

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO DA FRATURA MECÂNICA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS A BASE DE TECIDOS HÍBRIDOS E DE FIBRAS DE VIDRO

Ana Claudia de Melo Caldas Batista, ana.batista@ufersa.edu.br¹

Sérgio Renan Lopes Tinô, sergiorlt@yahoo.com.br^{1,2}

Jorge Fernando de Sousa Oliveira, jorgefernandosousaooliveira@yahoo.com.br³

Eve Maria Freire de Aquino, eve@dem.ufrn.br¹

¹UFRN – DEM – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica/PPGEM – Centro de Tecnologia, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal – RN/Brasil, CEP: 59072-970.

²IFG – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Rua São Bartolomeu, s/n, Vila Esperança, Luziânia - GO, CEP: 72811-580.

³UFRN – DM – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais – Centro de Tecnologia, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal – RN/Brasil, CEP: 59072-970.

Resumo: Muitos dos materiais compósitos fabricados ficam expostos a intempéries como, por exemplo, em aplicações mecânicas, tubulações e reservatórios. Nesses materiais existe uma forte tendência atual de utilizarem a hibridização, que é realizada quando se deseja melhorar alguma característica específica no material como, por exemplo, alto módulo ou alta resistência ao cisalhamento, sendo interesse de estudo. Logo, buscando entender a influência do envelhecimento ambiental na fratura em compósitos (híbridos e não híbridos) em corpos de provas submetidos à tração uniaxial, foram estudados dois laminados reforçados unicamente com fibra de vidro E (tecido plano bidirecional) e dois laminados híbridos: um utilizando tecido híbrido de fibra de vidro E/fibras Kevlar e outro utilizando fibra de vidro E/fibras de carbono. As condições de envelhecimento ambiental acelerado foram simuladas através da câmara de envelhecimento, na qual os corpos de prova ficam exposto a ciclos alternados de vapor aquecido e radiação ultravioleta, por tempo definido em norma. Percebe-se a presença de fissuras, fibras expostas e alteração de coloração (processo de foto-oxidação).

Palavras-chave: Envelhecimento Ambiental, fratura e compósitos híbridos.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos materiais compósitos poliméricos a base de reforços sintéticos, seja do tipo híbrido ou não, vem sendo investigado já há algumas décadas, e devido ao alto desempenho mecânico da maioria desses reforços, a aplicação dos mesmos se concentra nos elementos estruturais nas mais diversas áreas.

Dentre os compósitos poliméricos a base de reforços sintéticos se destacam os reforçados a base de fibras de vidro, uma vez que as mesmas proporcionam vantagens significativas, como: a excelente aderência da fibra em relação à matriz, material com baixo custo de aquisição, fácil processamento devido a sua capacidade de molhabilidade, boa resistência à tração específica (por unidade de peso), boa resistência ao calor e ao fogo, não sofrem nenhum tipo de ataque ou degradação por parte dos agentes químicos, não absorvem umidade, apresentam um baixo coeficiente de dilatação térmica linear e são bons isolantes elétricos. No que diz respeito às áreas de aplicação, Mariatti e Chum (2005) apontam a crescente demanda em aplicações dos plásticos reforçados com fibras de vidro (GFRP) nas indústrias, principalmente em ambientes úmidos, tais como o tanque de água e tanque de esgotos por causa da sua excelente resistência à água.

Já os compósitos poliméricos híbridos se caracterizam por apresentar constituintes diferentes entre os materiais de reforços; o processo de hibridização é utilizado para compensar a desvantagem de um comportamento mecânico de um componente indispensável, acrescentando outro reforço que proporcione melhores propriedades mecânicas (ou uma propriedade específica) ao compósito que se deseja obter. Pandya *et al.* (2008) afirma que normalmente uma das fibras em um compósito híbrido é de alto módulo e de custo elevado, tais como o boro, carbono; e a outra é normalmente de baixo módulo de elasticidade, por exemplo, vidro/E e Kevlar.

Diante dessa crescente demanda na utilização de compósitos poliméricos em condições adversas, é possível perceber um crescente aumento de estudos em artigos publicados buscando compreender o efeito da degradação em compósitos poliméricos reforçados com fibras. Pode-se destacar os trabalhos de Menail *et al.* (2009), Salehi-Khojin *et al.* (2006), Sayer *et al.* (2012) e Aquino *et al.* (2005 e 2007) para algumas condições adversas. Além destes já citados, pode-se ressaltar trabalhos como os de, Rodrigues *et al.* (2009), Felipe *et al.* (2012), Ribeiro (2012), Tinô e Aquino (2015) e Batista *et al.* (2016), que estudaram o envelhecimento ambiental acelerado em compósitos poliméricos. Esses trabalhos consistem em submeter os corpos de provas às condições de exposição cíclica ao vapor d'água aquecido e radiação ultravioleta, condições adversas utilizadas neste trabalho de investigação.

