

ANÁLISE COMPARATIVA MICRO ESTRUTURAL DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS EM CONTATO COM DIFERENTES FLUIDOS: PETRÓLEO E ÁGUA DO MAR.

R. A. D. da Cunha¹
R. D. da Cunha²
C. C. da Silva³
J. U. L. Mendes⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Rodovia PA 275, s/n -
Bairro União, CEP: 68515-000, Parauapebas, Pará, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP:
59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. Email: rayanec.dantas@gmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Av. Amazonas, N° 3150,
Zabelê, CEP: 45030-220, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP:
59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

RESUMO: *Os compósitos poliméricos estão cada vez mais presentes no meio industrial, devido sua variedade de condições e combinações específicas para a fabricação de elementos estruturais como perfis, tubulações, escadas entre outros. Com isso, a preferência por esses materiais, que apresentam melhor custo/benefício estão fazendo com que caia a procura pelo emprego dos materiais tradicionais, como materiais metálicos. Com isso, a análise micro estrutural desses materiais se faz necessária, então o objetivo desse trabalho é analisar através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), as diferentes formas de comportamento micro-mecânico presentes em fraturas de materiais compósitos. O estudo utilizará os compósitos híbridos (fibras de vidro/kevlar), como referência para a ação do estudo, o referido estudo foi composto por três camadas de fibra de vidro e duas de kevlar, onde o mesmo foi submetido aos ensaios de tração uniaxial, imerso em petróleo e água do mar.*

Palavras-chave: Mecânica da Fratura, Instabilidade Estrutura, Petróleo, Água do Mar.

INTRODUÇÃO

Jawaid et al., (2001) afirmam que materiais compósitos compreendem duas ou mais fibras em uma única matriz, que podemos chamar de compósitos híbridos, têm

atraído a atenção de pesquisadores. A hibridação com mais do que um tipo de fibra na mesma matriz proporciona outra dimensão para a potencial versatilidade de fibra de materiais compósitos reforçados. As propriedades dos compósitos híbridos podem não seguir uma direta consideração das propriedades independentes dos componentes individuais.

Já Shan et al., (2002) diz que um compósito híbrido consiste em dois ou mais tipos de fibras de reforço em um ou mais tipo de matriz. Por hibridação de dois ou mais tipos de fibra em uma matriz permite uma pequena adaptação dos compósitos para satisfazer requisitos específicos em comparação com compósitos com apenas um único tipo de fibra. Como por exemplo, o comportamento à tração uniaxial de compósitos híbridos unidirecionais.

Conforme Yan et al., (2014), laminados híbridos podem integrar as vantagens de estruturas diferentes que são classificados em cinco categorias principais, em conformidade com a forma como os componentes são ligados: (a) laminados híbridos, que combinam dois ou mais camadas de reforço homogêneos empilhados em várias seqüências; (b) laminados híbridos que são compostas de diferentes fibras na mesma camada; (c) misturar as fibras de forma aleatória; (d) posicionamento seletivo das fibras estão a reforçar; (e) compósitos super híbrido que consistem em folhas de metal ou folhas compostas empilhadas em seqüências especificadas.

Wan et al., (2005) diz que a hibridação é uma das abordagens mais eficazes para ajustar as propriedades dos compósitos. Os compósitos híbridos são geralmente referidos como os materiais que combinam duas ou mais fibras numa resina adequada. Eles oferecer uma ampla gama de propriedades que não podem ser obtidos com um único tipo de reforço. Compósitos híbridos unidirecionais, curtos e laminados têm sido amplamente estudados.

Conforme Swolfs et al., (2013) diz os compósitos híbridos são compósitos em que dois tipos diferentes de fibras são combinados. A fibra mais frágil em compósitos híbridos é quase sempre de fibra de carbono, enquanto que a segunda fibra, o chamado fibra de hibridização, tem tipicamente uma tendência de falhas mais alta. As fibras de hibridização mais comuns são fibras de vidro e aramida. Ao adicionar fibras de hibridização em compósitos de fibra de carbono, várias melhorias podem ser alcançadas. Se as camadas interiores de uma fibra de carbono, os compósitos são substituídos por compósito de fibra de vidro, em seguida, o preço total do compósito híbrido diminui significativamente, enquanto as propriedades de flexão e de desgaste pode permanecer inalteradas. Outras propriedades, como impacto ou resistência à fadiga, podem mesmo ser melhoradas.

