



ESTUDO DA COMPRESSÃO EM TRAMAS DE ARAMIDA APLICADAS EM CABOS UMBILICAIS DE PLATAFORMA DE PETRÓLEO

Gonzalo Hernan Esquitino¹, Marcello Schver Giusti¹, Mathias Wirts Braga¹,
Natália Cirino de Almeida Merlo¹, Susana Marraccini Giampietri Lebrão²,
Viviane Tavares de Moraes^{2*} e Guilherme Wolf Lebrão²

1 – Graduando, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

2- Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. Praça Mauá, n1 – São Caetano do Sul – SP, CEP 09580-900

Autor viviane.moraes@maua.br

RESUMO

Os cabos umbilicais de plataformas de petróleo são um conjunto de mangueiras e cabos eletro-hidráulicos responsáveis por fazer a ligação de energia, dados, fluidos, produtos químicos e monitorar parâmetros operacionais. Como ficam submersos no mar estão suscetíveis a compressão. Assim o objetivo deste trabalho é analisar o impacto de diferentes tramas quando submetidas a esforços de compressão, de forma a encontrar soluções para falhas em cabos umbilicais no momento da instalação dos mesmos em plataformas de petróleo. Foram confeccionados diversos corpos de prova com diferentes tipos de tramas e foram submetidos a esforços de compressão por meio de uma prensa hidráulica, se fez uso de análise microscópica para entender o comportamento das fibras de aramida. Foi possível constatar que a utilização de tramas tridimensionais apresentou melhores resultados nas condições estudadas quando comparadas a tramas planas. O principal motivo para a melhor performance é a maior capacidade de tramas tridimensionais em dissiparem tensões no espaço e sua maior mobilidade estrutural.

Palavras-chave: *Aramida; Cabo Umbilical; Plataforma de Petróleo.*

INTRODUÇÃO

Os cabos umbilicais são conjunto de mangueiras e cabos eletro-hidráulicos responsáveis pela interface da plataforma de petróleo e o local de operação. Essas mangueiras e cabos são responsáveis pela ligação de energia, dados, fluidos, produtos químicos e monitoramento dos parâmetros operacionais ⁽¹⁾.

Além disso os cabos ficam expostos a condições de compressão, movimentação de ondas, corrosão devido a salinidade da água do mar; e servem de proteção dos componentes a pressão e a penetração de água.

Assim a aramida (poliamida aromática), utilizada como reforço estrutural nesses cabos, possui os requisitos necessários para garantir o desempenho mecânico e químico que a sua aplicação exige.

A aramida é um polímero sintético, cerca de 95% mais leves e com desempenho mecânico equivalente ao aço, não corrói, suportam a elevadas temperaturas e quando feita a trança dos fios de 1 a 250 mm a sua resistência à tração chega até 1.500 MPa. São propriedades significativas para compor os cabos umbilicais, contudo o material deve suportar a compressão que são expostos na plataforma de petróleo ^(1, 2).

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em duas etapas, onde inicialmente foi realizada a análise do modo de falha e a análise de diferentes tramas na compressão transversal.

1ª Etapa: Preparação dos corpos de prova com tramas de aramida. A aramida Kevlar 29 foi fornecida pela Dupont, para este trabalho.

Para análise do modo de falha das fibras de aramida submetidas aos testes de esmagamento, foram feitos diversos corpos de prova a partir do revestimento com aramida de mangueiras de poliuretano, de 8 mm de diâmetro externo, 3 mm de diâmetro interno e 300 mm de comprimento.

Com uma máquina trançadeira, foram alocados 16 carreteis, esta máquina permite diversas configurações de tramas, conforme mostrado na Figura 1. Desta forma foram fabricados corpos de prova 1x1 para avaliar os esforços de compressão.

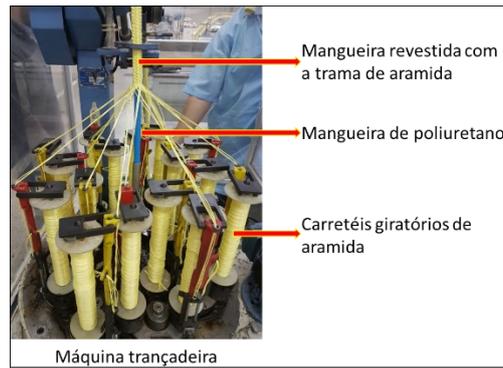


Figura 1. Máquina trançadeira.

