Journal of Physics: Conference Series, v. 773. 2016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/773/1/012116>

YUAN, J.; *et al.* **A simple fiber lateral stress sensor based on polarization-maintaining fiber embedded Michelson interferometer assisted by silicon rubber sheets**. Optik -





International Journal for Light and Electron Optics, v. 203. 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.164008>

ZHAO, X. et al. **Decarburization of stainless steel during selective laser melting and its influence on Young's modulus, hardness and tensile strength.** Materials Science & Engineering: A, v. 647. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2015.08.061>

ZHENG, Q.; MINH, L.; KUWANO, H. **Young's modulus and fatigue investigation of aluminum nitride films deposited on 304 stainless steel foils using micro-fabricated cantilevers.** Sensors and Actuators A, v. 285. 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.11.022>

### EXPERIMENTAL EVALUATION OF YOUNG'S MODULUS BASED ON THE STRUCTURAL DYNAMIC BEHAVIOR OF A MODEL MADE OF RECYCLED MATERIALS

**Abstract:** *The Structural Dynamics has been a topic of study increasingly required for engineers, considering that nowadays technology enables more slender structures to be built in places that makes them susceptible to dynamic loads as the ocean or the wind. The aim of this work is to present a method to evaluate the Young's modulus of two different materials by making an analysis of the dynamic response of two nondestructive experiments using these materials. Both experiments were intended to be assembled using recyclables components, making them easier to be reproducible at home. Systems of one degree of freedom were studied with the application of concepts about dynamic vibrations to experimentally determine the elastic modulus of rubber and stainless steel. Computer programs were used and developed to analyze videos from the experiments and calculate the properties from the extracted images, based on computational vision.*

**Keywords:** *Young's modulus. Structural Dynamics. Experimental analysis. Natural frequency.*

