

ESTUDO ACERCA DO USO DE ABSORVEDORES DINÂMICOS DE VIBRAÇÕES PASSIVOS ACOPLADOS A CILINDROS PARA ARMAZENAMENTO DE HIDROGÊNIO.Enzo Simões Fávaro¹ (IC), Sebastião Simões da Cunha Jr (PQ)¹¹Universidade Federal de Itajubá**Palavras-chave:** Absorvedor de Vibrações. Elementos Finitos. FRF. Otimização.**Introdução**

Vibrações são fenômenos que normalmente são indesejadas em estruturas mecânicas visto que afetam a integridade e o desempenho das mesmas, reduzindo a vida útil de seus componentes e, em casos extremos, comprometendo a segurança. Absorvedores dinâmicos de vibrações (ADV)s surgem como uma solução eficaz para este problema visto que são capazes de atenuar as amplitudes das respostas quando os sistemas mecânicos estão sofrendo uma excitação em uma dada frequência indesejada. Este trabalho tem como objetivo projetar e analisar numericamente um ADV passivo multimodal que poderá futuramente ser utilizado em conjunto com cilindros de armazenamento de hidrogênio. Para o estudo inicial, utilizou-se programas comerciais baseados em elementos finitos bem como programa de CAD e programação.

Os resultados numéricos obtidos indicaram reduções significativas das amplitudes em deslocamento do sistema vibratório avaliado, chegando a 99,6% na primeira frequência natural e a 94,8% na terceira. Esses resultados confirmam o potencial do ADV multimodal como solução eficaz para o problema proposto.

Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho segue o fluxograma dado pela figura 1:

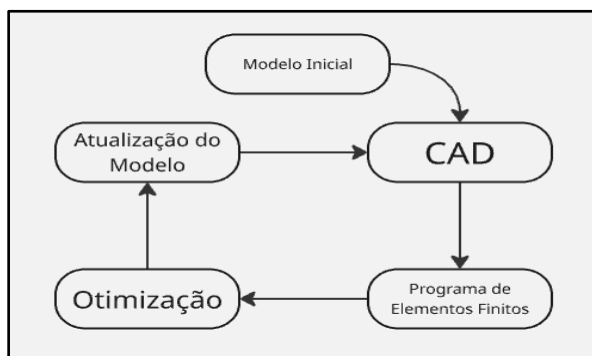


Figura 1 – Diagrama da Metodologia

Escolheu-se um modelo inicial tanto para a estrutura primária, na qual deseja-se atenuar os níveis de vibrações, quanto para o ADV multimodal. As duas estruturas foram modeladas de forma paramétrica em um programa de CAD. Esta modelagem permite alterar as dimensões do ADV de forma automatizada. Em seguida, foi construído um modelo baseado em elementos finitos de forma a simular numericamente as frequências naturais de ambas as estruturas. De posse do modelo numérico foi feita uma otimização dos parâmetros construtivos do ADV de forma que algumas de suas frequências naturais fossem coincidentes com as frequências da estrutura primária. Após a otimização, o modelo de elementos finitos é atualizado e todo o procedimento é repetido até que se atinja o objetivo final que é ambas as estruturas terem algumas frequências naturais coincidentes.

Uma vez que o ADV tenha frequências naturais coincidentes com a estrutura primária, este será capaz de atenuar os níveis de vibrações da estrutura primária e assim cumprir seu objetivo de possibilitar o uso de sistemas mecânicos em condições de excitação em frequências naturais da estrutura primária.

Os objetivos principais do estudo são: i) reduzir a amplitude da resposta da estrutura primária (viga) em determinadas bandas de frequência e ii) sintonizar o ADV de forma que algumas de suas frequências naturais sejam as mais próximas possíveis das frequências da viga.

Para que seja possível o projeto do ADV, técnicas de otimização devem ser utilizadas afim de se obter uma configuração ótima do mesmo. O estudo prevê 11 variáveis de projeto cujos limites geométricos avaliados no processo de otimização foram:

- $10\text{mm} \leq \text{diâmetro da haste} \leq 30\text{mm}$
- $50\text{mm} \leq \text{comprimento da haste} \leq 80\text{mm}$
- $60\text{mm} \leq \text{comprimento das pás} \leq 300\text{mm}$
- $15^\circ \leq \text{ângulo das pás} \leq 60^\circ$
- $2\text{mm} \leq \text{espessura das pás} \leq 8\text{mm}$

Esses limites foram definidos de modo a garantir viabilidade construtiva do modelo

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

Resultados e discussão

O problema estudado tem como estrutura primária uma viga engastada-livre como mostra a Figura 2. Já o ADV passivo multimodal é dado pelo modelo apresentado na Figura 3.