A trançadeira pode ser detalhada em quatro partes distintas que trabalham em conjunto para trançar os fios. Na parte inferior são alocados os carretéis giratórios que são responsáveis pelo o processo de trança e definição do tipo de trama.

Uma vez que os 16 carreteis foram bobinados com fios de aramida, foi posicionada a mangueira no centro da máquina, guiada pela alimentação de orifício compatível ao diâmetro externo da mangueira, onde a mangueira se deslocava por dentro do orifício movimentando-se de baixo para cima. O processo de trançar basicamente era composto de movimentos rotativos e radiais de cada carretel, criando assim a trama, enquanto a mangueira era puxada para a extremidade superior. Este movimento combinado entre a mangueira e os carreteis são responsáveis pela formação da trama sobre a superfície da mangueira.

Após feito o processo de trançar a mangueira, corpos de prova de cerca de 20cm foram cortados com suas extremidades sendo seguras utilizando fita adesiva, e foram separados para a realização de ensaios de esmagamento na prensa hidráulica.

2ª Etapa: Análise de diferentes tramas na compressão transversal.

Na prensa hidráulica foi aplicada uma força de 3.923Mpa por 120 segundos, em cada um dos corpos de prova.

Considerando o dimensional dos corpos de prova segundo a norma ABNT D695, para a realização dos testes de compressão, adotou-se como parâmetro para

o ensaio, corpos de prova com o comprimento superior a duas vezes o seu diâmetro, evitando assim a flambagem do corpo de prova.

O ensaio de compressão foi realizado buscando-se submeter os corpos de prova à máxima força de compressão da prensa hidráulica. Todos os corpos de prova foram posicionados na parte central da prensa hidráulica, garantindo que todo o comprimento dos corpos seja submetido à compressão, à uma força de 3.923Mpa por 120 segundos

Os padrões de tramas são apresentados na Figura 2.

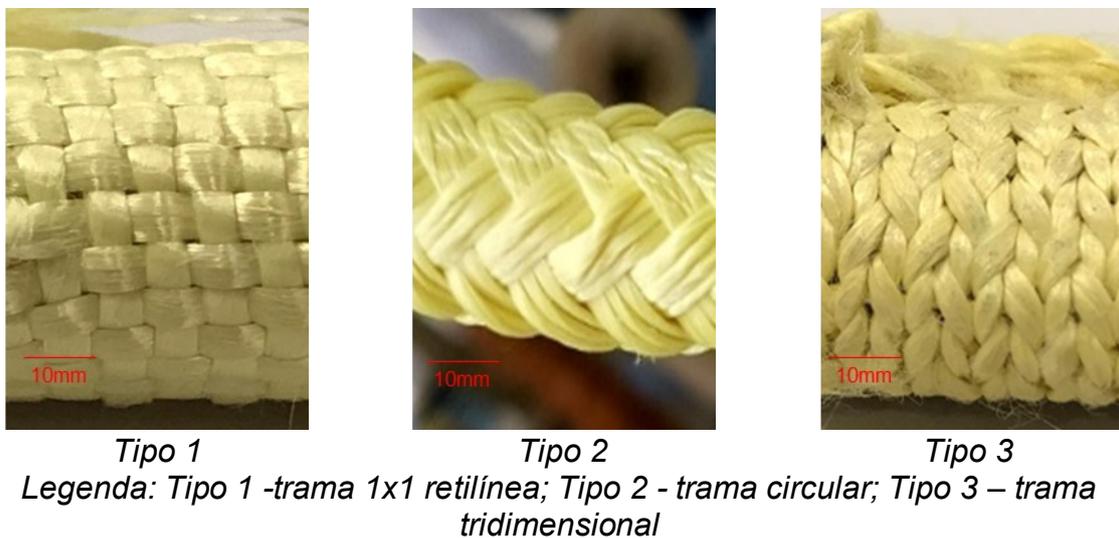


Figura 2. Tipos de trama.