Valença et al., (2015) afirma que os compósitos com matriz polimérica com reforço de carbono, Kevlar, vidro e fibras naturais e outros tipos de fibras têm sido estudados ao longo do tempo..

Halvorsen et al., (2006) relata em seu estudo que os ensaios de impacto foram realizadas em compósitos sanduíche com fibra de vidro e Fibra de vidro/Kevlar submetidos a temperaturas variadas. Variando desde -50°C a 30 °C e diferentes níveis de energias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matéria-Prima e Processo de Fabricação

A matriz usada no trabalho foi à resina polimérica termofixa poliéster insaturada do tipo orto-teraftálica com especificação técnica da Novapol – L20, já o reforço usado foi a fibra de vidro- E e fibra de kevlar, na forma de tecido bidirecional, confeccionada industrialmente, fornecida pela empresa MAXEPOXI, com designação comercial de WR200. Ambos os tecidos citados anteriormente possui as seguintes características: gramatura de 200 g/m², espessura de 0,21 mm, carga de ruptura Teórica do Urdume e da trama de 50 Kgf/cm. A fabricação dos compósitos se deu mediante o processo de laminação manual (hand lay-up), sendo a resina poliéster, catalisada com 1% de catalisador referente ao volume total da resina, e como reforço três camadas do reforço de fibra de vidro-E e duas camadas de fibra kevlar, obtendo-se, desta maneira, uma placa, a cura da placa foi feita a temperatura ambiente (28°C). Após a cura do compósito, foram cortados corpos de prova (CP) para caracterização do compósito e determinação das propriedades de tração uniaxial. A disposição das camadas do reforço está dispostas na Fig. 1.

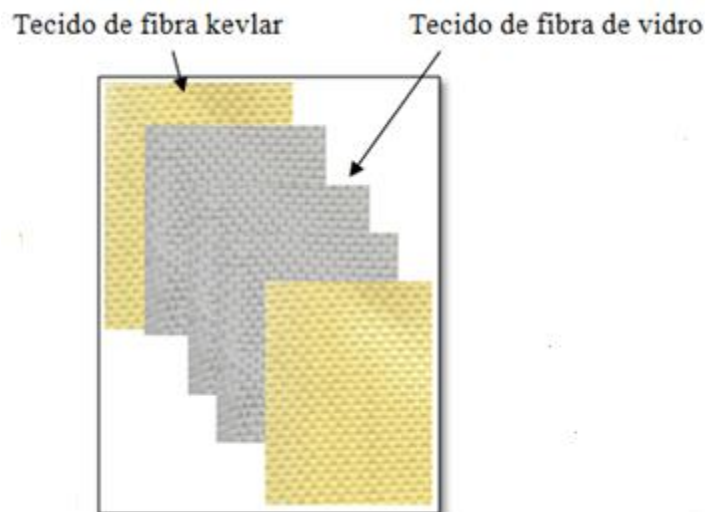


Figura 1: Disposição das camadas de Reforço fibra de vidro/fibra kevlar

Mecanismos de Danos

Para Jessen, (1991) a mecânica do dano permite a descrição de degradação do material em escala micromecânica. No entanto, o uso desse conceito, as variáveis são fornecidas, que representam a degradação do material média a um nível macro-mecânico, completando com a mecânica da fratura. A mecânica de dano contínua está preocupada com a criação de novas superfícies, definida como a densidade superficial de micro fissuras e fendas e vazios em qualquer plano do volume representativo.

Essa incompatibilidade ou sinergismo que tem como definição quando o comportamento de um compósito possui propriedades superiores às propriedades esperadas pela regra das misturas aponta Fagury et al., (2005), interfere nos resultados esperados para o material compósito. Já que estão diretamente ligados aos resultados dos 05 (cinco) mecanismos de falha do material, visto na Fig. 2, que são: arrancamento das fibras; efeito denominado como ponte de fibras; deslizamento (fiber bridging), em que as superfícies de uma trinca são interligadas por fibras; deslizamento interfacial matriz/fibra, seguido da ruptura das fibras; ruptura das fibras e trincamento da matriz diz Coutts et al.,(2005).

