

FABRICAÇÃO E ENSAIO DE VIBRAÇÕES EM VIGAS SANDUÍCHE COM NÚCLEO MAGNETO REOLÓGICO

Victor Salgado de C. P. Romeiro¹ (IC), Felipe de Souza Eloy (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Compósitos, Elastômero magneto reológico, Materiais inteligentes, Viga sanduíche, Vibrações.

Introdução

Presentes desde os primórdios das civilizações, os materiais compósitos expressam suas propriedades em aplicações que vão da composição de estruturas celulares e tecidos biológicos à construção de sofisticados adventos da engenharia moderna. Se faz quase que desnecessária a explicação do porquê combinações de propriedades de materiais distintos em um novo material possuem tantas aplicações em diversos setores da indústria. Um exemplo desse tipo de material são os chamados Painéis Sanduíche.

Painéis sanduíche ou vigas sanduíche destacam-se pela alta relação peso resistência mecânica e descrevem um tipo de material compósito formado por duas faces rígidas envolvendo um núcleo de menor densidade. Alta resistência à tração e compressão são características desejadas para as faces externas, placas de alumínio e compósitos reforçados com fibras são exemplos materiais utilizados. Para o núcleo, materiais menos densos diminuem o peso da estrutura final, mas devem apresentar rigidez suficiente para evitar seu esmagamento, diferentes tipos de espumas e geometrias em forma de colmeia (*honeycomb*) são usados aqui, Mendonça (2005).

O presente trabalho buscou avaliar o efeito da temperatura nos parâmetros modais de painéis sanduíche, aliado a aplicação de métodos de controle de vibrações através da utilização de elastômero magneto reológico em sua construção.

Materiais magneto reológicos (MR) representam um tipo de material inteligente que possibilitam a alteração dinâmica de propriedades reológicas através de aplicação de campo magnético de intensidade variável, Oliveira (2013).

A fim de usufruir de tais propriedades para o controle dos modos de vibração da estrutura, o estudo desenvolvido traz análises do comportamento dinâmico de vigas sanduíche fabricadas em compósitos laminados em fibra de carbono com núcleo colmeia preenchidos por elastômero magneto reológico. Para tal, ensaios de excitação por impulso foram realizadas em ambiente de temperatura variável e a análise dos resultados busca

evidenciar potencial aplicação para o material desenvolvido.

Metodologia

Para análise do comportamento dinâmico da estrutura, fez-se necessária primeiramente a fabricação da mesma com os materiais desejados em sua composição. Assim, a fabricação, tanto da lâmina em compósito polimérico de fibra de carbono e epóxi quanto dos núcleos colmeia em fibra de aramida preenchido por elastômero magneto reológico, compôs a primeira parte do trabalho desenvolvido.

Inicialmente, para composição do núcleo, colmeias pré-fabricadas em fibra de aramida foram cortadas nas dimensões desejadas, as quais são mostradas na Tab. 1.

Tabela 1 – Dimensões do núcleo colmeia em fibra de aramida

	Medida (mm)
Altura	280
Largura	30
Espessura	10

A partir daí, o preenchimento da colmeia com elastômero MR deu seguimento ao processo de fabricação do núcleo. A mistura para obtenção do preenchimento foi feita manualmente, utilizando elastômero de silicone e pó ferromagnético à fração mássica de 30%. Assim, após agitação contínua por período de 5 minutos para homogeneização da amostra, o preenchimento da colmeia foi realizado com elastômero ainda líquido, em início de processo de cura, utilizando como ferramenta uma espátula metálica, garantindo que todos os espaços vazios fossem preenchidos e que porosidades no interior da estrutura fossem evitadas.