Três tipos de trama foram submetidas ao mesmo ensaio de compressão:

- 1- A trama tipo 1 de Aramida 3K, feita em tear mecânico com gramatura 180 g/m².
- 2- A trama tipo 2 de Aramida 3K, feita por trançadeira mecânica sobre tubo de 8mm de diâmetro externo.
- 3- A trama tipo 3 feita por tricoteira plana, manual com 16 dentes e 15 cm de comprimento.

A Avaliação do rompimento das fibras foi feita macroscopicamente e através de microscopia eletrônica de varredura, com detector de elétrons secundários, no baixo vácuo, sem metalização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi considerado a carga máxima do equipamento para executar o ensaio de compressão dos corpos de prova, assim adotou-se o valor de 40 toneladas como a carga e através da equação 1 foi possível determinar a pressão exercida nos corpos de prova.

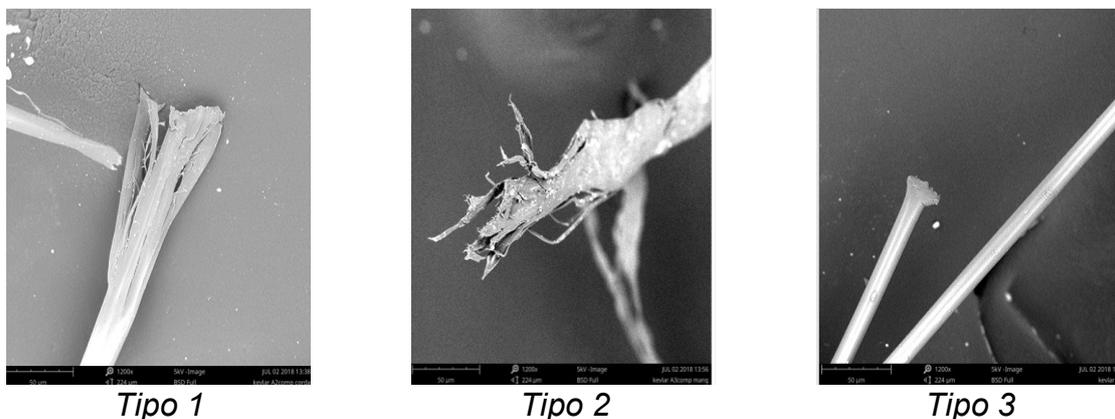
Como a mangueira possui cerca de 1,5 cm de diâmetro com 15 cm de comprimento, determinou-se a área dos corpos de prova como sendo 22,5 cm².

$$\text{Pressão} = \text{Força} / \text{Área} \quad (1)$$

Assim a pressão exercida nos corpos de prova foi de aproximadamente 174 MPa, pressão e a pressão estimada adotando-se que o cabo umbilical seria instalado em uma profundidade máxima (3.000 metros) a pressão exercida sobre eles é de cerca de 300 atmosferas, ou 30 MPa

Assim a pressão aplicada ultrapassa 5,7 vezes a pressão do mar, onde os cabos umbilicais estariam submetidos, sendo assim um fator de segurança confiável.

A análise de falha do corpo de prova rompido foi apresentada na Figura 3.



Legenda: Tipo 1 -trama 1x1 retilínea; Tipo 2 - trama circular; Tipo 3 – trama tridimensional