Já é de conhecimento na literatura que os compósitos poliméricos expostos ao processo de envelhecimento ambiental sofrem o processo de degradação estrutural com mais ou menos intensidade, dependendo de muitos fatores, incluindo a presença de hibridização. De acordo com Leão *et al.* (2015), Felipe, *et al.* (2012), Shokrieh e Bayat (2007) as principais características dos processos de degradação em compósitos poliméricos são a foto-oxidação (amarelamento) da superfície, perda de brilho com mudança de cor, perda de translucidez, fissuração da matriz, afloramento de fibras devido o desgaste da matriz polimérica (perda de massa), e perda das propriedades mecânicas finais.

Logo, o presente trabalho, busca compreender a influência que o processo de envelhecimento ambiental acelerado ocasiona no mecanismo de dano em compósitos poliméricos, através dos estudos envolvendo as características da fratura mecânica (em nível macroscópico) em corpos de provas obtidos a partir de três laminados compósitos distintos submetidos à tração uniaxial, que são: um laminado compósito polimérico reforçado com tecido bidirecional de fibra de vidro-E e matriz de resina poliéster insaturada orto-tereftálica (Novapol L-120) e dois laminados compósitos poliméricos reforçados com tecidos bidirecionais híbridos de alto desempenho, sendo um deles constituído de fibras de vidro/E e kevlar/49 e o outro de fibras de vidro/E e de carbono AS4. Esses laminados compósitos híbridos têm como matriz a resina Epóxi Ester-Vinílica (Derakane 470-300). Também será feita uma análise do processo de degradação por foto-oxidação e sua influência na fratura mecânica dos laminados compósitos propostos.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais utilizados e configuração dos laminados

A análise do estudo proposto foi realizada em três tipos diferentes de laminados compósitos poliméricos, sendo um reforçado unicamente com fibra de vidro/E e dois reforçados com tecidos híbridos de alto desempenho. Os reforços utilizados foram: Tecido bidirecional (balanceado) de fibra de vidro-E (gramatura de 600 g/m²); Tecidos híbridos e bidirecionais sendo um constituído de mechas de fibras de vidro/E e mechas de fibras de carbono/AS4 (gramatura de 340 g/m²) e o outro sendo constituído de mechas de fibras de vidro/E e mechas de fibras kevlar/49 (gramatura 400 de g/m²). As resinas utilizadas foram: a resina poliéster insaturada orto-tereftálica (Novapol - L20) e a resina epóxi éster-vinílica, comercialmente designada por Derakane 470-300.

Vale destacar que a resina Derakane 470-300 é designada para aplicações que necessitem de excelente resistência térmica e química e também alta retenção de propriedades mecânicas em altas temperaturas, sendo assim, a melhor escolha para aplicações em que o elemento estrutural esteja sob a ação de intempéries.

As configurações dos laminados compósitos propostos para estudo estão mostradas na Fig. 1; a Fig. 1(a) mostra o laminado com quatro camadas de tecido bidirecional de fibra de vidro/E (designado por LV); a Fig. 1(b) e (c) mostram os laminados compósitos híbridos utilizando com quatro camadas utilizando, respectivamente, os tecidos de fibras Carbono/Vidro (designado por LVC - 23,35% de fibra de carbono e 76,65% de fibra de vidro) e de fibras Kevlar/Vidro (designado por LVK - 45% de fibras kevlar e 55% de fibra de vidro). Ressalta-se que as camadas transparentes de resina, na Fig. 1, são apenas para ilustração já que as mesmas são impregnadas diretamente nas camadas de reforço do laminado.

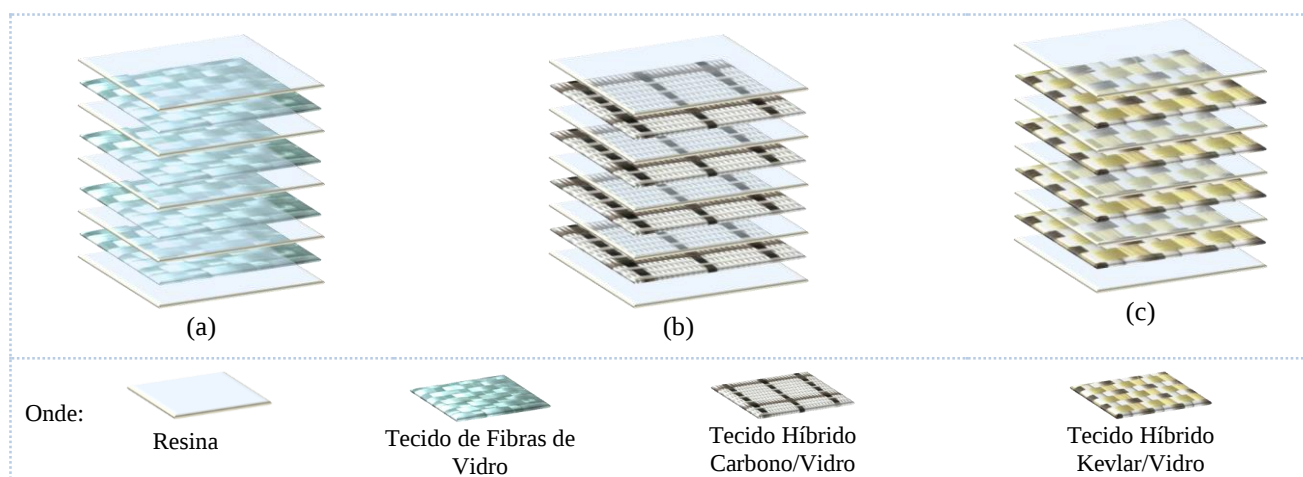


Figura 1. Configuração dos laminados compósitos poliméricos: (a) LV; (b) LVC e (c) LVK.

