

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS LAMINADOS

Suellen Cristina dos Reis¹, Prof.º Dr.º William Naville²

¹ Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

² Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

suellenc.reis@hotmail.com; wnaville@fei.edu.br

Resumo: O projeto estrutural do compósito é baseado em análises para prever o comportamento que o conjunto fibra e matriz apresentará ao se tornar parte do material compósito. Para tais análises, se faz necessário a obtenção das constantes de engenharia, logo, o presente projeto objetiva a interação entre metodologia experimental e validação dos dados utilizando software de simulação computacional para materiais compósitos.

1. Introdução

Após décadas de uso restrito em alguns setores devido ao seu custo de obtenção, os materiais compósitos poliméricos estruturais, também denominados avançados, têm ampliado a sua utilização em diferentes áreas da indústria moderna, com um crescimento de uso de 12% ao ano. Neste contexto, o Brasil tem ampliado a sua experiência de inovação na aplicação dos compósitos estruturais, principalmente no setor aeronáutico, utilizando este tipo de material em componentes externos e internos de aviões e helicópteros e, em menor escala, na estrutura de foguetes [1]. Hoje, cerca de 50% do peso estrutural de modelos aeronáuticos como o Boeing 787 e o Airbus A350 XWB são feitos com compósitos poliméricos estruturais à base de fibras de carbono e vidro [2].

Um exemplo válido a ser citado é a substituição do alumínio por compósitos estruturais, que permitiu a redução em 25% do peso, além de reduzir a mesma porcentagem no custo final das peças [1]. Entre as vantagens dos materiais laminados sobre os metais convencionais, estão a elevada razão rigidez/peso e resistência/peso, que, aliados à fácil conformabilidade e durabilidade, apresentam propriedades físicas significativamente diferentes e, quando combinados resultam em propriedades globais de elevada resistência e rigidez [2].

Para o efetivo uso desses materiais, este projeto apresenta um estudo relacionado aos ensaios de caracterização mecânica, seguindo normas técnicas com o objetivo de compor um roteiro de ensaios para trabalho que sejam capazes de definir propriedades com elevada precisão, onde serão utilizadas como dados de entrada para o software de simulação estrutural, visando interação entre metodologia experimental e modelagem computacional.

2. Análise por elementos finitos

A análise de elementos finitos é um método para resolver equações diferenciais, que consiste em

discretizar o sistema sob análise em vários elementos, estes, possuem nós que se deslocam e respondem individualmente a solicitações externas.

A análise de elementos finitos possui vasta aplicação na engenharia, como por exemplo, problemas acústicos, térmicos, eletromagnéticos e estruturais. Obtém-se resultados de tensão, deformação e deslocamento de uma estrutura, equipamento ou produto sob análise. Através do método, é possível identificar a durabilidade do componente, pontos de concentração de tensão, o comportamento da estrutura diante de carregamentos e otimização do projeto antes mesmo da sua confecção [3]. No entanto, o número de trabalhos envolvendo materiais compósitos utilizando o método dos elementos finitos ainda é relativamente restrito [4]. O software computacional Abaqus[®] de simulação estrutural será utilizado para discretizar e solucionar equações matemáticas executando análises estáticas de tensões e deformações de ensaios mecânicos de flexão em 3 e 4 pontos, tração, compressão e cisalhamento conforme configurações determinadas pelas normas ASTM para obtenção das constantes de engenharia E_1 , E_2 , ν_{12} , G_{12} , G_{13} e G_{23} , sendo estas suficientes ao se considerar o material compósito como lâminas homogêneas e ortotrópicas.

3. Metodologia experimental

A metodologia experimental teve início com a interpretação das Normas técnicas para os ensaios de flexão em 3 e 4 pontos, tração, compressão e cisalhamento, sendo que houve adaptações necessárias para o maquinário de ensaio mecânico como a confecção de dispositivos para os ensaios de flexão e do gabarito para os corpos de prova (cps), conforme podem ser observados nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

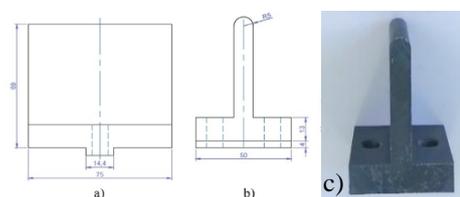


Figura 1 - Dispositivo superior para ensaio de Flexão em 3 pontos em AÇO SAE 1020. Vistas a). Lateral e b). Frontal do projeto e c) dispositivo após confecção.