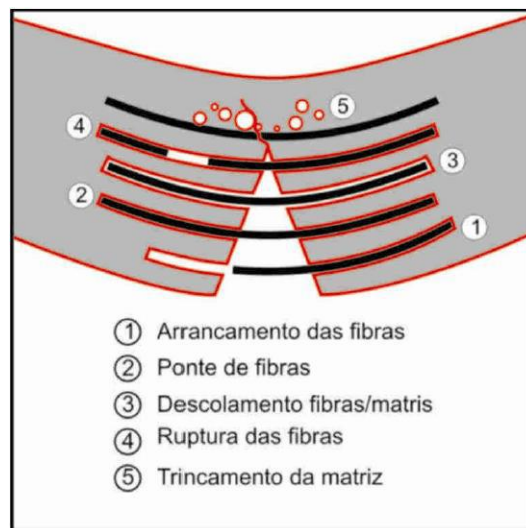


Figura 2: Mecanismos de Danos.

A análise macroscópica dos mecanismos de danos se faz indispensável na análise dos compósitos estruturais, na qual este tipo de análise é visível a olho nu. Duas formas de danos podem ser destacadas para este tipo de análise, primeira quando o material rompe por tempo de uso, geralmente isso acontece quando o mesmo se encontra em ambientes desfavoráveis como, corrosivos, úmidos, em altas temperaturas, sob pressão,

entre outros. E a segunda forma, quando esses são submetidos a alguma ação de carregamentos externos, como, por exemplo, impacto, cisalhamento, flexão. A norma ASTM D3039, traz possíveis características da fratura final macroscópica mostrado na Fig. 3.

Deve salientar que para efeitos de exposição das fraturas visuais, foram retirados os tabs que todos os corpos de prova foram submetidos, e as características macroscópicas foi levadas em consideração com a presença dos mesmos.

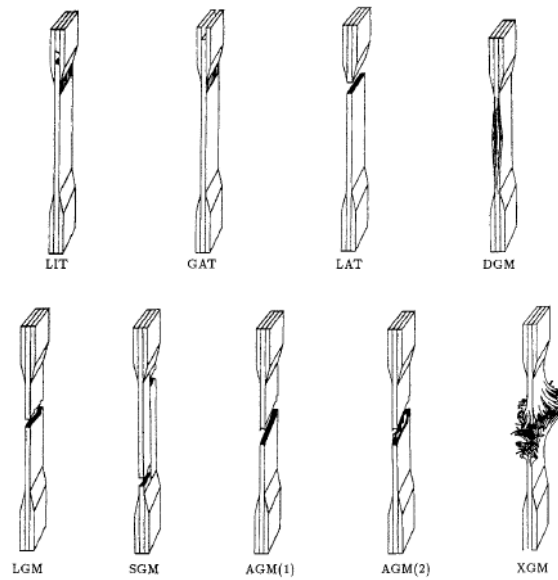


Figura 3: Mecanismos de danos submetidos ao Ensaio de Tração

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Macroscópica

O laminado sem condicionamento (estado sem envelhecimento) a ruptura dos corpos de provas ocorreu exatamente na região útil dos CP's, na Figura 4, podemos constatar o mesmo comportamento macroscópico para as fraturas finais do laminado hídrido, a característica LAT. Mas observamos também a característica AGM, definida como angular e no meio do galgo (área útil do CP), com a presença de desaderência de fibras. Deve salientar que para todas as condições de imersão tanto em petróleo como em água do mar, o comportamento macroscópico foi o mesmo.

