

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA RESIDUAL À FLEXÃO DE ESTRUTURAS DE MATERIAL COMPÓSITO¹

Lucas Picoli Stein², 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 Bacharelado em Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PROBITI/UDESC

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

Materiais compósitos são caracterizados pela união de duas ou mais fases em proporção significativa, de tal modo que essa junção confere propriedades específicas, que tendem a apresentar desempenho estrutural diferente (em comparação com as fases isoladas). Estruturas deste tipo, compostas por matriz e fibra, vêm sendo amplamente utilizadas no setor aeronáutico, pois reduzem significativamente a massa de determinados elementos, favorecendo a autonomia e a capacidade do avião. O presente estudo visa verificar a resistência residual à flexão em estruturas de material compósito, particularmente amostras feitas a partir de fibra de carbono e resina epóxi, utilizando como base resultados experimentais (De Medeiros, 2016). Para isso, desenvolveu-se um modelo computacionalmente com o auxílio do software de elementos finitos ABAQUS[®], onde analisou-se a curva que relaciona a força com o deslocamento no centro da placa. Em seguida, analisou-se o modo de falha de cada estrutura pelo critério de Hashin, e comparou-se com os valores obtidos experimentalmente.

Inicialmente, realizou-se a revisão bibliográfica sobre os trabalhos relevantes na literatura. Em seguida, iniciou-se as análises das amostras P07 e P08, construídas com sequência de empilhamento [0]_s, ou seja, com 8 lâminas alinhadas ao longo da fibra. Devido à curvatura decorrente do processo de fabricação, foi necessário modelar tais estruturas no software Autodesk[®] Inventor[®]. Além disso, a fim de analisar a influência do empilhamento e do número de lâminas no comportamento mecânico da estrutura, simulou-se as amostras P13 e P14, caracterizadas por 12 lâminas distribuídas na forma [0/15/-15/0/15/-15]_s, onde os valores correspondem à orientação (em graus) de cada fibra, em relação ao eixo longitudinal. Por serem perfeitamente retos, estes espécimes foram modelados diretamente a partir do ABAQUS[®]. As dimensões longitudinais, transversais e espessura foram retiradas de De Medeiros (2016), ao passo em que todos os modelos foram simulados com as mesmas condições de contorno (que podem ser observadas na Figura 1), onde U1, U2 e U3 representam os deslocamentos nas direções x, y e z, e U4, U5 e U6 representam as rotações nessas coordenadas.

Para realizar as simulações, tornou-se necessário conhecer as propriedades da fibra de carbono laminada, que também foi extraída da tese de referência. A fim de construir o gráfico força versus deslocamento de cada estrutura (Figura 1), utilizou-se os módulos de elasticidade, módulos de elasticidade transversal e o coeficientes de Poisson nas três direções principais, sendo: $E_{11} = 127$ GPa, $E_{22} = E_{33} = 10$ GPa, $G_{12} = G_{13} = 5.44$ GPa, $G_{23} = 3.05$ GPa, $\nu_{12} = \nu_{13} = 0.34$ e $\nu_{23} = 0.306$. Para aplicar o critério de falha, extraiu-se os limites de resistência à tração e compressão ao longo da fibra e na direção transversal, além dos valores de resistência ao cisalhamento: $X_T = 1400$ MPa, $X_C = 930$ MPa, $Y_T = 47$ MPa, $Y_C = 130$ MPa, $S_{12} = S_{13} = 53$ MPa e $S_{23} = 89$ MPa.

Realizada a simulação, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1. Observa-se que a reação dos apoios nas amostras com empilhamento $[0/15/-15/0/15/-15]_s$ é muito superior às do tipo $[0]_s$, ao passo em que a falha da estrutura ocorre em deslocamentos menores. Também, através da análise pelo critério de Hashin, constatou-se que há modos diferentes de falha nas estruturas, sendo que os primeiros espécimes falham na fibra, enquanto para os últimos quem rege é a matriz. Por fim, notou-se diferença entre o comportamento das curvas experimentais e de simulação. Esse aspecto pode ser explicado pela limitação de linearidade do software, que proporciona inclinações diferentes das constatadas na realidade, além do critério de falha utilizado no modelo, que considera a falha na primeira lâmina.

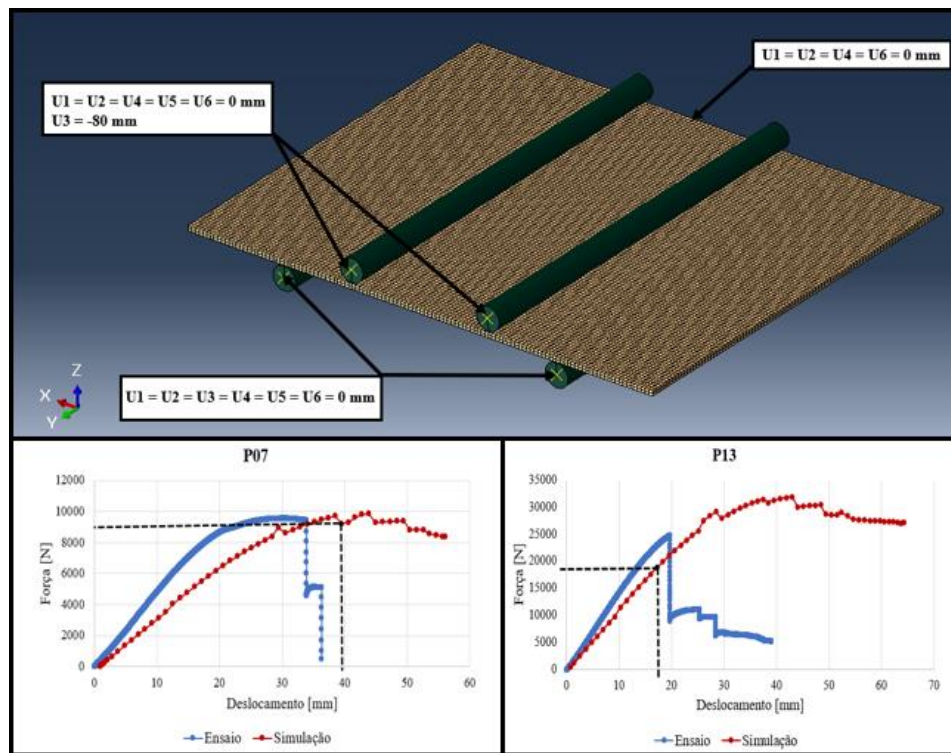


Figura 1. Modelo computacional e gráficos de força por deslocamento para as amostras P07 e P13.

Tabela 1. Resultados obtidos para placas de fibra de carbono e resina epóxi.

Amostra	Deslocamento na falha [mm]	Reação na falha [N]	Tipo de falha
P07	39,53482819	9195,404297	Fibra
P08	40,73181915	9384,406738	Fibra
P13	17,21310425	18729,37891	Matriz
P14	17,17797661	17927,52148	Matriz

Palavras-chave: Modelo computacional, CFRP material, Flexão 4 pontos.

Bibliografia

De Medeiros, R. Development of a criterion for predicting residual strength of composite structures damaged by impact loading. *Ph.D. Thesis*, São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, SP, Brazil, 2016.