2.2. Ensaio de envelhecimento Ambiental Acelerado

No ensaio de envelhecimento ambiental acelerado, os corpos de provas dos laminados descritos, foram submetidos a ciclos alternados, diários de radiação UV (18 horas) e vapor d'água aquecido (6 horas) até atingir o tempo definido através da norma ASTM G154 de 2016h de exposição no total.

O equipamento no qual é realizado o ensaio é chamado de câmara de envelhecimento ambiental acelerado (ver Fig. 2), construída segundo a norma ASTM G-53 e utilizado o método de aceleração do envelhecimento conforme a norma ASTM G154.

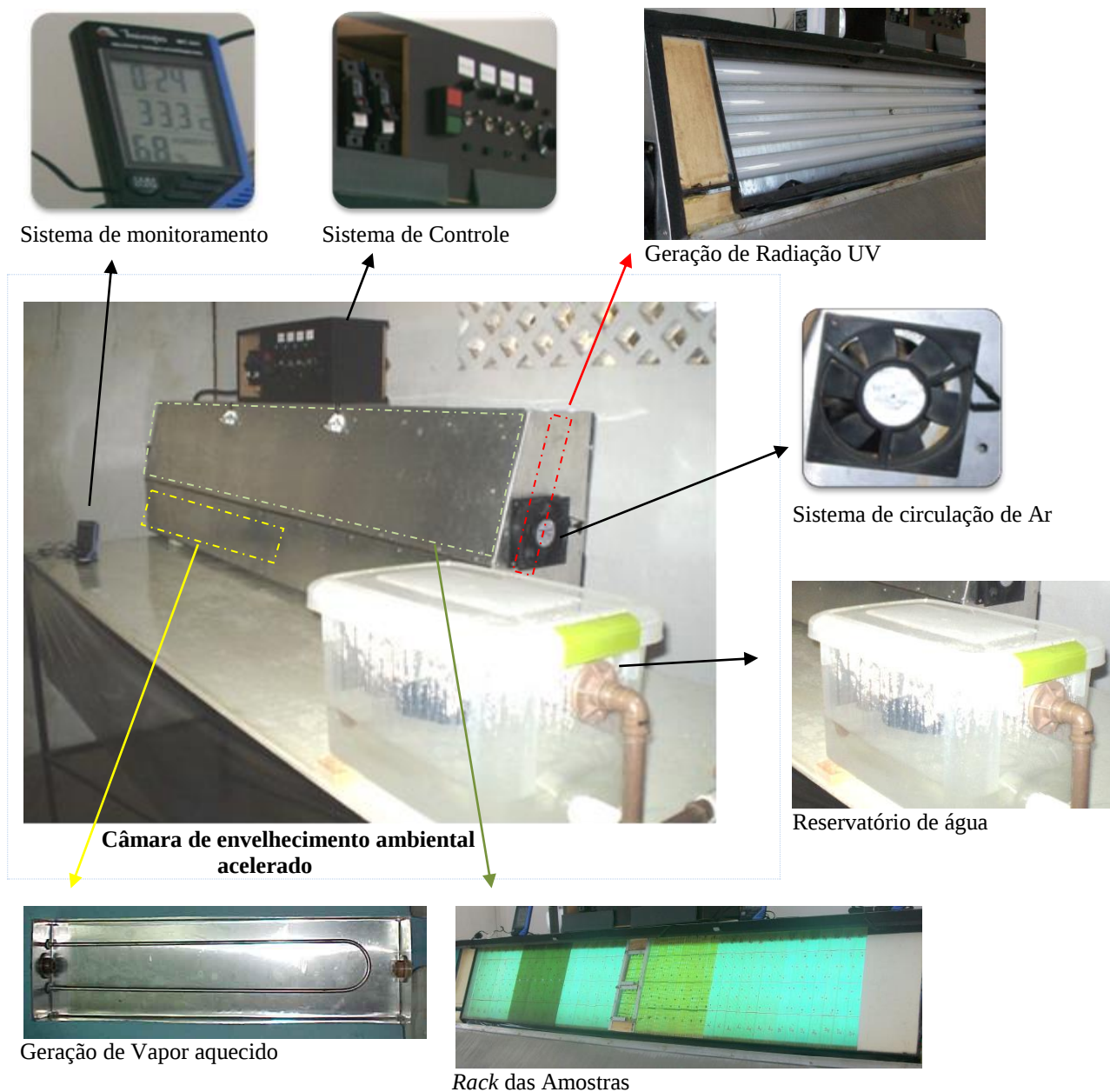


Figura 2. Câmara de envelhecimento ambiental acelerado com seus respectivos componentes.