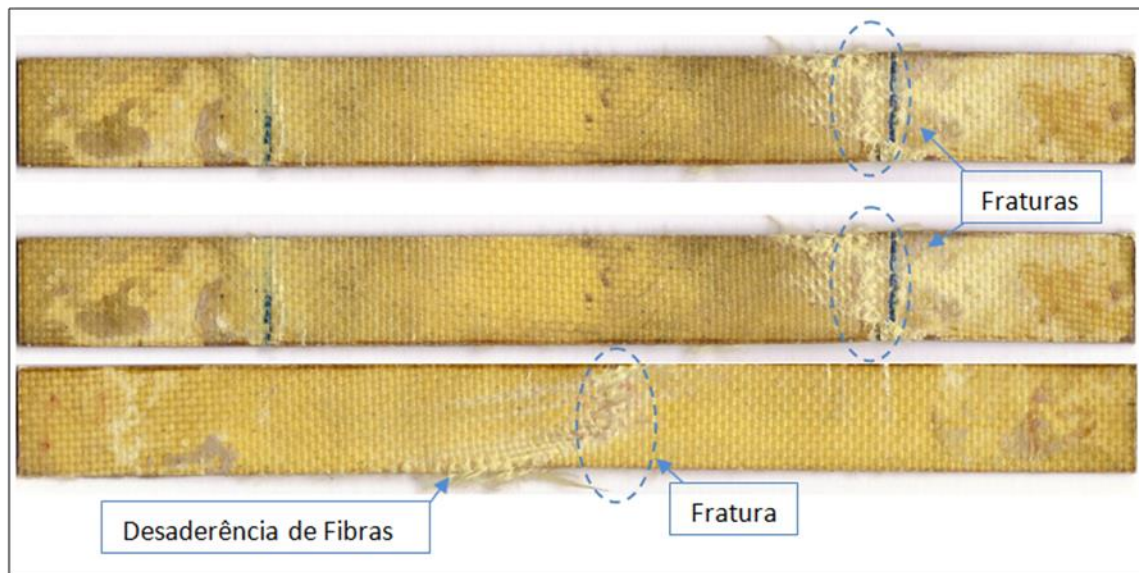


Figura 4: Fratura do compósito fibra de vidro/kevlar após ensaio de tração uniaxial no estado sem envelhecimento.

Na figura 5 vemos as fraturas visuais para os corpos de prova após ensaio de tração uniaxial, para ambos os envelhecimentos submetidos, nos cp's imersos em petróleo podemos verificar que o a fratura observada foi a AGM caracterizando como sendo angular e no meio do galgo, apresentando também a presença de fibras limpas no local da fratura. Já o comportamento da fratura do corpo de prova imerso em água do mar, o mesmo não chegou a romper em definitivo, isso se deu devido, a boa aderência entre matriz e reforço, numa análise em um âmbito visual.

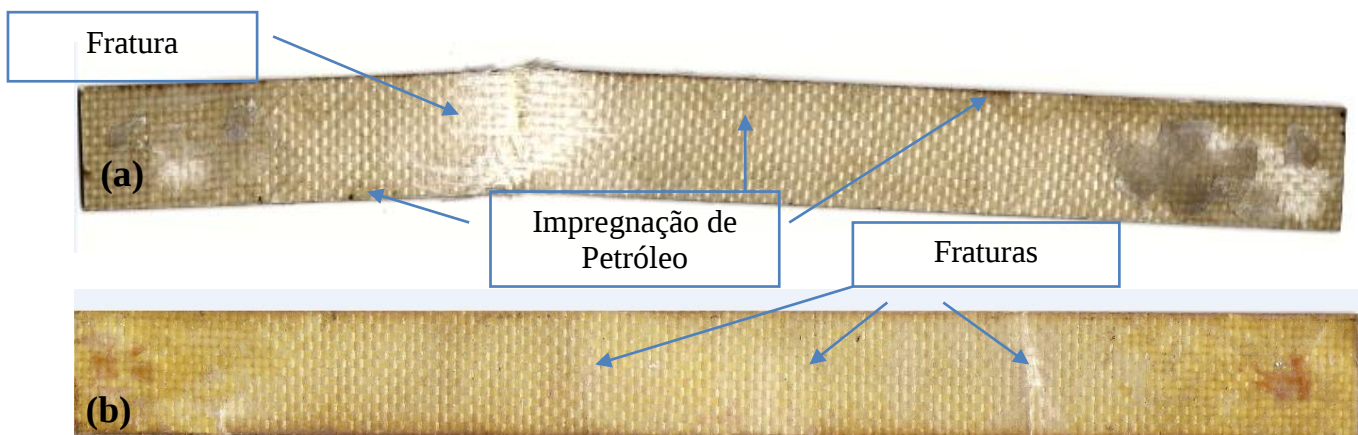


Figura 5. Fratura do compósito fibra de vidro/kevlar após ensaio de tração uniaxial no estado de envelhecimento: (a) Petróleo e (b) água do mar.

