APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE CORRELAÇÃO DE IMAGEM NA DETECÇÃO DE DANO EM ESTRUTURAS DE MATERIAL COMPÓSITO

Gustavo Rafael Bernardes[1], Ricardo de Medeiros[2]

[1] Acadêmico(a) do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica - CCT - bolsista PIBIC/CNPq.
[2] Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica - CCT - ricardo.medeiros@udesc.br.

Palavras-chave: Detecção de dano, Compósito, Alumínio, DIC, Tração.

Este trabalho busca desenvolver uma metodologia baseada em reconhecimento de padrões para detecção de dano em estruturas, por meio do ensaio de tração e com o auxílio da correlação de imagem digital (DIC). Para isso, foram analisados dois tipos de materiais, o alumínio e compósito de fibra de vidro e matriz de resina epóxi. Com isso, foi possível analisar o efeito da plasticidade no alumínio e da delaminação no compósito. Ainda, verificou-se as propriedades dos materiais com os dados da literatura, para efeitos de identificação e comparação com os resultados desenvolvidos nesta pesquisa.

Foram testados 10 corpos de prova (CDPs) de alumínio e 20 CDPs de material compósito. Utilizou-se uma máquina de tração universal EMIC DL 10000 e o sistema de correlação de imagem da Dantec Q-400 DIC. A correlação de imagem digital (DIC) utiliza a pintura para definir padrões estocásticos que serão analisados pelo software através da sucessão de frames (fotos). O deslocamento determinado *grid*, que é a área que define determinado padrão em relação a outro, é sintetizado pelo software e transformado em dados de deformação. A pintura foi realizada na superfície de cada CDP com uma tinta branca e a tinta preta pulverizada por cima, a fim de criar os padrões estocásticos a serem analisados pelo software. Nos corpos de prova de compósito, foram introduzidas lâminas de teflon, com o objetivo de promover a delaminação dos corpos de prova. Foram analisados 3 tamanhos de dano, 5mm, 10mm e 19mm. O aparato experimental é mostrado na Fig. 1(a).

Inicialmente, foi realizado os testes para os CDPs de alumínio. Observa-se na Fig. 1(b) a posição do dano no momento da ruptura do material. A deformação no ponto de estricção é três vezes maior (análise feita pelos dados do DIC) que nos demais pontos do corpo de prova. Este aumento na deformação se deve ao fato de que a rigidez do corpo de prova fora da estricção é maior que no ponto de estricção, devido a diminuição na área transversal. Os CDPs de alumínio testados resultaram em um módulo de elasticidade médio de 47,36GPa, sendo que o erro percentual entre o módulo de elasticidade médio e o valor do módulo obtido em cada corpo de prova girou em torno de 6%, que podem ser observados na Fig. 2(a). Porém, quando comparado com valores da literatura, em torno de 70GPa para alumínio, o valor do módulo de elasticidade obtido experimentalmente possui um erro de aproximadamente 37%. Portanto, devido a boa repetibilidade dos resultados e incoerência do resultado experimental com o teórico, pode-se concluir que o alumínio possui microestrutura ou componentes diferentes do alumínio puro.

Em seguida, foi realizado o teste com os 20 corpos de prova de material compósito. Os corpos de prova têm 12 camadas com sequência de empilhamento $[0]_{12}$. Diferentes padrões de danos foram gerados para avaliar o desempenho da metodologia. O objetivo era estimar a influência do dano de delaminação, introduzido através de uma membrana de teflon entre as lâminas do laminado. O dano foi analisado através do módulo de elasticidade dos corpos de prova, onde verificou-se a influência do tamanho de dano ou presença do mesmo na resposta da