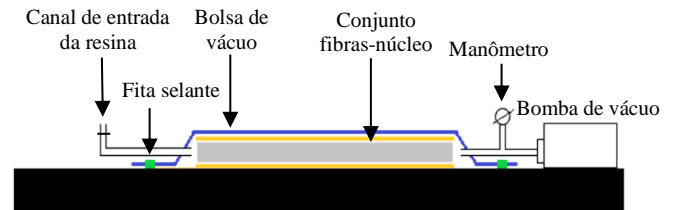
Figura 1 - Núcleo de aramida preenchida com elastômero MR

Após tempo de cura da resina de 24h para finalização da camada interna, a fabricação e aderência lâminas ao núcleo caracterizou a parte final da fabricação do corpo de prova em análise. Para esta fase do processo, laminados de fibra de carbono impregnados com resina epóxi foram escolhidos devido à sua vasta aplicação, em especial no setor aeronáutico, onde elevadas relações entre módulo de elasticidade e densidade, observados em compósitos reforçados com fibras, Kaw (2006), garantem a resistência necessária às aeronaves sem adição excessiva de peso.

Nessa parte do processo, a configuração e orientação das fibras desempenham influência absoluta nas características mecânicas finais do compósito, Dias (2016). Para a estrutura proposta, as camadas de tecido foram posicionadas de forma que a direção das fibras fosse 0° em relação ao comprimento das lâminas. A montagem do processo de laminação consistiu no posicionamento de 8 camadas de tecido de fibra de carbono, em seguida do núcleo colmeia e por fim, outras 8 camadas de tecido.

Concluída a etapa de montagem, a uniformidade do laminado e aderência ao núcleo foram garantidas através do processo de Moldagem por Transferência de Resina Assistida a Vácuo (VARTM), método de infusão em que os laminados, ou neste caso as vigas, a serem fabricados são posicionados no interior de câmaras a vácuo, onde a transferência de resina é possibilitada por meio de um gradiente de pressão. O esquema presente na Fig. 2 demonstra o processo.

Figura 2 – Esquema do processo VARTM montado

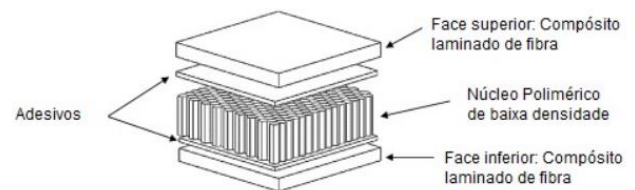


Fonte: Autoral

Após montagem, a quantidade de resina utilizada foi calculada a fim de se obterem lâminas compostas em frações volumétricas de 50% de resina epóxi e 50% de tecido laminado.

Assim, o último passo para obtenção do corpo de prova ser estudado neste trabalho, depois do tempo de 24h para cura da resina, foi o corte das vigas para serem retiradas da placa laminada. A Fig. 3 demonstra a composição final do material fabricado.

Figura 3 – Vista expandida de modelo de viga sanduíche

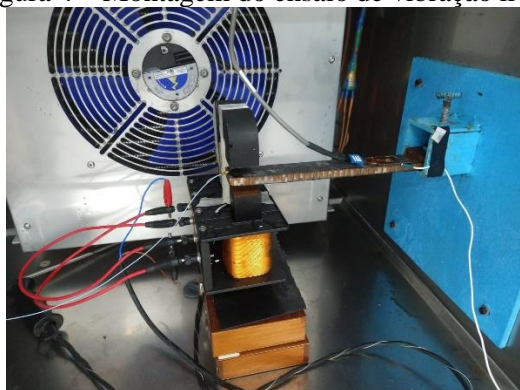


Fonte: Dias (2016)

Com a finalização do processo de fabricação e obtenção do corpo de prova, a segunda parte do trabalho consistiu na avaliação de resultados de ensaio de vibração livre, com a finalidade de obterem-se os parâmetros modais da viga à medida que diferentes intensidades de campo magnético gerado por eletroímã interagem com a estrutura.