Análise Microscópica

A fibra kevlar presente nas extreminadades do laminado, trouxe para o compósito rachaduras e danos para a matriz e desaderência na interface fibra/matriz em pontos das

camadas das fibras, isso ocorreu devido ao aumento de diâmetro da fibra kevlar. Delaminações adicionais também ocorrem nas amostras ensaiadas, sob a carga de tração. Fibrilagem foram vistas nas fibra de kelvar para este laminado. A interface também foi comprometida como vista na microscopia. Além da presença de fratura adesivas na fibras, ver na Fig. 6.

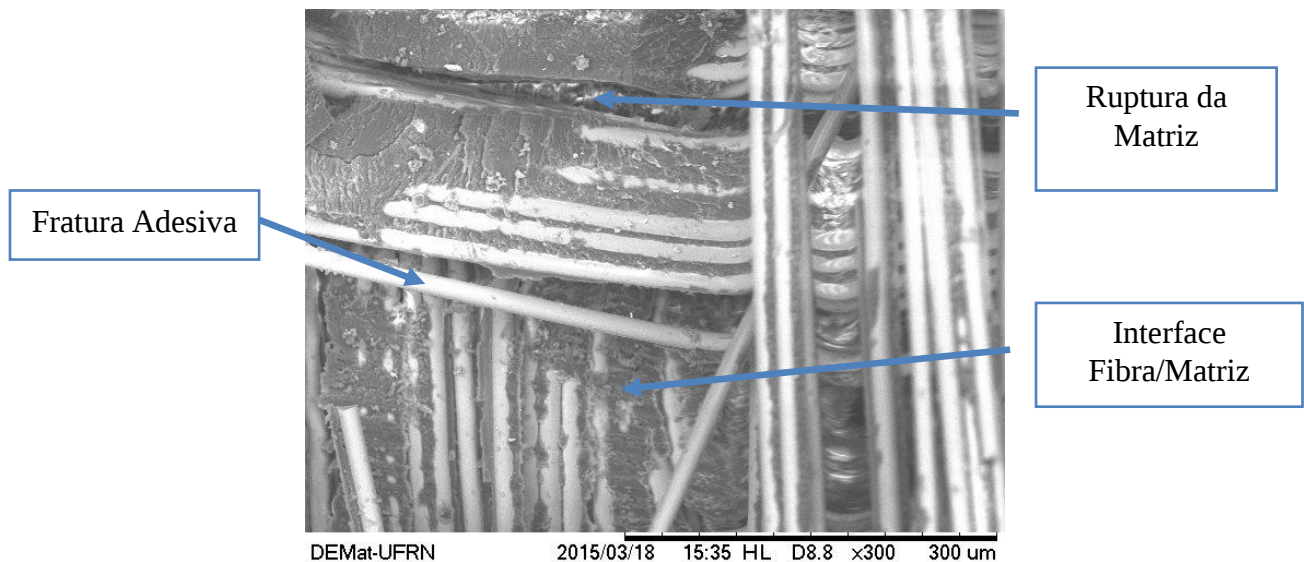


Figura 6: Fratura do compósito fibra de vidro/kevlar após ensaio de tração uniaxial no estado sem condicionamento.

A fibra kevlar trouxe para o compósito, rachaduras e danos para a matriz e desaderência na interface fibra/matriz em pontos das camadas das fibras, isso ocorreu devido a penetração da água do mar. Delaminações adicionais também ocorrem nas amostras ensaiadas, sob a carga de tração. Fibrilagem foram vistas nas fibra de kelvar outro dano que a água do mar trouxe para este laminado, podemos ver isso na Fig. 7.

