

Autor: Antônio Carlos Gonçalves Sarti

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Branca Freitas de Oliveira

1. Introdução

O processo de otimização de estruturas formadas por compósitos laminados em face das respostas estruturais, revela-se como uma das formas de melhorar a empregabilidade e de diminuir o custo final em projetos. O presente trabalho teve por objetivo a aplicação da técnica de otimização conhecida como *Shuffled Complex Evolution* (SCE) com o Método dos Elementos Finitos (MEF) para estabelecer a combinação pela qual tanto a orientação das fibras, quanto a espessura de cada uma das camadas de uma placa formada por tais materiais resulta no menor deslocamento, em magnitude, conhecendo-se suas condições de contorno e os carregamentos externos. Para tanto, foi utilizado o software de elementos finitos Abaqus/CAE e sub-rotinas escritas nas linguagens Python e Fortran.

2. Otimização de uma placa de compósito multilaminar

2.1. Objetivos

Encontrar o menor deslocamento de uma placa formada por 3 camadas, variando-se 4 tipos distintos de orientações angulares para as fibras e, simultaneamente, variando-se 4 espessuras de cada uma das 3 camadas que compõem a placa através do algoritmo otimizador evolutivo.

2.2. Metodologia

Aplicou-se o algoritmo evolutivo SCE, que provém de abordagens probabilísticas e determinísticas para um agrupamento de dados, cuja evolução sistemática de um complexo de pontos abrange o espaço na direção do ótimo global de uma dada função objetivo: $F(W,U) = \alpha W + (1-\alpha)U$, que relaciona peso W e deslocamento da estrutura U , onde α (que pode variar entre 0 e 1) é o fator de ponderação. Ao fazer $\alpha = 0$ a função F se torna dependente apenas do deslocamento e esse, por sua vez, o objetivo a otimizar. Foram inseridos, através do software Abaqus, as condições de contorno (Figuras 1 e 2) e o carregamento uniforme de 0.2 MPa sobre a superfície da placa. As propriedades mecânicas dos constituintes encontram-se na Tabela 1. Ao executar o algoritmo otimizador SCE no software Abaqus, foi possível variar a orientação das fibras de cada uma das 3 lâminas em 0° , -45° , 45° e 90° e, simultaneamente, suas espessuras em 0.75 , 1.00 , 1.50 e em 2.00 mm .

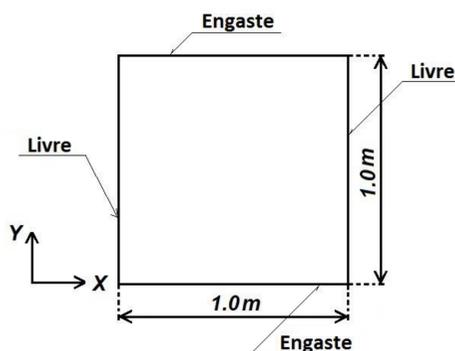


Figura 1 – Condições de contorno aplicadas na placa formada por compósitos

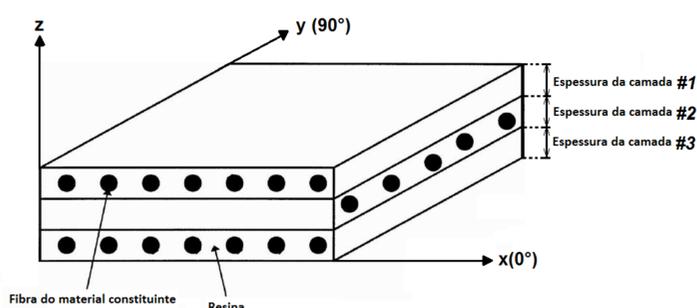


Figura 2 – Condições de contorno aplicadas na placa formada por compósitos

E1 [GPa]	E2 [GPa]	Nu12	G12 [GPa]	G13 [GPa]	G23 [GPa]
39.0	8.60	0.28	3.80	3.80	2.50

Tabela 1 - de Propriedades Mecânicas do GF-Epoxy

3. Critério de falha de Hashin

Empregou-se o critério de Hashin, que considera mais de um componente de tensão para o cálculo de diferentes modos de falha tanto na matriz, quanto nas fibras dos constituintes. Os pontos nos quais houve violação desse critério foram excluídos, automaticamente, da simulação numérica. Com isso, gerou-se todas as possibilidades construtivas para a combinação de orientação das fibras e das espessuras. Essas soluções para a relação entre peso e deslocamento são mostradas na Figura 3.