2.3. Ensaio de Tração

O ensaio de tração foi realizado em função da norma ASTM D3039 (2008) na máquina da SHIMADZU, modelo AG-1, com capacidade máxima de 250 KN. Ao se realizar os ensaios alguns cuidados especiais foram tomados, como por exemplo, ajustes prévios dos corpos de prova nas "garras" da máquina de forma a amenizar problemas de "arrastes" no início do carregamento.

2.4. Análise Macroscópica da Fratura Mecânica

Para compreender o efeito do envelhecimento ambiental na característica da fratura mecânica nos compósitos poliméricos, se faz necessária a realização de uma análise macroscópica da mesma, na qual o principal objetivo é observar a formação e a distribuição do dano/fratura ao longo do comprimento do corpo-de-prova quando submetido à tração uniaxial, já que algumas características da fratura nos compósitos poliméricos com matriz transparente são visíveis “a olho nu” (Batista, 2012).

Assim, nessa análise pode-se ressaltar, também, tanto a característica em si da fratura quanto à degradação (foto-oxidação) ocasionadas pelo ensaio de envelhecimento ambiental. Para a realização da análise, foi utilizado o scanner da impressora multifuncional EPSON L355 ou HP Photosmart.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a percepção da influência do envelhecimento ambiental na avaliação característica macroscópica da fratura se faz necessário um estudo comparativo com a característica macroscópica da fratura para o estado original (sem o envelhecimento) para cada tipo de laminado compósito. Para facilitar o entendimento, cada laminado será abordado separadamente (estados: original e envelhecido) e ao final, um comparativo global será mostrado.

3.1. Análise macroscópica – Laminado Compósito LV

A característica da fratura para o laminado **LV** tanto para o estado original quanto para o estado envelhecido tiveram fratura do tipo lateral na região mediana do galgo - **LGM**, segundo a norma ASTM D3039 (2008). A fratura iniciou com uma microfissuração na matriz de forma progressiva, intensa e transversal à aplicação da carga. A mesma se propaga ao longo de todo o comprimento útil dos corpos de prova (Figs. 3 e 4), apresentando estado de saturação dessa microfissuração antes da fratura final. A análise mostra, também, o fenômeno do “rasgamento” (ou *pull out*) na região final da fratura, dano característico dos compósitos poliméricos a base de tecidos de fibras de vidro (Freire Júnior e Aquino, 2002 e Aquino e Tinô, 2009). Porém, percebe-se que o rasgamento ocorre de forma muito mais intensa para o corpo de prova envelhecido. É importante lembrar que esse “rasgamento” torna-se perceptível após a retirada dos corpos de prova das garras da máquina.



Figura 3. Característica da fratura final - Laminado LV – Estado original.

Em relação ao efeito do ensaio de envelhecimento na degradação, percebe-se o fenômeno da foto-oxidação da resina na face diretamente exposta ao envelhecimento além da exposição das fibras, distante da região de fratura final, resultado da perda de massa ocorrida durante o ensaio de envelhecimento, favorecendo assim a desaderência na interface fibra/matriz (fratura adesiva) durante o ensaio de tração uniaxial. O envelhecimento resultou na perda da resistência última à tração (10,66%) e na deformação de ruptura (35,50 %), porém foi observado um ganho módulo de elasticidade (36,60%) (Tinô e Aquino, 2015).

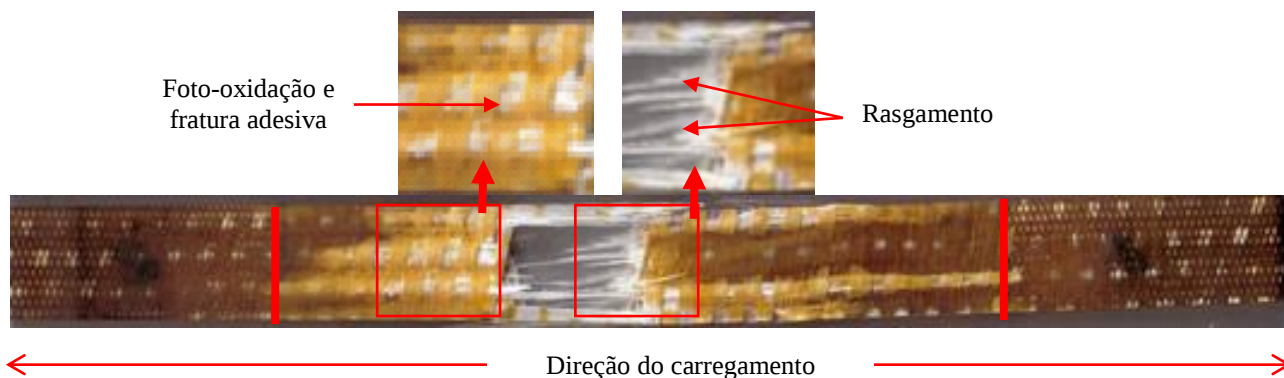


Figura 4. Característica da fratura final – Laminado LV – Estado envelhecido.

