

## **DESENVOLVIMENTO DE UNIDADE INSTRUMENTADA DE SHEAROGRAFIA PARA INSPEÇÃO DE FUNDOS DE TANQUES REVESTIDOS COM MATERIAIS COMPÓSITOS**

Daniel Günther Gonçalves<sup>1</sup>, Mauro Eduardo Benedet<sup>2</sup>, Analucia Vieira Fantin<sup>2</sup>, Armando Albertazzi<sup>3</sup>,  
Daniel Pedro Willemann<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Pesca, CERES/UDESC - bolsista PROBITI/UDESC

<sup>2</sup> Pesquisador Participante do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC

<sup>3</sup> Professor do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

<sup>4</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Pesca, CERES/UDESC - daniel.willemann@udesc.br

Palavras-chave: Inspeções não-destrutivas, *shearografia* em compósitos, Inspeção de grandes áreas.

Materiais compósitos possuem como vantagens, em relação aos metais, a alta relação resistência-peso, a possibilidade de manipulação dos valores de resistência mecânica, a resistência à corrosão e, principalmente, a facilidade de aplicação em campo, que é responsável pelo crescimento da utilização dos materiais compósitos como reparos e revestimentos de estruturas metálicas na indústria do petróleo. Tubulações metálicas e fundos de tanques para armazenamento de petróleo são exemplos de estruturas sujeitas à corrosão, nas quais os revestimentos compósitos podem ser aplicados a fim de prolongar sua vida útil. Porém, os materiais compósitos, geralmente quando aplicados em campo, estão sujeitos à ocorrência de defeitos internos que tendem a reduzir a resistência mecânica. Entre os defeitos mais comuns, estão as delaminações que ocorrem entre camadas do próprio compósito e também os descolamentos entre o material compósito e a superfície metálica onde foi aplicado. Assim sendo, devido à importância das estruturas onde os materiais compósitos estão presentes, as atividades de inspeção são imprescindíveis para a garantia dos níveis adequados de segurança operacional e ambiental.

Ensaio não destrutivo (END) são definidos como métodos usados para testar uma parte do material ou sistema sem impactar a sua futura utilização. Atualmente, diferentes técnicas não destrutivas de inspeção podem ser utilizadas em compósitos, como por exemplo, ultrassom, tomografia, radiografia, termografia e a *shearografia*. Certamente, cada uma dessas técnicas tem suas vantagens e desvantagens.

A *shearografia*, referida na literatura internacional como *shearography*, é uma técnica interferométrica que utiliza a luz de um laser para medir deformações micrométricas ocorridas na superfície da estrutura investigada. Através de um software específico, esta técnica possibilita a detecção de falhas internas no material, por meio da comparação de imagens da superfície iluminada pelo laser antes e depois da aplicação de um carregamento (térmico, vibracional, vácuo, etc.). Sua aplicação como técnica de inspeção não destrutiva reside no fato de que as irregularidades nos padrões de franjas identificam a presença de defeitos no material.

Os principais benefícios da *shearografia* são a inspeção sem contato e em campo-completo, pois o processo é realizado por áreas e não ponto-a-ponto. No entanto, dependendo das dimensões da estrutura a ser analisada, como por exemplo, em um fundo de tanque com mais de 50 metros de diâmetro, muitas imagens podem ser necessárias para sua completa inspeção. Neste

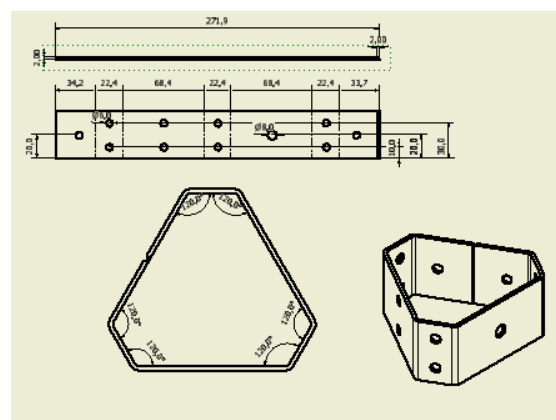
caso, o procedimento de inspeção é repetido várias vezes a fim de se obter o mapa de defeitos de toda a estrutura investigada. Desta forma, soluções para reduzir o tempo de inspeção por conta das repetições do procedimento são extremamente importantes para o melhor rendimento da técnica de *shearografia* em campo.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de uma unidade instrumentada de *shearografia* para inspeção de fundos de tanques revestidos com compósito. Da revisão bibliográfica inicial, acerca dos principais fabricantes de sistemas de inspeção por *shearografia* disponíveis no mercado, destacam-se: a *Dantec Dynamics* que possui um sistema onde os componentes estão situados em uma unidade compacta com uma janela de vácuo, a *Isi-Sys* que produz sistemas de *shearografia* com carregamento vibracional (*piezoshackers*), a *Steinbichler* possui uma linha de sistemas voltados para inspeção de pneus recauchutados e a *Laser Technology Inc.* que possui uma série de equipamentos de *shearografia* e utiliza grandes câmaras de vácuo nas inspeções.

Com base nos requisitos de projeto, desenvolveu-se uma estrutura leve (com massa abaixo de 15 kg) e de fácil transporte e montagem/desmontagem. A estrutura principal foi projetada com perfis de alumínio de seção quadrada com 20 mm de lado. Chapas de aço dobradas de 2 mm de espessura foram adicionadas à estrutura principal a fim de fixar os módulos de aquisição de imagens e de iluminação na parte central, além do módulo de controle e potência e um computador portátil na lateral. O módulo de carregamento utiliza lâmpadas halógenas. A unidade instrumentada, representada na Figura 1, foi desenvolvida com base no equipamento já existente do LABMETRO/UFSC e é capaz de acomodar todos os módulos do sistema de inspeção com *shearografia*. Na nova estrutura, o módulo de aquisição de imagens foi posicionado a 1 metro de altura, o que possibilita a análise de aproximadamente 2,5 m<sup>2</sup> a cada inspeção. Foram utilizadas três rodas omnidirecionais para movimentação manual da estrutura no plano horizontal. A estrutura será pintada com tinta epóxi a fim de evitar a oxidação das chapas de aço e dar melhor acabamento aos componentes de alumínio. O modelamento e o detalhamento mecânico da estrutura da unidade instrumentada foram feitos com auxílio de software CAD. Os desenhos técnicos para a fabricação das peças foram executados conforme exemplo mostrado na Figura 2. Testes práticos da estrutura devem ser executados após a sua fabricação para verificação da rigidez estrutural e sua eficiência em campo.



**Fig. 1** Unidade Instrumentada



**Fig. 2** Exemplo de desenho mecânico para a fabricação