

ANÁLISE COMPARATIVA DINÂMICA DA ORIENTAÇÃO DAS FIBRAS EM UM MATERIAL COMPÓSITO

Camila Diniz⁽¹⁾; Adriana Amaro Diacenco⁽²⁾

⁽¹⁾Graduanda em Engenharia de Produção; kmila_sidi@yahoo.com.br; Centro Universitário de Itajubá-FEPI; ⁽²⁾ Professora e pesquisadora; adriana_aadiacenco@yahoo.com.br; Centro Universitário de Itajubá-FEPI.

RESUMO – A utilização de materiais compósitos vem sendo muito freqüente, devido suas propriedades melhoradas comparado a outros materiais. Nesse artigo pretende-se analisar o comportamento dinâmico do material compósito estrutural do tipo laminado através do Método dos Elementos Finitos, onde é utilizada a Teoria da Deformação Cisalhante de Primeira Ordem (FSDT) a qual é implementada em um elemento Serendipity retangular contendo oito pontos nodais e cinco graus de liberdade por nó. Com isso será possível obter o melhor posicionamento das camadas de fibras buscando saber qual a influência sofrida pelo material para que os requisitos estabelecidos sejam alcançados.

Palavras-chave: *Materiais compósitos. Método dos Elementos Finitos. Compósito estrutural laminado.*

Introdução

Com o avanço da tecnologia, o uso de materiais compósitos vem sendo muito comum, segundo Callister Júnior (2002), o material compósito surge a partir da junção de dois ou mais materiais distintos que são combinados buscando obter propriedades melhoradas que nenhum dos materiais isoladamente apresenta. Neste artigo será analisado o comportamento do material compósito laminado através do Método dos Elementos Finitos considerado por Fish e Belytschko (2009) como sendo uma aproximação numérica, que busca dividir uma estrutura em elementos finitos conectados por nós. Por meio desses nós é possível obter uma função que descreve o deslocamento mecânico da estrutura. Esta análise foi feita através da modelagem numérica utilizando o *software* MATLAB®, que consegue descrever o comportamento mecânico do material de forma satisfatória.

De acordo com o descrito, este projeto tem o intuito de realizar a modelagem dos materiais compósitos, buscando avaliar a melhor sequência de empilhamento das lâminas do parâmetro de orientação das fibras no compósito estrutural laminado.

Material e Métodos

Para a formulação matemático-numérico do comportamento mecânico das placas compósitas laminadas será utilizada a Teoria de Deformação Cisalhante de Primeira Ordem, considerando oito pontos nodais e cinco graus de liberdade.

$$\begin{aligned}u(x,y,z,t) &= u_0(x,y,t) + z\Psi_x(x,y,t) \\v(x,y,z,t) &= v_0(x,y,t) + z\Psi_y(x,y,t) \\w(x,y,z,t) &= w_0(x,y,t)\end{aligned}\tag{1}$$

Onde $u(x,y,z,t)$, $v(x,y,z,t)$ e $w(x,y,z,t)$ descrevem o deslocamento nas direções x , y e z . As variáveis (u_0, v_0, w_0) respectivamente, descrevem os

deslocamentos na superfície de referência e (Ψ_x, Ψ_y) demonstram as rotações da seção transversal nas direções (x, y, z) .

Segue a representação do elemento retangular de placa chamado de elemento *Serendipity* usando a formulação por elementos finitos:

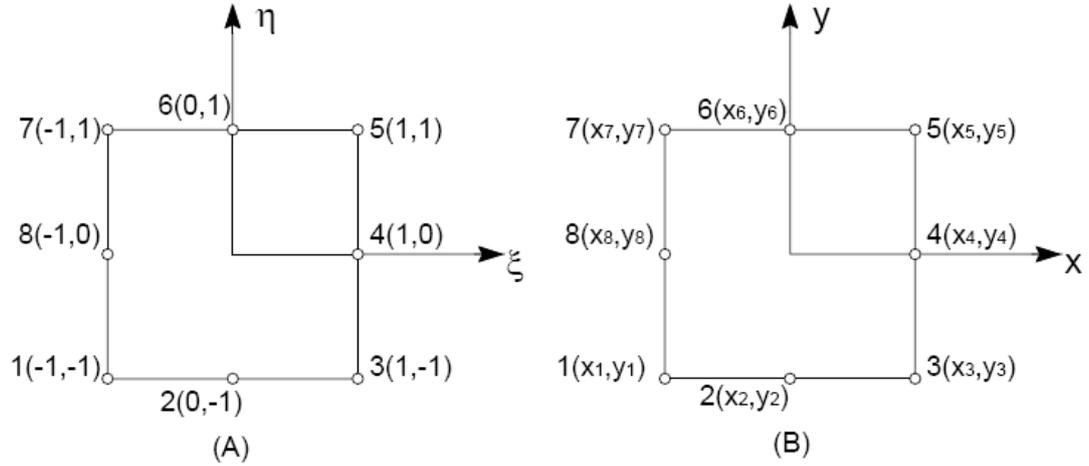


Fig. 1: Placa retangular compósita laminada em (a) coordenadas locais (b) coordenadas globais.

As funções de forma, que relaciona os deslocamentos em um ponto qualquer com os deslocamentos nos pontos nodais, da família Serendipity são apresentados a seguir:

$$\begin{aligned}
 N_1(\xi, \eta) &= -\frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta)(1+\xi+\eta) \\
 N_2(\xi, \eta) &= \frac{1}{2}(1-\xi)(1+\xi)(1-\eta) \\
 N_3(\xi, \eta) &= -\frac{1}{4}(1+\xi)(1-\xi)(1-\xi+\eta) \\
 N_4(\xi, \eta) &= \frac{1}{2}(1+\xi)(1+\eta)(1-\eta) \\
 N_5(\xi, \eta) &= -\frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta)(1-\xi+\eta) \\
 N_6(\xi, \eta) &= \frac{1}{2}(1-\xi)(1+\xi)(1+\eta) \\
 N_7(\xi, \eta) &= -\frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta)(1+\xi-\eta) \\
 N_8(\xi, \eta) &= \frac{1}{2}(1-\xi)(1+\eta)(1-\eta)
 \end{aligned} \tag{2}$$

Das matrizes elementares calculadas para cada elemento da malha de elementos finitos foi possível efetuar um somatório das matrizes elementares para alcançar as equações globais do movimento (HUEBNER *et al.*, 1982). Após a montagem, as equações globais do movimento no domínio do tempo são escritas como segue:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{q}(t) = \mathbf{f}(t)$$

onde $M = \bigcup_{e=1}^{nelem} M^{(e)}$ e $K = \bigcup_{e=1}^{nelem} K^{(e)}$ são as matrizes globais de massa e rigidez. O símbolo \bigcup indica a montagem de matrizes, e $q(t)$ é o vetor dos graus de liberdade globais. $f(t)$ é o vetor dos carregamentos externos.

Resultados e Discussão

Nesta análise foi considerada uma placa compósita laminada com $L_x = L_y = 0.16$ m, contendo cinco camadas unidirecionais de mesma espessura, sendo esta de $h/5$, onde $h/a=1/28$. As propriedades de cada camada do material são: $\bar{E}_1 = 172,4GPa$, $\bar{E}_2 = \bar{E}_3 = 6,89GPa$, $\bar{G}_{12} = \bar{G}_{13} = 3,45GPa$, $\bar{G}_{23} = 1,38GPa$, $\nu_{12} = \nu_{13} = 0,25$, $\nu_{23} = 0,30$, $\rho = 1566kg/m^3$ é a densidade do material.