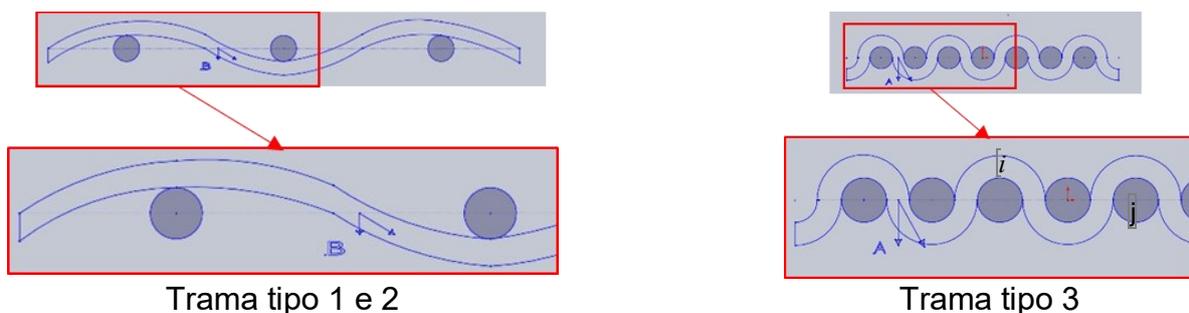
Figura 3. Análise da falha por microscopia eletrônica de varredura.

Pode-se observar que na Figura 3, tipo 1, ocorre o cisalhamento da fibras após ensaio de compressão; já na imagem tipo 2 ocorre o fibrilamento das fibras; na imagem tipo 3 não apresentou rompimento após compressão, a amostra analisada se trata de um corte feito com tesoura na fibra após ensaio de compressão para avaliar

a sua integridade, desta forma não se nota fibrilamento ou cisalhamento da fibra pelo processo de compressão, somente o corte intencional para análise da fibra.

Pode-se verificar que a compressão causa um rompimento nas fibras de aramida, evidenciado pelo efeito de fibrilamento dos fios, percebido com a utilização do microscópio eletrônico de varredura pela separação dos fios no ponto de rompimento. Após a identificação do tipo de rompimento da fibra, foi analisada a influência de diferentes tipos de trama no esmagamento, podendo-se concluir que a trama tridimensional (Tipo 3) conseguem distribuir os esforços de uma forma mais eficiente do que as tramas convencionais 1x1, acomodando melhor a deformação e evitando o rompimento das fibras.

Neste caso foi chamada de fibra tridimensional aquela tricotada, pois conforme a representação esquemática da Figura 4, a componente vertical(ou seja perpendicular ao plano do tecido – esquema A), derivada do ponto mais apertado e com raio menor do fio da trama, faz oposição a força de compressão, aumentando a resistência do tecido, não permitindo que ele se rompa. A Figura 4 representa um corte transversal, de forma esquemática, da fibra do Tipo 1, 2 e 3. Considerando a tensão aplicada na fibra representada pelo vetor i e j , pode-se perceber que sua decomposição no plano perpendicular ao plano de compressão é maior quando o ponto é mais apertado, conferindo a esta trama uma maior resistência à compressão.



Trama tipo 1 e 2
Trama tipo 3
Figura 4 Esquema de corte transversal das tramas

Além dos benefícios estruturais de se utilizar uma trama tridimensional, que apresenta um módulo de resistência a falha maior ^(2,3), utilizar este tipo de trama reduz muito o custo da matéria prima, visto que é utilizado menos material para se fazer uma trama tridimensional, cerca de 30% à 50%, quando comparado à uma trama 1x1 convencional, visto que existe muito mais espaços vazios entre os laços da trama. Este tipo de estrutura, por apresentar uma boa relação entre o peso e a resistência, é

muito utilizado em aplicações de engenharia aeroespacial, como mísseis, foguetes e satélites, podendo-se afirmar que a utilização destas tramas em cabos umbilicais seria mais eficiente do que as tradicionais tramas já utilizadas ⁽³⁾.

Pela característica da malha tridimensional, as forças aplicadas no sentido ortogonal da estrutura se dissipam longitudinalmente, enquanto o plano no sentido do fio é responsável por estabilizar a estrutura, absorvendo também os impactos da compressão, o que faz a trama tridimensional ser mais eficiente do que as tramas planas 1x1 ou a traçada, como foi evidenciado pelos testes realizados ⁽⁴⁾.

Por apresentarem também uma baixa rigidez de cisalhamento, as tramas tridimensionais possuem uma boa formabilidade, ou seja, conseguem envolver as estruturas onde são dispostas, sendo uma vantagem para utilizar em estruturas flexíveis como as mangueiras utilizadas nos cabos umbilicais ⁽⁵⁾.