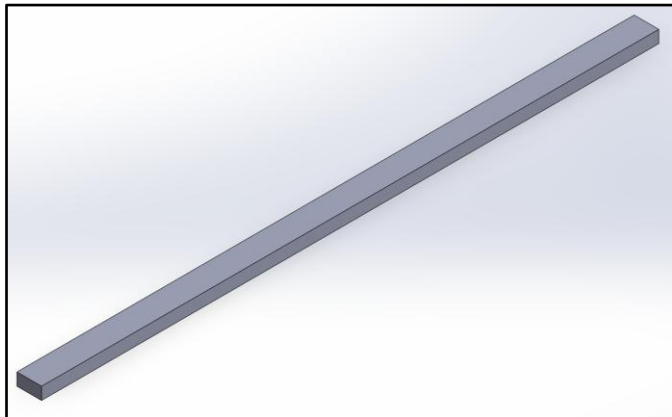


Figura 2 – Viga (estrutura primária)

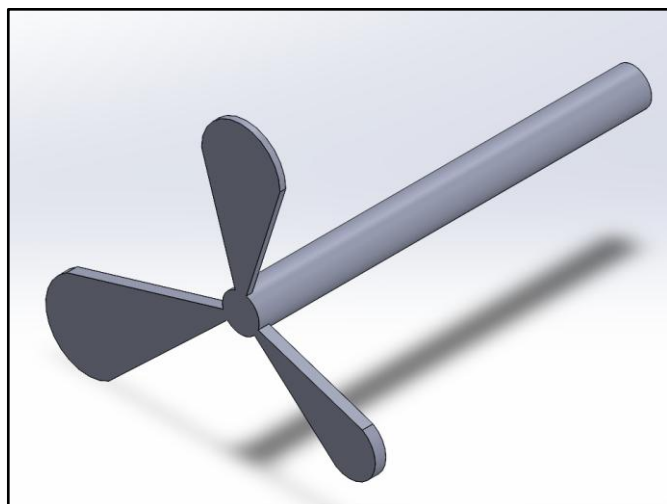


Figura 3 – ADV configuração inicial

As frequências-alvo adotadas para a viga foram **16,784 Hz** (primeira natural) e **104,79 Hz** (terceira natural), que concentram a maior parte da energia vibratória do caso de interesse e, portanto, são as faixas em que se busca maior atenuação.

No processo de otimização escolheu-se como função objetivo (J) o desvio entre as frequências da viga (citadas acima) e duas frequências naturais do ADV assim:

$$J = (\omega_1 - 16,78)^2 + (\omega_2 - 104,79)^2 \quad (1)$$

onde ω_1 e ω_2 representam a primeira e terceira frequência natural do ADV passivo multimodal. Foram dados pesos iguais para os dois objetivos.

Para se minimizar a Equação (1) utilizou-se uma heurística de otimização global desenvolvida no GEMEC da UNIFEI chamada **SunFlower** (GOMES *et al.*, 2018).

Após o processo de otimização, a solução final apresentou um ADV multimodal cujas primeira e terceira frequências naturais possuem valores de **16,85 Hz** e **104,8 Hz** respectivamente.

Para se obter os valores acima, os parâmetros ótimos do ADV foram determinados pela heurística de otimização global como sendo:

- Diâmetro da haste = 22,73 mm
- Comprimento da haste = 39,97 mm
- Comprimento da pá 1 = 72,57 mm
- Comprimento da pá 2 = 74,45 mm
- Comprimento da pá 3 = 269,86 mm
- Ângulo da pá 1 = 40,07°
- Ângulo da pá 2 = 44,30°
- Ângulo da pá 3 = 29,54°
- Espessura da pá 1 = 6,82 mm
- Espessura da pá 2 = 5,71 mm
- Espessura da pá 3 = 4,82 mm

A figura 4 apresenta o modelo otimizado do ADV multimodal. Observa-se claramente uma mudança significativa na geometria do mesmo quando comparada ao modelo inicial.

