

## RECONHECIMENTO DE PADRÕES APLICADO A DETECÇÃO DE DANO EM ESTRUTURAS DE MATERIAL COMPÓSITO<sup>1</sup>

Fabiano Sandri<sup>2</sup>, Ricardo de Medeiros<sup>3</sup>,

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

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica. – CCT – Bolsista PIBIC/CNPq.

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica. – CCT – ricardo.medeiros@udesc.br

Os materiais compósitos são uma forte tendência no mundo da engenharia, dois fatores que chamam atenção dos compósitos são econômicos e performance. Econômico, pois os materiais são mais leves que os metálicos, o que gera economia de combustível, e de performance por suas melhores características mecânicas. O seu caráter anisotrópico é o principal fator para a obtenção das propriedades mecânicas desejadas. Sendo os compósitos fontes de vários estudos dos mecanismos causadores de dano. Os compósitos são mais resistentes à dano que os metais, e envolvem mecanismos de dano complexos, como dano na matriz, descolamento de fibra e matriz, rompimento de fibra e delaminação. Mesmo após o dano ter sido iniciado, o compósito não falha imediatamente e o crescimento do dano constitui uma parte significativa da vida de falha.

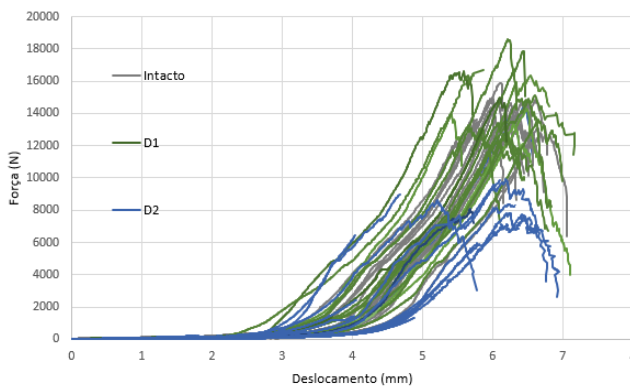
Diante do exposto, este trabalho busca desenvolver um método de identificação de dano em estruturas de material compósito via técnica de Correlação de Imagem Digital (DIC) e ensaio de tração. A principal vantagem de utilizar o DIC é o fato de se obter de maneira precisa o deslocamento e a deformação sem interferência e contato no corpo de prova, por meio de uma correlação probabilística, antes e depois, da deformação de acordo com a aleatoriedade das pequenas manchas dispostas nos corpos de prova. Esta técnica requer um sistema óptico para capturar as imagens da superfície do corpo de prova (CDP) antes e depois de sofrer os esforços. As imagens são então processadas, utilizando um algoritmo de correlação de imagem, onde é possível obter os campos de deformação e deslocamento.

Cinquenta e quatro corpos de prova (CDPs) de fibra de vidro e resina epóxi, com sequência de empilhamento  $[0^\circ]_8$ , foram fabricados pelo método *Vacuum assisted resin transfer molding* (VARTM), seguindo a norma ASTM D3039. Separou-se os corpos de prova em três grupos, um com todas as lâminas completas (intacto), um com corte em quatro lâminas centrais (D1), e outro com corte em seis lâminas nas partes centrais (D2). A máquina de tração utilizada é a da marca *Emic* modelo DL 10000 e, o sistema utilizado para captar as imagens é o *Dantec dynamics DIC Standard 3D Q-400 system*. A técnica DIC exige que a superfície analisada tenha um padrão de granulação aleatório e único. Isso foi realizado pintando os CDPs de branco, com pulverização de preto, de forma a criar um padrão contrastante, produzindo assim um padrão aleatório. A definição da região de interesse foi baseada em critérios ópticos e mecânicos. O critério óptico visa garantir que a imagem obtida do campo de deslocamento/deformação não esteja fora do limite da superfície analisada, e o critério mecânico baseado no Princípio de Saint-Venant.

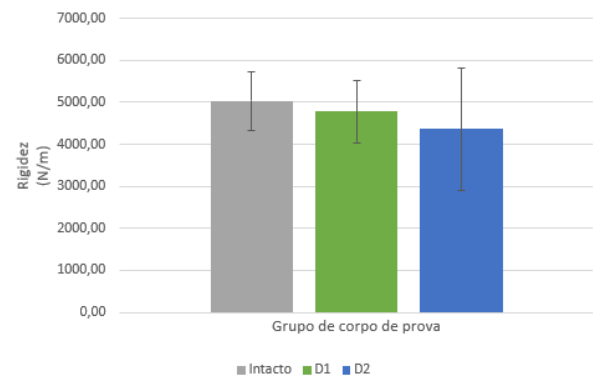
A partir dos dados de força extraídos da máquina de tração, e de descolamento do sistema DIC, foi determinado o gráfico força versus deslocamento, afim de se obter a rigidez da estrutura. Utilizou-se a média dos valores de rigidez para calcular o desvio padrão, e os valores de rigidez que se encontravam dispersos das médias dos respectivos grupos foram removidas.

A Figura 1 apresenta o gráfico força versus deslocamento para os três grupos de estrutura. Observa-se que para o grupo D2, em azul, ocorre o rompimento com uma menor força aplicada. Isto pode ser explicado devido à microfissuras que se propagam até que uma microfissura e, conseqüentemente, o rompimento da estrutura. O rompimento das fibras, devido à carregamentos de tração, dependem do nível de adesão entre fibras e matrizes, da composição química e da temperatura do meio. De maneira geral, a ruptura de uma matriz ocorre próximo de uma fibra rompida, ou acontece nas proximidades de um vazio criado, durante o processo de moldagem, por uma bolha de ar, que são regiões concentradoras de tensão e sobrecarregam o volume de resina mais próximo, ocasionando o rompimento.

A Figura 2 apresenta as médias das rigidezes, levando em conta o desvio padrão das análises. O valor médio de rigidez estrutural para o grupo intacto foi de 5032,51 N/m, para o grupo D1 foi de 4781,01 N/m e para o grupo D2 foi 4359,96 N/m. Mostrando uma queda de rigidez com o aumento de dano nas estruturas dos corpos de prova ensaiados. Pode-se observar que o grupo D2 apresentou o maior desvio padrão, assim como a menor rigidez entre os grupos ensaiados no trabalho. Além disso, é possível observar que o dano causado pelo corte nas lâminas nas camadas centrais, diminuiu a força máxima aplicada aos corpos de prova, e, portanto, ocasionou uma diminuição da rigidez estrutural.



**Figura 1.** Curvas experimentais para os ensaios de tração considerando as configurações intactas (Cinza), D1 (Verde) e D2 (Azul).



**Figura 2.** Rigidez versus Grupo de corpos de prova utilizados no desenvolvimento do trabalho

Por fim, neste trabalho buscou-se desenvolver uma metodologia para avaliação de estruturas de material compósito, para isso, foram utilizadas informações experimentais obtidas a partir da técnica de correlação de imagem digital e ensaio de tração, visando a eficiência na identificação de danos em estruturas baseada no reconhecimento de padrões. A técnica foi utilizada para obter o campo de deslocamentos de regiões específicas da estrutura para obtenção da rigidez. A técnica mostrou com boa acurácia, uma vez que com o aumento do dano estrutural dos corpos de prova, ocasionou uma diminuição na força máxima aplicada, e conseqüente redução na rigidez.

**Palavras-chave:** Material Compósito. Dano. Correlação de Imagem Digital.