Quanto ao processo de fabricação das tramas tridimensionais, fios da aramida possuem uma vantagem quando comparadas com as fibras de vidro e de carbono ⁽⁴⁾, a resistência mecânica dos filamentos de aramida permitem ângulos mais fechados e resistem melhor aos esforços de máquinas de tricotagem que as outras fibras, sendo mais fácil de se utilizar, visto que as falhas no processo são bem menores devido à resistência ao cisalhamento da fibra. Ao se submeter ao mesmo processo de tricotagem, as fibras de vidro e carbono tendem a desfiar, enquanto a de aramida se mantém resistente, evidenciando a vantagem de se utilizar este tipo de material na produção de cordões umbilicais ⁽⁵⁾.

Apesar de muitos benefícios a trama tridimensional ainda é muito rara na indústria, pois as tramas 3D apresentam perda de flexibilidade, são mais difíceis de serem tramadas e não existem métodos validados para prever muitas das propriedades e a durabilidade das tramas ⁽⁵⁾.

CONCLUSÕES

Ao sofrer compressão transversal nas fibras de aramida, foi observado as características de falha, ocasionando o rompimento das fibras por um cisalhamento longitudinal.

Na utilização dos diversos tipos de trama, foi observada uma diferença expressiva causada pelo tipo de trama. A trama 1x1 ao sofrer compressão apresentou um início de falha, porém sem o rompimento total da estrutura; a trama 1x1 dupla com

resina apresentou um rompimento visível na estrutura, devido à sua maior rigidez; e a trama tridimensional conseguiu acomodar a deformação e resistir à compressão, sem apresentar qualquer modo de falha na estrutura, sendo a mais recomendada para estes tipo de esforços de compressão transversal.

Agradecimentos

Ao Instituto Mauá de Tecnologia.

Fapesp Processo nº 2020/09163-3

REFERÊNCIAS

- 1 HT CABOS (Minas Gerais). Cabo umbilical, você sabe o que é?: soluções submarinas. SOLUÇÕES SUBMARINAS. Disponível em: <https://htcabos.com.br/noticias/cabo-umbilical-voce-sabe-o-que-e/>. Acesso em: 13 set. 2021.
- 2 JASSAL, M.; GHOSH, S. Aramid fibres-An overview. 2002.
- 3 MOURITZ, A.P.; BANNISTER, M.K.; FALZON, P.J.; LEONG, K.H.. Review of applications for advanced three-dimensional fibre textile composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, [S.L.], v. 30, n. 12, p. 1445-1461, dez. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1359-835x\(99\)00034-2](http://dx.doi.org/10.1016/s1359-835x(99)00034-2).
- 4 YANG, Bin; WANG, Lin; ZHANG, Meiyun; LUO, Jingjing; LU, Zhaoqing; DING, Xueyao. Fabrication, Applications, and Prospects of Aramid Nanofiber. Advanced Functional Materials, [S.L.], v. 30, n. 22, p. 2000186, 20 mar. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/adfm.202000186>.
- 5 ISLAM, M. Amirul “Amir”. 3D woven fabrics, structures, and methods of manufacture. Woven Textiles, [S.L.], p. 329-391, 2020. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-102497-3.00008-8>.

COMPRESSION STUDY IN ARAMID WEBS APPLIED IN PETROLEUM PLATFORM UMBILICAL CABLES

ABSTRACT

The umbilical cables of oil platforms are a set of hoses and electro-hydraulic cables responsible for connecting energy, data, fluids, chemicals and monitoring operational parameters. As they are submerged in the sea, they are susceptible to compression. Thus, the objective of this paper is to analyze the impact of different fabrics when subjected to compression efforts, in order to find solutions for failures in umbilical cables when installing them on oil platforms. Several specimens were made with different types of weaves and were subjected to compression efforts by means of a hydraulic press, using microscopic analysis to understand the behavior of aramid fibers. It was possible to verify that the use of three-dimensional plots presented better results in the studied conditions when compared to flat plots. The main reason for the better performance is the greater ability of three-dimensional fabrics to dissipate tensions in space and their greater structural mobility..

Keywords: *Aramide; Umbilica Cables; Petroleum Plataform*