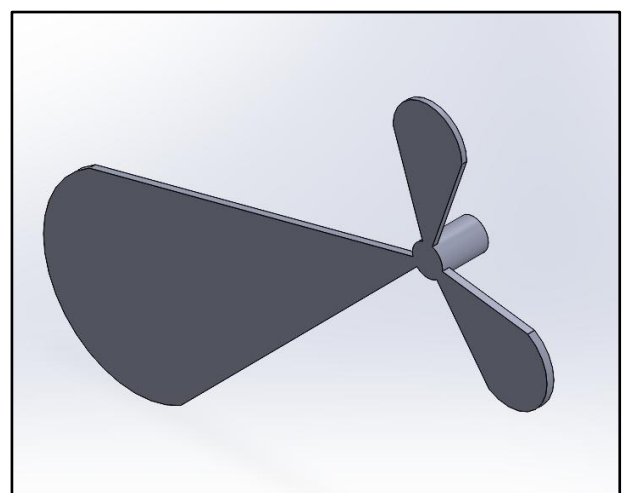


Figura 4 – ADV otimizado

Afim de validar o modelo otimizado, a Figura 5 apresenta as funções respostas em frequência (FRF) da estrutura primária (viga) com e sem o acoplamento do

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

ADV. Como pode ser observado, após o acoplamento do ADV multimodal otimizado, houve uma redução bastante significativa das amplitudes nas vizinhanças das frequências alvos **16,78 Hz** e **104,79 Hz**. Essa resposta evidencia que a sintonia do absorvedor com a estrutura primária, aliada à escolha adequada dos parâmetros geométricos, é efetiva para reduzir vibrações nas bandas de frequência críticas do sistema.

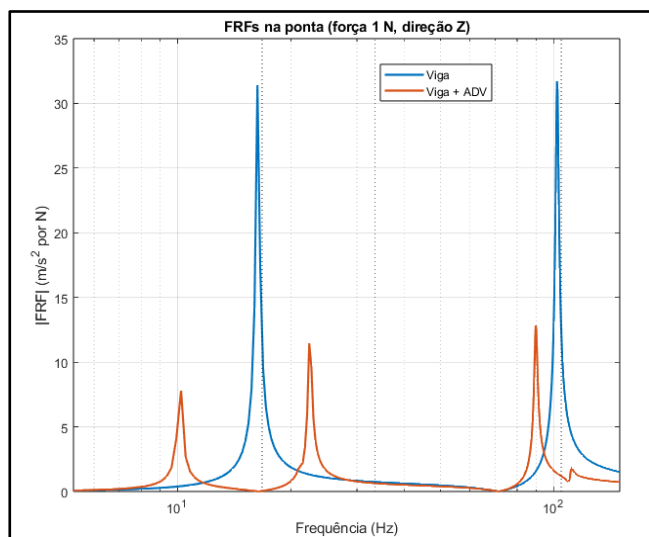


Figura 5 – FRFs na ponta (força 1 N, direção Z)

Em valores absolutos, houve uma redução de 99,6% para a primeira frequência natural da viga e 94,8% para a segunda frequência após o acoplamento do ADV mostrando assim a efetividade do uso de tal dispositivo no controle de vibrações mecânicas de sistemas complexos.

Conclusões

O estudo demonstrou que a metodologia proposta baseada na modelagem paramétrica do conjunto viga+ADV combinada com avaliação em elementos finitos e otimização multiobjetivo, é eficaz para reduzir a resposta vibratória da estrutura primária. O absorvedor foi sintonizado para que suas frequências naturais ficassem próximas às da viga, atendendo ao objetivo de equalização/sintonia entre os sistemas.

A configuração obtida apresentou frequências próprias do absorvedor em torno de 16,85 Hz e 104,8 Hz, dentro dos limites geométricos definidos e as FRFs confirmaram a atenuação dos níveis de vibrações com o absorvedor acoplado, com queda acentuada dos valores absolutos das respostas.

Como trabalhos futuros, sugere-se incluir

amortecimento estrutural ao sistema absorvedor, aumentar o número de parâmetros de projeto do mesmo bem como realizar uma análise de sensibilidade à variações das propriedades geométricas.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e ao Grupo GEMEC/IEM pela infraestrutura e suporte oferecidos ao longo do desenvolvimento deste projeto. Também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro por meio da bolsa de Iniciação Científica, que foi fundamental para a realização desta pesquisa.

Referências

- DIMAROGONAS, A., *Vibration for Engineers*, 2nd edition, Pearson, 1996.
- GOMES, G. F., ALMEIDA, F. A., ANCELOTTI, A. C., CUNHA, S. S., Inverse structural damage identification problem in CFRP laminated plates using SFO algorithm based on strain fields, *ENGINEERING WITH COMPUTERS*, v. 37, p. 3771-3791, 2021.
- GOMES, G. F., CUNHA, S. S., ANCELOTTI, A. C., A sunflower optimization (SFO) algorithm applied to damage identification on laminated composite plates, *ENGINEERING WITH COMPUTERS (INTERNET)*, v. 1, p. 1-8, 2018.
- INMAN, D. J., *Engineering Vibration*, 4th ed., Boston: Pearson Education, 2014.
- MEIROVITCH, L., *Fundamentals of Vibrations*, New York: McGraw-Hill, 2001.