3.2. Análise macroscópica – Laminado Compósito LVC

Na análise da fratura em nível macroscópico para os corpos de prova do laminado **LVC** percebe-se que o modo de fratura ocorrido é do tipo **LGM** (lateral na região mediana do galgo) segundo a norma ASTM D3039 (2008), para o estado original e que é perceptível a presença da microfissuração na matriz ao longo de todo o corpo de prova (Fig. 5). A Figura 6 mostra a característica fratura para os corpos de prova no estado envelhecido. Aqui a fratura apresenta outra característica que é a do tipo **LAT** (Lateral na base da lingueta), segundo a ASTM D3039 (2008). Observa-se a presença também de microfissuração na matriz, distribuída de forma uniforme e transversal à aplicação da carga ao longo de todo comprimento útil dos corpos de prova, e de forma mais intensa quando comparada com o estado original. Vale ressaltar que mesmo com as fibras de vidro presentes na configuração do tecido, e por consequência do laminado, o fenômeno do “rasgamento” de fibras não foi observado, fato esse já influenciado pela presença da hibridização do tecido.

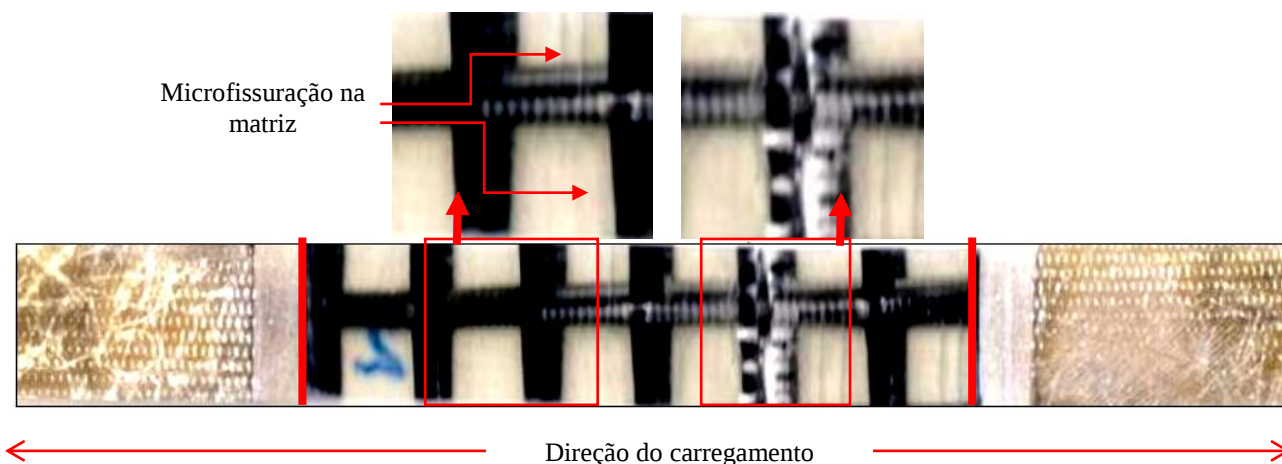


Figura 5. Característica da fratura final – Laminado LVC – Estado original

No que diz respeito ao efeito do envelhecimento ambiental, foi observado a presença do fenômeno da foto-oxidação da resina na face diretamente exposta ao envelhecimento. Esse fenômeno também foi observado na face oposta à radiação UV (com menor intensidade) e se deve, em parte, pela pequena espessura do laminado e sua característica de ser um meio translúcido (nos locais onde estão presentes as fibras de vidro), permitindo assim a passagem da luz, e consequentemente a passagem da radiação (Batista *et al.*, 2015).

Percebe-se que apesar de uma fissuração mais intensa ao longo de todo o comprimento útil e a foto-oxidação da resina da face diretamente exposta ao envelhecimento o material quase não teve perda nas propriedades mecânicas relativas ao ensaio de tração uniaxial, pois não existiu diferença significativa entre os valores obtidos (tanto para resistência à tração, quanto o módulo de elasticidade à tração) já que as variações ocorridas entre os laminados estão dentro de suas margens de dispersões (Batista *et al.*, 2015). Esse resultado foi também atribuído ao uso da resina Derakane 470-300, já que a mesma apresenta aditivos antioxidantes e anticorrosivos, fato já mencionado antes e indicada para ambientes em condições adversas.