Para montagem do referido ensaio, a condição de contorno utilizada foi a engastada-livre, restringindo o movimento da viga em uma de suas extremidades por meio de engaste. Seguindo no sentido longitudinal da placa, próximo ao engaste, o impulso necessário para leitura do comportamento vibratório foi gerado por dispositivo piezoelétrico, que, aderido à superfície do painel, tem sua deformação ocasionada pelo fornecimento de corrente elétrica, assim, excitando o corpo de prova em sua extremidade livre.

Figura 4 – Montagem do ensaio de vibração livre



Fonte: Autoral

Associado à extremidade livre da placa, um acelerômetro fixado registrou os movimentos ocasionados pelo impulso gerado. Além disso, também na borda livre da viga, o posicionamento do eletroímã utilizado para gerar o campo magnético responsável por interagir com o material MR, presente no núcleo, pode ser observado na Fig. 4. Toda montagem foi instalada no interior de uma câmara térmica que manteve a temperatura da viga constante à 20°C durante todo experimento.

Com toda montagem finalizada, e antecedendo o ensaio, as intensidades desejadas do campo magnético incidente foram alcançadas através da variação dos valores de corrente da fonte que alimentava as bobinas, responsável por gerar o campo eletromagnético. A medição das intensidades do campo foi realizada por meio de um sensor *Gausmeter* posicionado sobre a superfície da viga, e os valores de corrente para cada campo podem ser observados na Tab. 2.

Tabela 2 – Valores de tensão e corrente para respectivos campos gerados

Intensidade do campo [kA/m]	Corrente [A]
10	0,47
20	1
30	1,5
40	1,93
50	2,48
60	2,97
70	3,47
80	3,95

Fonte: autoral

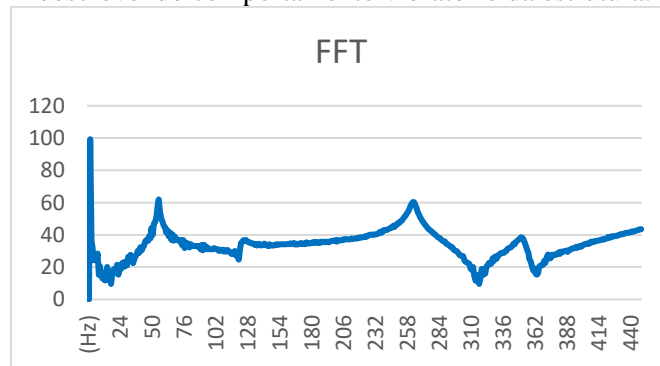
A captação dos dados fornecidos pelo acelerômetro durante o ensaio foi, então, convertida por uma placa de aquisição de sinais, que permitiu a interpretação do comportamento da estrutura através de gráficos de espectro de frequência.

Resultados e discussão

Para a discussão a ser proposta por este trabalho, os resultados das leituras de parâmetros modais para as diferentes faixas de intensidade de campo mostrados na Tab. 2 devem ser comparados.

Os gráficos obtidos ao observar o comportamento dinâmico do painel fabricado fornecem as amplitudes do movimento vibratório em função das frequências de vibração (Fig. 5). Fornecem também o diagrama de fase (Fig. 6), indicando a mudança no ângulo de fase nas diferentes frequências de vibração, e gráfico de coerência (Fig. 7), o qual avalia a conformidade dos valores medidos através do conceito de repetibilidade, de forma que, para cada leitura, 3 impulsos são gerados e suas reações são avaliadas e comparadas.

Figura 5 – Gráfico da transformada de Fourier descrevendo comportamento vibratório da estrutura.