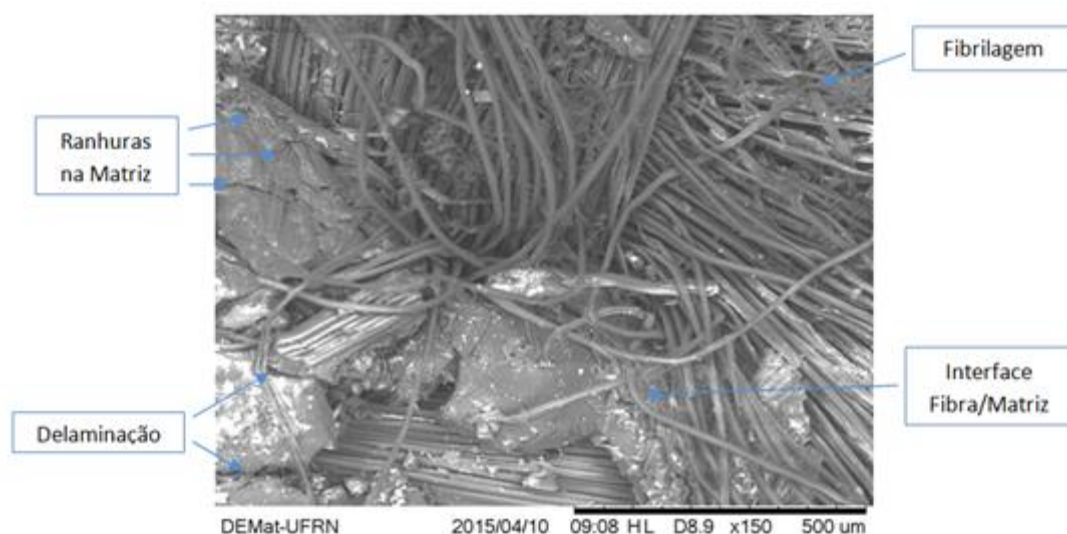


Figura 7: Fratura do compósito fibra de vidro/kevlar após ensaio de tração uniaxial imerso em água do mar.

Avaliação morfológica da Figura 8 mostra uma fenda longitudinal e sulco na matriz, causada pela aplicação de carga e o efeito do envelhecimento. Além disso, a maior parte das fibras expostas exibe uma superfície limpa, caracterizando desaderência fibra/matriz, ou seja, fraturas adesivas. Essa ocorrência pode ter ocorrido devido ao enfraquecimento da matriz, tornando-se frágil depois da exposição ao petróleo.

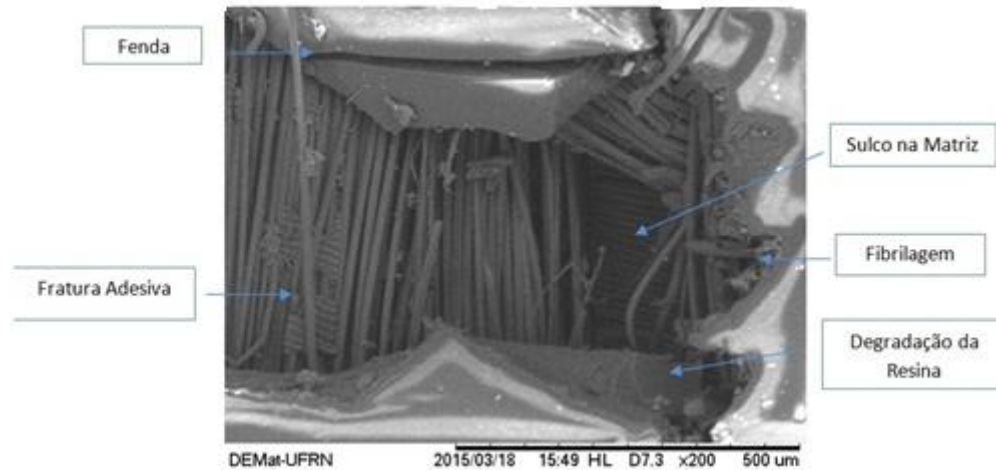


Figura 8. Fratura do compósito fibra de vidro/kevlar após ensaio de tração uniaxial imerso em petróleo.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais apresentados na seção anterior pode-se concluir que:

- O No comportamento de absorção de umidade, observou-se que o material atingiu a sua saturação no período previsto na literatura.
- O polímero reforçado com fibra de vidro e fibra kevlar, depois do ensaio de tração, foi observado todos os tipos de danos após condicionamento;
- As características da fibra kevlar foram bem definidas como mostram as microscopias, por exemplo, a fibrilagem e o esgarçamento da fibra.
- As fibras de vidro mostraram o comportamento bem definido, como fraturas coesivas na matriz e nas fibras, fraturas adesivas.

REFERÊNCIAS

1. Jawaid, M., Abdul K., H. P. S., Khanam, N., P., Bakar, A. 2011. "A.Hybrid Composites Made from Oil Palm Empty Fruit Bunches/Jute Fibres: Water Absorption, Thickness Swelling and DensityBehaviours". Journal Polymeric Environtal, v.19, p. 106–109.

2. Shan, Y., Liao, L. Environmental fatigue behavior and life prediction of unidirectional glass–carbon/epoxy hybrid composites. *International Journal of Fatigue*, V. 24, p. 847–859, 2002.
3. Yan., R., Rui, W., Ching-Wen L., Jia-Horng L., , “Comparison of Tensile and Compressive Characteristics of Intra/Interply Hybrid Laminates Reinforced High-Density Flexible Foam Composites”. *Journal Applies Polymeric*.
4. Wan, Y. Z., Chen G. C., Huang, Y, Li, Q. Y., Zhou, F. G., Xin, J. Y., 2005, “Characterization of three-dimensional braided carbon/Kevlar hybrid composites for orthopedic usage”. *Material Scienc Engineering A*. v. 398: p. 227–32.
5. Swolfs, J., Gorbatiikh, L., Verpoest, I., 2013, “Stress concentrations in hybrid unidirectional fibre-reinforced composites with random fibre packings”. *Composites Science and Technology*, Vol. 85, pp. 10–16.
6. Halyorsen A.; Salehi H. A.; Mahinfalah M.; nakhaei-jazar R., 2006, “Temperature Effects on the Impact Behavior of Fiberglass and Fiberglass/Kevlar Sandwich Composites”, *Springer Science*. P. 369 – 383.
7. Jessen, S. M., Plumtree, A. Continuum damage mechanics applied to cyclic behaviour of a glass fibre composite pultrusion. *Composites*. V. 22, N°3, 1991.
8. Fagury, R. V. G.. Avaliação de Fibras Naturais para a Fabricação de Compósitos: Açaí, Coco e Juta. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2005.
9. Coutts, R. S. P., 2005. “A review of Australian research into natural fibre cement composites. *Cement and concrete composite*”. Vol. 27, p. 518-526.
10. ASTM D 3039 - Standard Test Methods for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials - American Society for Testing and Materials, 2006.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITE POLYMERIC HYBRID FRACTURE APPEARANCE IN CONTACT WITH FLUIDS DIFFERENT: OIL AND SEA WATER.

ABSTRACT:

The polymer composites are increasingly present in industry, due to its variety of conditions and specific combinations for the manufacture of structural elements such as profiles, pipes, stairs and others. Thus, the preference for these materials, which have the best cost / benefit are causing demand to fall by the use of traditional materials such as metallic materials. Thus, the aspect of the analysis of structural fracture of these materials is necessary, then the objective of this study is to analyze behind the scanning electron microscopy (SEM), the different forms of micro-mechanical behavior present in composite materials fracture, it should be noted that the behavior in the aspect of fracture are the objective of the research comparing the scope of the final fracture of composites after

different types of aging (sea water and oil). Thus, this study uses the hybrid composite (glass fiber / kevlar) as a reference for the action of the study, the study consisted of three glass fiber layers and two kevlar, where it was subjected to the tests of uniaxial tensile, immersed in oil and seawater.

Key-words: Fracture Mechanics, Instability Structure, Oil, SeaWater.