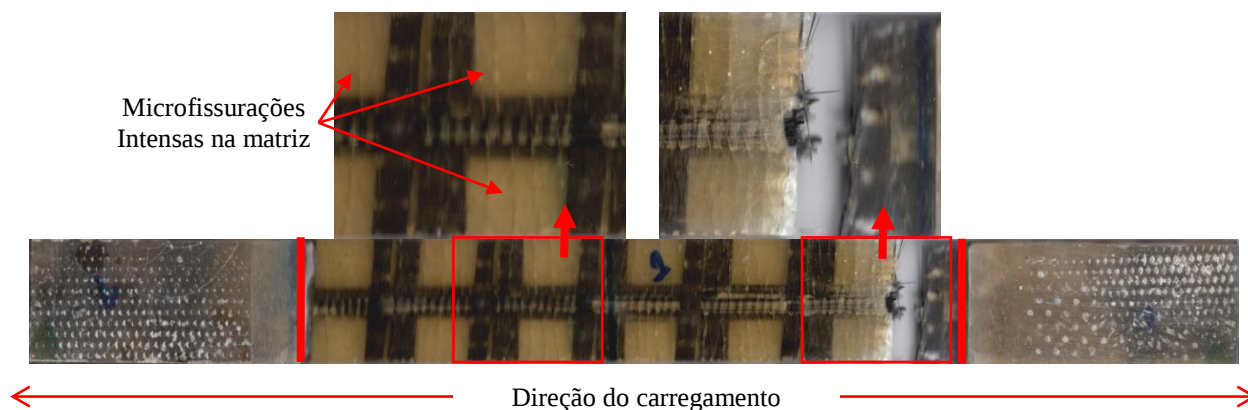


Figura 6. Característica da fratura final – Laminado LVC – Estado envelhecido

3.3. Análise macroscópica – Laminado Compósito LVK

Na análise da fratura macroscópica percebe-se que a o modo de fratura ocorrido é do tipo **LGM** (lateral na região mediana do galgo), segundo a ASTM D3039. O fenômeno do “rasgamento” de fibras de vidro não foi observado na região final da fratura para a condição do corpo de prova no estado original (Fig. 7), enquanto que esse mesmo fenômeno foi registrado (embora de pouca intensidade), ver Fig. 8, nos corpos de prova no estado envelhecido. O processo de hibridização da fibra de vidro/E com as fibras kevlar/49, só influenciou nessa característica de fratura para os corpos de prova no estado original. Lembrando que no caso da hibridização das fibras de vidro/E e de carbono/AS4, a influência ocorreu nos dois estados: original e envelhecido.

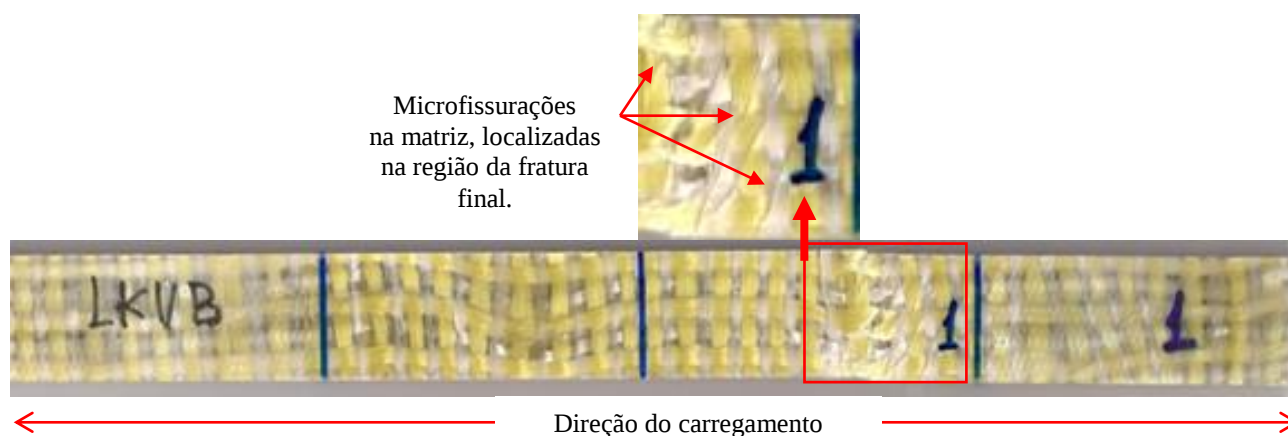


Figura 7. Característica da fratura final – Laminado LVK – Estado original

A Figura 8 mostra que o efeito do ensaio de envelhecimento ocasionou uma foto-oxidação na matriz e na fibra kevlar (previsto por Chawla, 1994). Ressalta-se, também, que a face oposta ao envelhecimento praticamente não foi atingida pelo ensaio do envelhecimento, comportamento diferente do ocorrido no laminado compósito **LVC**. Aqui a forma da tecelagem dos tecidos híbridos usados nos laminados **LVC** e **LVK** influenciou diretamente nos resultados.

No caso da análise da fratura mecânica, a mesma se inicia com uma microfissuração da matriz propagada de forma uniforme e transversalmente à aplicação da carga. A mesma é registrada ao longo de todo o comprimento útil dos corpos de prova.