estrutura. A presença de *tabs* é essencial para respeitar o Princípio de Saint-Venant, onde diz que deve-se desconsiderar as tensões próximas à aplicação de força, devido a não uniformidade das tensões, pois os *tabs* auxiliam na resistência do corpo de prova ao carregamento imposto pelas sistema de fixação da máquina de tração e na uniformização das tensões do material. Destaca-se que as propriedades determinadas neste estudo são referentes a direção do carregamento aplicado, paralelo as fibras. Conclui-se, através da Fig. 2(b), que os corpos de prova que não apresentaram uma variação nos resultados com e sem danos, ou seja, resultaram em módulos de elasticidade semelhantes entre si. O efeito de delaminação no laminado acarreta no deslizamento livre dos planos, não havendo efeito do cisalhamento impedindo o deslocamento, o que afeta a rigidez do material. Apesar dos bons resultados quanto à reprodução do ensaio, não se percebeu o efeito dos danos de delaminação nos resultados obtidos, já que a média dos módulos de elasticidade pelo método da tangente foram: 22,20 GPa para os corpos de prova sem dano; 23,21 GPa para os corpos de prova com 5mm; 21,74 GPa para os corpos de prova com dano 10mm e 23,04 GPa para os corpos de prova com 19mm. Comparando os valores com a literatura produzida por Voltz (2019), o laminado utilizado possui módulo de elasticidade de 30 GPa. Os dados obtidos são coerentes com a teoria, pois no ensaio de tração realizado, não deve haver o cisalhamento entre planos, pois não há deslocamento relativo entre os planos.

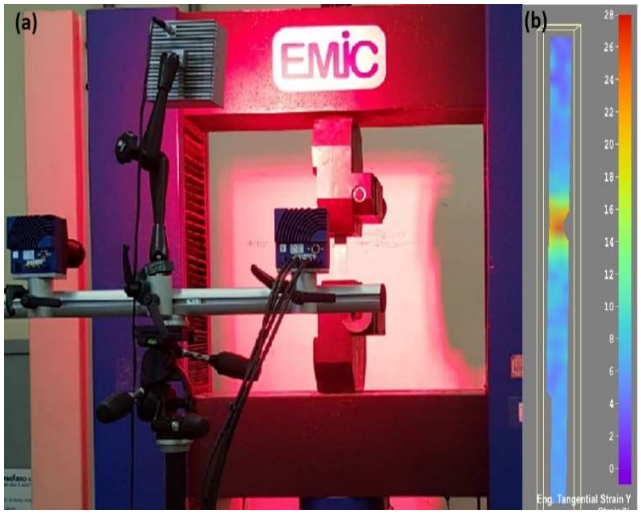

Fig.1 *(a) Setup experimental e (b) Deformação DIC.*

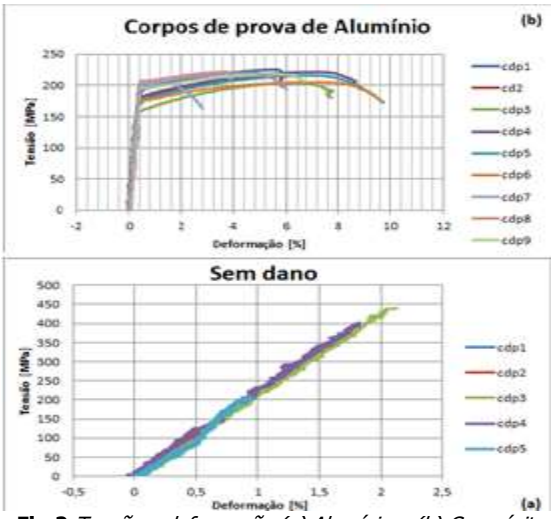

Fig.2 *Tensão x deformação (a) Alumínio e (b) Compósito.*

Assim, este trabalho apresentou um estudo preliminar para o uso de sistemas de identificações de padrões, devido ao seu potencial de redução de custos no meio industrial, visando a eficiência na identificação de danos em estruturas baseada no reconhecimento de padrões. O DIC se mostrou uma ferramenta poderosa para análise de falha do material, tendo observado o local da estricção e os dados de deformação pontuais.

VOLTZ, Luísa Rosenstock. Fault diagnosis in composite structures using artificial neural network and principal component analysis. 2019. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - UDESC-CCT. Joinville, 2019.