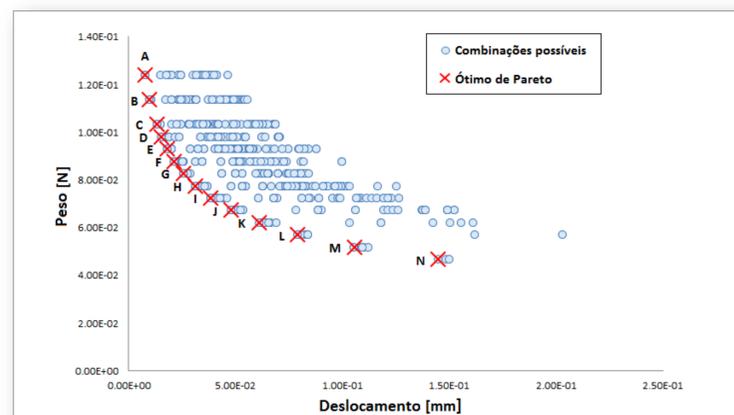


Figura 3 – Peso e deslocamentos dos possíveis combinações de orientação de fibra e de espessura considerando o critério de Hashin

4. Resultados

Com a utilização do SCE, foi possível observar a otimização da função deslocamento para 30 gerações com população inicial de 60 indivíduos para o menor deslocamento (Figuras 4 e 5) com orientações das fibras e espessuras na seguinte configuração: $[90^{2.0}, 90^{2.0}, 90^{2.0}]$, que resultou do processo iterativo do SCE convergindo para $U = 7.65E-3$.

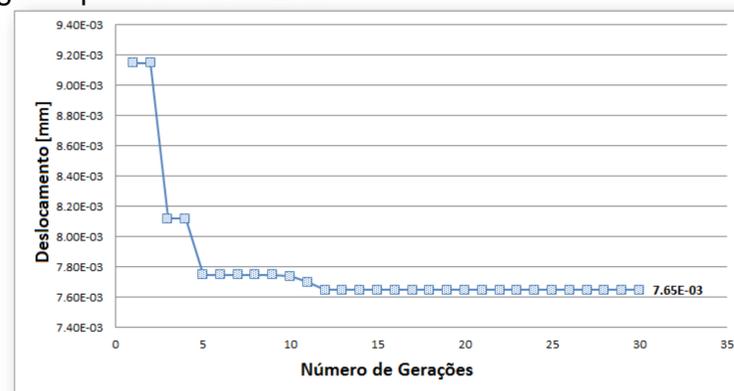


Figura 4 – Peso e deslocamentos dos possíveis combinações de orientação de fibra e de espessura considerando o critério de Hashin

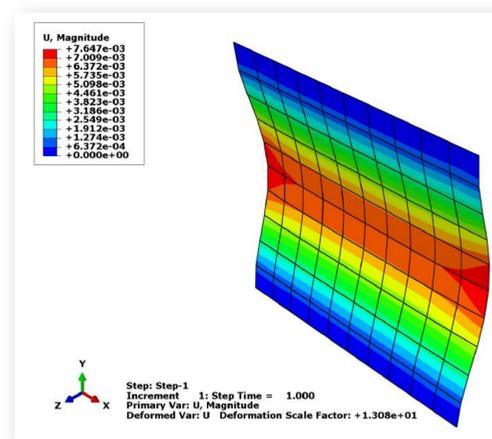


Figura 5 – Deslocamentos do compósito na configuração $[90^{2.0}, 90^{2.0}, 90^{2.0}]$

4. Conclusão

A otimização convergiu para um mínimo global (deslocamento) para a placa, mostrando-se uma excelente ferramenta para aplicação em compósitos laminares. Há, ainda, a possibilidade do emprego das técnicas supracitadas a outros parâmetros de resposta como a tensão máxima, deformação ou mesmo considerar outros critérios de falha, além de ampliar seu emprego em geometrias de maior complexidade como a de uma pá de turbina eólica.