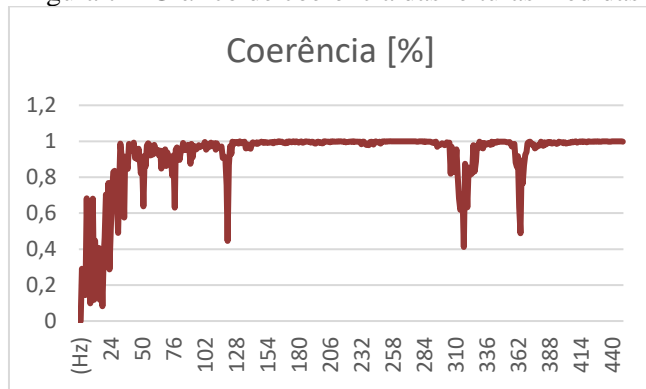
Fonte: Autoral

Figura 6 – Diagrama indicando a mudança de fase nas diferentes frequências de vibração



Fonte: Autoral

Figura 7 – Gráfico de coerência das leituras medidas



Fonte: Autoral

Utilizando as informações presentes nos três gráficos, as três primeiras frequências naturais foram consideradas para elaboração da Tab. 3. Foram considerados valores em que se observava, para a mesma faixa de frequência, picos no gráfico da transformada de Fourier, mudanças abruptas no ângulo de fase e coerência superior à 90%.

Tabela 3 – Frequências naturais para diferentes incidências de campo magnético sob a viga

Intensidade do campo magnético [kA/m]	1ª Frequência natural [Hz]	2ª Frequência natural [Hz]	3ª Frequência natural [Hz]
0	55.5	263.01	352.68
10	55.52	262.9	352.15
20	55.53	262.68	352.35
30	55.55	262.8	352.27
40	55.52	262.69	351.69
50	55.53	262.67	351.83
60	55.46	262.59	351.63
70	55.45	262.56	352.82
80	55.39	262.74	351.87

Fonte: Autoral

Ao comparar os valores de frequência entre a menor e maior intensidade de campo incidente sob a viga, é possível observar uma variação de no máximo 0,23%. A quantificação dos resultados aponta que a quantidade de partículas sensíveis ao campo gerado por corrente elétrica não foi suficiente para gerar variações nos valores de frequência natural que seriam úteis para as aplicações citadas.

Levando em conta resultados obtidos em estudo prévio, Eloy (2018), onde variações na concentração de material ferromagnético na composição da estrutura

geraram diferentes resultados do ensaio de vibração livre, para obter resultados que possam ser aplicados no controle dinâmico das propriedades de peças com a finalidade de se evitar o fenômeno de ressonância, e a consequente danificação da estrutura, novas concentrações, superiores à 30% de pó ferromagnético devem ser consideradas no processo de fabricação.

Conclusões

Através do estudo realizado, um roteiro para fabricação de vigas sanduíche com núcleo composto por geometria de colmeia e preenchido por elastômero magneto reológico contendo partículas de pó ferromagnético à concentração de 30% foi obtido. Além disso, a avaliação do efeito de diferentes intensidades de campo eletromagnético incidentes no ensaio de vibração livre demonstrou que a fração de material ferro magnético utilizada na construção deve ser alterada para que o controle efetivo das propriedades modais de estruturas possa ser alcançado, trazendo para diversos setores uma inovação nos métodos de controle de vibrações.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro, e à UNIFEI, pelo apoio.

Referências

- MENDONÇA, PAULO DE TARSO R. Materiais compósitos e estruturas-sanduíche: projeto e análise. Barueri: Manole, 2005.
- OLIVEIRA, SERGIO DE ALMEIDA Modelagem Termomecânica de Ligas com Memória de Forma em um Contexto Tridimensional. 2013. Tese (doutorado) – Programa de engenharia mecânica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.
- KAW, ALTAR K. Mechanics of composite materials. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- DIAS, C. Análise mecânica de estruturas sanduíche com diferentes núcleos. 2016.
- ELOY, F. S. Estudo do comportamento dinâmico de vigas sanduíche com núcleo honeycomb preenchido com elastômero magneto reológico. Tese (doutorado) – Programa de pós-graduação em engenharia mecânica, UNIFEI, Itajubá, 2018.