Como as equações geradas são extremamente extensas e complexas, será utilizado o *Software* MATLAB®, que realiza o cálculo de forma rápida e eficaz, obtendo o resultado através de gráficos chamados de função de resposta em frequência (FRF). Estes gráficos descrevem o comportamento da estrutura e suas características.

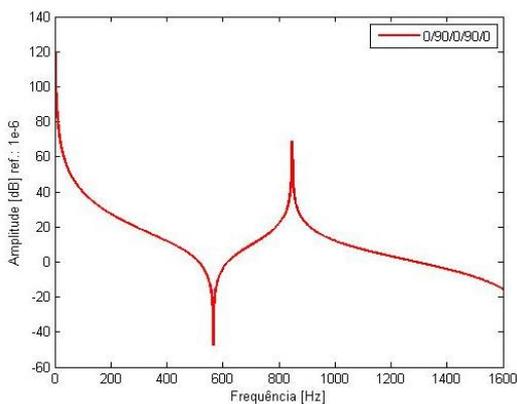


Fig. 2a: FRF para 0°/90°/0°/90°/0°.

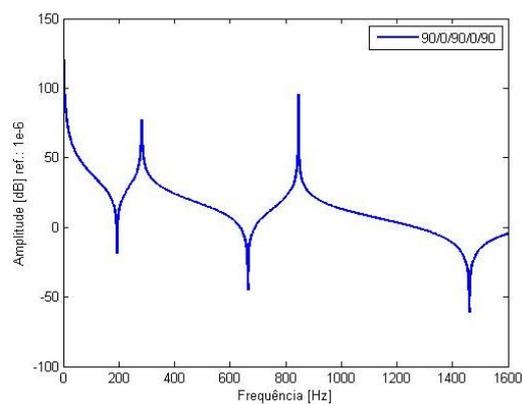


Fig. 2b: FRF para 90°/0°/90°/0°/90°.

Depois dos gráficos gerados isoladamente, é gerado um gráfico com as curvas simultâneas, onde é possível verificar qual a melhor sequência de empilhamento que gera vibrações moderadas ao sistema.

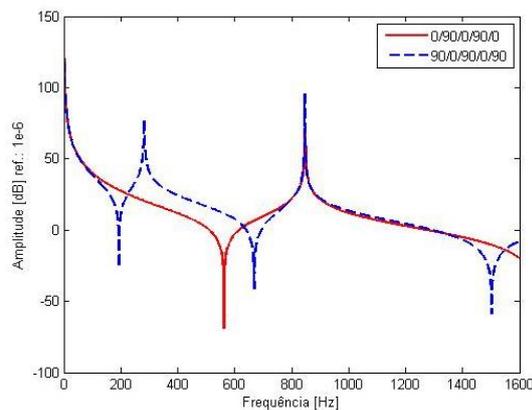


Fig. 3: Comparação das FRF em relação à vibração sofrida pelo sistema.

De acordo com os gráficos gerados é possível observar que a fig. 2a apresenta menor amplitude e frequência das vibrações em relação à fig. 2b. A sequência de empilhamento das fibras influencia o comportamento vibratório do material, visto que para alcançar o nível de vibração necessário ao material é preciso que os ângulos sofram perturbações.

Conclusões

Com o uso constante de novas estruturas que tragam mais benefícios o uso de materiais compósitos é viável e através de estudos é possível ter a percepção de qual compósito é adequado ao projeto.

Nesse projeto o uso de compósito estrutural laminado possibilitou observar a importância das fibras em um material compósito e através das simulações numéricas avaliar qual o melhor ângulo para que as vibrações sofridas pela estrutura sejam corretas ao sistema.

Referências bibliográficas

CALLISTER JÚNIOR, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

FISH, J.; BELYTSCHKO, T. *Um Primeiro Curso em Elementos Finitos*. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HUEBNER KH, THORNTON EA. *The finite element method for engineers*. New York: John Wiley & Sons, 1982.