

Análise computacional do comportamento dinâmico de estruturas de material compósito¹

Rafael Yukio Kono Shimomura², Gabriel Soares², Ricardo de Medeiros³

¹ Vinculado ao projeto “Contribuição ao estudo do monitoramento da integridade estrutural de estruturas em material compósito”

² Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PROBIC/UDESC

³ Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – ricardo.medeiros@udesc.br

As estruturas de material compósito são uma das grandes soluções para problemas estruturais devido à sua grande rigidez em relação à sua massa. Por conta disso, o este trabalho visa estudar, por meio de modelos computacionais, o comportamento dinâmico de vigas fabricadas de fibra de vidro e resina epóxi, assim como avaliar a influência da falha por delaminação nos resultados da Função de Resposta em Frequência (FRF). Para a realização do estudo, utilizou-se vigas contendo 12 camadas, orientadas [0]₁₂, de fibra de vidro e resina epóxi, com uma espessura de 0,25 mm por camada. A Figura 1 apresenta as dimensões e as condições de contorno utilizadas. Foram considerados três casos de delaminação entre as camadas 6 e 7, sendo que elas ocorrem na região central da viga e possuem os seguintes comprimentos: Dano 1, 5 mm, Dano 2, 10 mm e Dano 3, 19,5 mm.

As análises numéricas via método elementos finitos foram realizadas através do software Hypermesh e do solver OptiStruct. As propriedades utilizadas para o material estão presentes na Tabela 1. O modelo é composto por duas superfícies do tipo SHELL, cada uma possuindo 24640 elementos quadriláteros de tamanho 0,5 mm, o qual foi determinado por meio de um estudo de convergência de malha. As superfícies foram ligadas por meio de contatos TIE nos elementos com exceção daqueles na região de delaminação. A fim de se aproximar ao máximo da condição livre-livre, utilizou-se como condições de contorno elementos de mola, com baixa rigidez, os quais possuíam uma extremidade presa à superfície e a outra engastada. Aplicou-se uma força unitária no ponto 1 e com isso, obteve-se as FRFs para pontos 1 e 2, considerando o intervalo de 0-1600 Hz. A representação do modelo está presente na Figura 2. Como a análise computacional considera apenas o amortecimento inserido ao programa por meio de curvas, calculou-se esses valores, através do Método da Banda de Meia-Potência utilizando os dados experimentais, em seguida, simulou-se o modelo novamente com os valores encontrados.

Tabela 1. *Propriedades da fibra de vidro.*

E1 [GPa]	E2 [GPa]	ν12	G12 [GPa]	G1Z [GPa]	G2Z [GPa]	ρ [kg/m ³]
20,00	7,3813	0,18	1,7	1,7	1,2	1260,0

Com os resultados, desenvolveu-se uma rotina de cálculo em MATLAB para calcular o índice de dano. A metodologia leva em consideração a faixa de frequência escolhida, e possui a seguinte relação:

$$DIA_{GAP_j} = \left| 1 - \frac{\sum_{\omega} \left(H_{jk}^d(\omega) \cdot P_{jk}^d(\omega) \right)}{\sum_{\omega} \left(H_{jk}^i(\omega) \cdot P_{jk}^i(\omega) \right)} \right|, \quad (1)$$

sendo $H(\omega)$ a amplitude, $P(\omega)$ a fase e ω a faixa de frequências estudada. Os sobrescritos i, d, j e k se referem, às estruturas intacta e danificada, e as localizações do ponto medido e do ponto de aplicação da força, respectivamente. Quando há alguma alteração no comportamento dinâmico da estrutura, o índice de dano retornará um valor maior que zero. A Figura 3 apresenta as FRFs obtidas dos 4 casos analisados para os 2 pontos. Quanto maior o dano, maior foi a amplitude de cada modos de vibração.