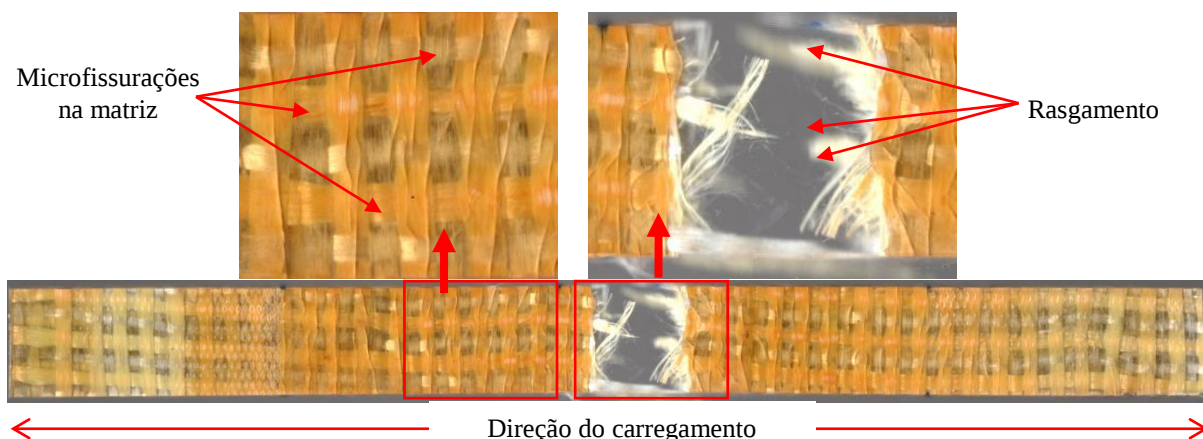


Figura 8. Característica da fratura final – Laminado LVK – Estado envelhecido

3.4. Comparativo da fratura entre os Laminados LV, LVC e LVK

Um estudo comparativo entre as características da fratura mecânica nos laminados compósitos **LV**, **LVC** e **LVK**, é mostrado no esquema da Fig. 9. Pode-se observar que os laminados compósitos que utilizaram a resina Derakane 470-300 obtiveram melhor retenção das propriedades mecânicas (resistência à tração e módulo de elasticidade), apesar de apresentarem uma elevada microfissuração ao longo de todo o comprimento útil dos corpos de prova, e com maior intensidade para o estão envelhecido.

Para o laminado que utilizou a resina de poliéster (**LV**), o mesmo apresenta um grande aumento na quantidade de rasgamento de fibras. Essa fratura obtida está coerente com a degradação sofrida pelo envelhecimento (principalmente a exposição de fibras devido ao processo de degradação como a foto-oxidação e perda de massa do laminado) e maior perda das propriedades mecânicas, quando comparado com os **LVC** e **LVK**. Destaque seja dado ao **LVC** que não apresenta o rasgamento e a microfissuração da matriz foi menos intensa ao longo do comprimento útil.

COMPARATIVO GLOBAL – FRATURA (ENVELHECIDO X ORIGINAL)					
LV		LVC		LVK	
Original	Envelhecido	Original	Envelhecido	Original	Envelhecido
Rasgamento;	Rasgamento;	Rasgamento;	Rasgamento;	Rasgamento;	Rasgamento;
Fissuras na matriz;	Fissuras na matriz de forma mais intensa;	Fissuras na matriz;	Fissuras na matriz mais intensa;	Fissuras na matriz;	Fissuras na matriz mais intensa;
LGM.	LGM;	LGM.	LAT;	LGM.	LGM:
	Foto-oxidação intensa na matriz.		Foto-oxidação na matriz menos intensa.		Foto-oxidação na matriz e nas fibras Kevlar menos intensa.

Figura 9. Comparativo global da fratura macroscópica.

4. CONCLUSÕES

Diante de todos os resultados e discussões expostos, pode-se concluir que:

- As fraturas macroscópicas foram do tipo **LGM** para os laminados no estado original e para os laminados **LV** e **LVK** na condição envelhecida, para o **LVC** no estado envelhecido a fratura foi do tipo **LAT**;
- Os corpos de prova do laminado **LV** no estado envelhecidos apresentaram um processo de foto-oxidação intensa que acarretou perda de massa (desaderência na interface fibra/matriz) levando à exposição das fibras de vidro
- Na fratura final à tração, para CP's do laminado **LV**, foi perceptível uma quantidade mais acentuada de rasgamentos do tecido de fibras de vidro;
- Os corpos de prova **LVC** e **LVK** envelhecidos mostraram que processo de foto-oxidação foi de pouca intensidade, no que diz respeito a uma possível influência na fratura. Apresentou um maior número de fissuras na matriz, porém não apresentaram grandes perdas nas propriedades mecânicas;
- Os corpos de prova do laminado **LV** apresentaram perdas nas propriedades mecânicas de 10,66% na resistência última à tração e de 35,50 % deformação de ruptura; e
- A utilização da resina poliéster é possivelmente a grande causadora do aparecimento de fibras e perda das propriedades mecânicas devido ao efeito do envelhecimento, já que os laminados **LVC** e **LVK** sofreram menos influência do foto-oxidação e não tiveram praticamente nenhuma perda de propriedade mecânica.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao suporte financeiro (bolsas) proveniente do CNPq e Tecniplas Indústria e Comércio Ltda pela confecção dos laminados.