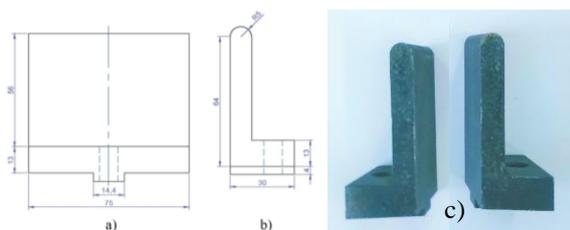


Figura 2 – Dispositivos inferiores para ensaio de Flexão em 3 e 4 pontos em AÇO SAE 1020. Vistas a). Lateral e b). Frontal do projeto e c) dispositivos após confecção.

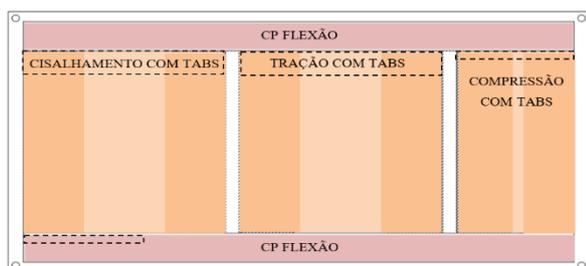


Figura 3 – Projeto do gabarito para obtenção dos cps.

O gabarito para obtenção dos corpos de prova pode ser observado na Figura 4. Cada gabarito representa metade da placa para obtenção dos corpos de prova e possui 2 mm de profundidade para os tabs, retornando para o corpo de prova final tabs com 6 mm de espessura e cps com 4 mm de espessura. A norma usualmente indica para compósitos reforçados com fibras, que se utilize tabs de alumínio, no entanto, o autor Guimarães obteve sucesso em sua pesquisa ao processar seus tabs com o mesmo material e junto aos corpos de prova, logo, é esperado que o material compósito adicionado para os tabs resulte em distribuir uniformemente as tensões aplicadas.



Figura 4 - Gabarito para obtenção dos cps

3.1 Moldagem por transferência de matriz polimérica e vácuo (RTM *light*)

O RTM *light* (*resin transfer molding*) foi testado e a metodologia utilizou vácuo para fechamento dos moldes e sucção do excesso de resina. Seu princípio básico de funcionamento ocorreu pela injeção sob baixa pressão da resina pré-acelerada e do iniciador de cura na cavidade entre os gabaritos de PVC. As lâminas de fibra de carbono ficaram delimitadas pelos gabaritos que funcionaram como moldes tipo macho-fêmea.

3.2 Modelamento por Elementos finitos

O processo de análise por elementos finitos foi dividido em três etapas: pré-processamento, solução e pós-processamento, permitindo que a simulação fique pronta aguardando o *input* dos dados obtidos com a caracterização mecânica.

Após o modelamento geométrico, discretização, geração da malha e nós, alimenta-se o programa com as constantes de engenharia necessárias para análise. Por meio do cotejamento entre os resultados dos ensaios e as simulações seria feita a validação. A figura 5 ilustra o pré-processamento da simulação do ensaio de tração uniaxial, uma simulação com as entradas e critérios de falha corretos levaria a um comportamento idêntico ao ensaio de tração. Em simulações futuras, variações da quantidade de camadas de fibra e orientações serviriam como base de desenvolvimento, evitando o ensaio experimental em uma primeira etapa.

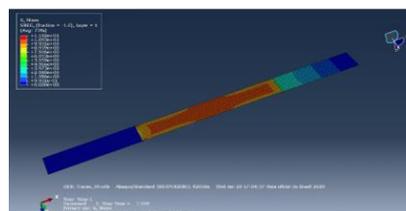


Figura 5 – Pré-processamento da simulação em tração uniaxial.

4. Conclusões

Utilizando o método RTM *light* não houve transferência total da resina para a placa, ocorrendo cura parcial da resina antes do término do processo. Devido a isso, a elaboração dos corpos de prova não foi concluída para os ensaios mecânicos e levantamento das propriedades. Soluções como o uso de resinas com maior tempo de cura ou alterar o processo para aumentar o fluxo de resina estavam sendo avaliados, no entanto, devido ao atual cenário sem acesso aos laboratórios por causada a pandemia, avalia-se o término do projeto com dados da literatura.

5. Referências

- [1] REZENDE, M. et al. **Compósitos estruturais: tecnologia e prática**. São Paulo, SP: Artliber, 2011.
- [2] ALBAZZAN, M. A. et al. **Efficient design optimization of nonconventional laminated composites using lamination parameters: A state of the art**. University of Columbia, EUA. 2019.
- [3] SYSTEMES. Simulia dassault, Assistance, 2018.
- [4] MARINUCCI, G. **Materiais Compósitos poliméricos - Fundamentos e tecnologia**. São Paulo: Artliber Editora, 2019.
- [5] GUIMARÃES, F. **A Avaliação das propriedades mecânicas de um compósito híbrido de matriz termoplástica PPS reforçado com fibras de carbono contínuas e descontínuas**. Univ. paulista. 2018.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI, PBIC085/19. Projeto com vigência de 08/19 a 09/20.