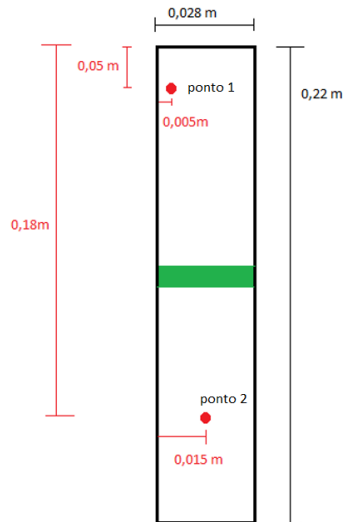


Figura 1. Dimensões da viga.

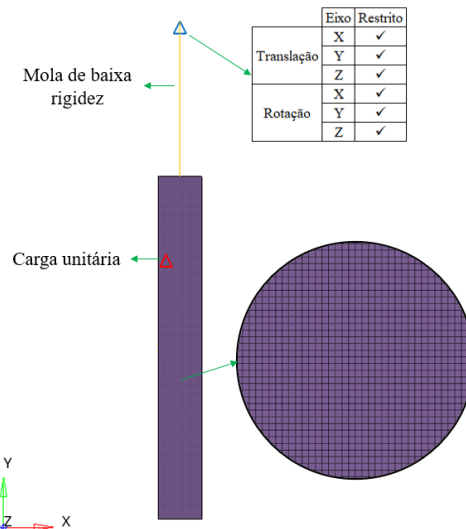


Figura 2. Modelo computacional.

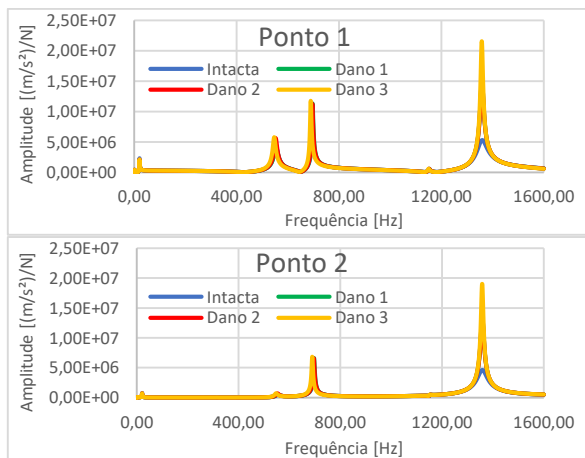


Figura 3. FRFs

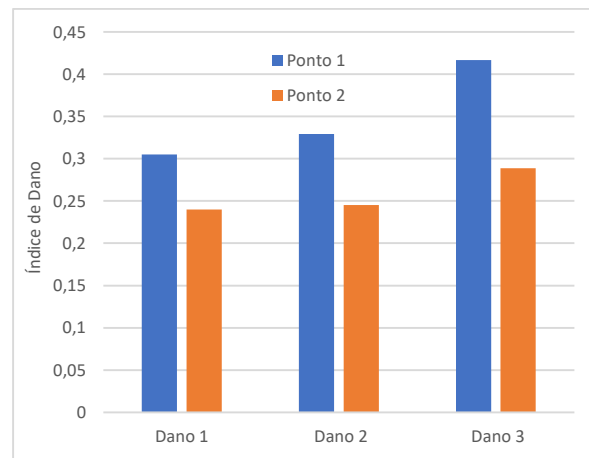


Figura 4. Índice de Dano

Os resultados de índice de dano, presentes na Figura 4, se mostraram coerentes, uma vez que aumentaram juntamente com o aumento do dano. Além disso, existe uma grande diferença entre os resultados dos pontos 1 e 2, provavelmente pelas localizações dos pontos. A partir dos resultados, conclui-se que o objetivo foi atingido, pois, é possível identificar o dano de delaminação em estruturas de material compósito, por meio do modelo computacional. Trabalhos futuros buscam correlacionar o modelo computacional e os dados experimentais afim de desenvolver um sistema de monitoramento da integridade estrutural.