6. REFERÊNCIAS

- Aquino, E.M.F., Sarmiento, L.P.S., Oliveira, W. and Silva, R.V., 2007, "Moisture effect on degradation of jute/glass hybrid composites", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 26, No 2. (olhei no Capes e tem esse trabalho! E ele continua referenciado lá em cima)
- Aquino, E.M.F., Silva, R.V., Rodrigues, L.P.S. and Oliveira, W., 2005, "Hybrid Composites with Synthetic and Natural Fibers: Degradation by Moisture Absorption". *Proceedings of the 18th International Congress of Mechanical Engineering*, Ouro Preto - COBEM 2005, Vol. 01. pp. 01-06.
- Aquino, E.M.F.; Tinô, S.R.L., 2009, "Descontinuidade Geométrica nos Compósitos Poliméricos: Resposta Mecânica e Característica da Fratura", In: IX Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica – CIBIM.
- ASTM D 3039, 2008, "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials." *Annual Book of ASTM Standards*, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- ASTM G154, 2006, "Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials", ASTM International, Philadelphia.
- ASTM G53, 1996, "Standard Practice for Operating Light- and Water- Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials", ASTM International, Philadelphia.
- Batista, A.C.M., 2012, "Envelhecimento ambiental em compósitos poliméricos à base de tecidos de reforço híbridos" 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio grande do Norte.
- Batista, A.C.M.; Oliveira, J.F.S. e Aquino, E.M.F., 2016, "Structural Degradation and Mechanical Fracture of Hybrid Fabric Reinforced Composites". *Polymer Engineering and Science* (on line).
- Chawla, K.K., 1998, "Composite Materials: Science and Engineering". 2. ed., Birmingham: Springer.
- Felipe, R.C.T.S., Felipe, R.N.B., Aquino, E.M.F., 2012, "Laminar composite structures: Study of environmental aging effects on structural integrity", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 31, 21: pp. 1455-1466.
- Freire Júnior, R.C.S.; Aquino, E.M.F., 2002, "Procedimento prático de fabricação e sua influência na resposta mecânica de compósitos laminados de PRFV", II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.
- Leão, M.A., Tinô S.R.L., Aquino E.M.F., 2015, "Accelerated environmental aging effects in structural integrity of licuri fiber reinforced plastics". *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 34, No. 5, pp. 351–363.
- Mariatti, M.; Chum, P., 2005, "Effect of laminate configuration on the properties of glass fiber-reinforced plastics (GFRPs) mixed composites". *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 24, No. 16, pp. 1713-1721.
- Menail, A., El Mahi A, 2009, "The effects of water aging on the mechanical properties of glass-fiber and Kevlar-fiber epoxy composite materials". *Mechanika*, No. 2, pp. 28-32.
- Pandya, K.S. et al., 2011, "Hybrid composites made of carbon and glass woven fabrics under quasi-static loading". *Materials and Design*, No. 32, pp. 4094-4099.
- Ribeiro, K C. A., "Biocompósitos poliméricos: envelhecimento ambiental, integridade estrutural e processo de reciclagem". 2012. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio grande do Norte, 2012.
- Rodrigues, L. P. S., 2007, "Efeitos do envelhecimento ambiental acelerado em compósitos poliméricos". 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio grande do Norte.

Salehi-khojin, A. *et al.* “The role of temperature on impact properties of Kevlar/fiberglass composite laminates”. Composites part B: engineering, n.37, p.593-602, 2006.

Sayer, M. *et al.*, 2012, “The effect of temperatures on hybrid composite laminates under impact loading”. Journal of Composites: Parte B, No. 43, pp. 2152-2160.

Shokrieh, M.M. and Bayat, A., 2007, “Effects of Ultraviolet Radiation on Mechanical Properties of Glass/Polyester Composites”, Journal of Composite Materials, Vol. 41, No. 20, pp. 2443-2455.

Tinô, S.R.L. and Aquino, E.M.F, 2015, “Polymer composites: Effects of environmental aging and geometric discontinuity in the isotropic and anisotropic behaviors”. Journal of Composite Materials, 0021998315596454, first published on July 20.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STUDY OF MECHANICAL FRACTURE IN POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED BY HYBRIDS FABRICS AND GLASS FIBERS

Ana Claudia de Melo Caldas Batista, ana.batista@ufersa.edu.br¹

Sérgio Renan Lopes Tinô, sergiorlt@yahoo.com.br^{1,2}

Jorge Fernando de Sousa oliveira, jorgefernandosousaoliveira@yahoo.com.br³

Eve Maria Freire de Aquino, eve@dem.ufrn.br¹

¹UFRN – DEM – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica/PPGEM – Centro de Tecnologia, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal – RN/Brasil, CEP: 59072-970.

²IFG – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Rua São Bartolomeu, s/n, Vila Esperança, Luziânia - GO, CEP: 72811-580.

³UFRN – DM – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais – Centro de Tecnologia, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal – RN/Brasil, CEP: 59072-970.

Abstract. A lot of manufactured composite materials are exposed to inclement weather, such as in mechanical applications, pipes and tanks. These materials there is a strong current trend of using hybridization which is performed when it is desired to improve some characteristic of the specific material such as, for example, high modulus and high resistance to shear, being interest the study. Therefore, attempt to understand the influence of environmental aging at fracture of composites (hybrid and non-hybrid) on specimens submitted to the uniaxial tension, two laminates were studied reinforced only with fiberglass (bidirectional plain fabric) and two laminates hybrids: one using fabric glass/Kevlar fibers and another using fabric glass/carbon fibers. The environmental accelerated aging conditions were simulated by aging chamber in which the specimens are exposed to alternating cycles of UV radiation and heated steam for period defined in the standard. It was observed the presence of cracks, exposed fibers, and color change (photo-oxidation process).

Keywords: Environmental aging, fracture., hybrid composites.