

USO DE FIBRAS METÁLICAS E LAMA VERMELHA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS*

Diogo Pontes de Queiroz¹
Mario Henrique Moreira de Moraes¹
Denílson Silva da Costa²
José Antonio da Silva Souza³
Raimunda Figueiredo da Silva Maia⁴
Deibson Silva da Costa⁵

Resumo

Fabricaram-se compósitos híbridos com matriz polimérica, adicionando 1,5 % e 1 % v/v de acelerador e catalisador respectivamente. Utilizando resíduo de lama vermelha com granulometria em 100 mesh e fibras metálicas. As proporções residuais variaram entre 0 %, 5 %, 10 %, 15 % e 20 % em massa e, a fibra fixada em 5 % em massa. Seguiu-se o processo de fabricação de laminação manual hand lay-up. Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios físicos de Absorção de Água, Massa Específica Aparente e Porosidade Aparente (NBR 12766/1992), de inflamabilidade (ASTM D 635), ensaios mecânicos de flexão (ASTM D 790) e tração (ASTM D 3039). Com o aumento das composições, as propriedades físicas aumentaram. Os compósitos apresentaram capacidade de retardo à chama, sendo que o compósito de LV 20 % FM 5 % apresentou melhor desempenho. Os melhores resultados mecânicos para flexão e tração foi do compósito de LV 20 % FM 5 %, com resistência média de 70,61 MPa para flexão e 23,98 MPa em média para tração.

Palavras-chave: Materiais Poliméricos; Propriedades; Resíduo; Fibra.

USE OF METAL FIBERS AND RED MUD IN HYBRID POLYMER COMPOSITES

Abstract

Polymer matrix composites hybrid were made by adding 1.5% and 1 % v/v of accelerator and catalyst respectively. Red mud waste with granulometry at 100 mesh was used and metallic fibers. Waste proportion ranged from 0 %, 5 %, 10 %, 15 % and 20 % by weight and the fiber fixed at 5% by mass. We followed the manufacturing process of manual lamination lay-up. Subjected to physical tests (WA, AP and BD) NBR 12766/1992, flammability (ASTM D 635), mechanical tests flexure (ASTM D 790) and traction (ASTM D 3039). With the increase of the compositions, the physical properties have increased. The composites showed a flame retardation capacity, and the composite of LV 20 % FM 5 % presented better performance. The best mechanical results for flexure and traction were the LV 20% FM 5 %, waste composite, with a mean strength of 70.61 MPa for flexure and 23,98 MPa on average for traction.

Keywords: Polymer Materials; Properties; Waste; Fiber.

¹ Graduando em Engenharia de Materiais, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Ananindeua – PA, Brasil: diogo.femat@gmail.com; demoraesmario@gmail.com.

² Engenheiro Químico, Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Professor adjunto I, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente da Universidade do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), Marabá – PA, Brasil: denilson@unifesspa.edu.br.

³ Engenheiro Químico, Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Professor titular, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém – PA, Brasil: jass@ufpa.br.

⁴ Química Industrial, PRODERNA/ ITEC/ UFPA, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém – PA, Brasil: raimaia@gmail.com.

⁵ Engenheiro Mecânico, Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Professor adjunto I, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Ananindeua – PA, Brasil: deibsonsc@yahoo.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Compósitos são materiais multifásicos formados por duas ou mais fases, nos quais geralmente as propriedades do conjunto são superiores aos dos componentes individuais. É composto por uma fase contínua podendo ser cerâmica, metálica ou polimérica e uma fase dispersante podendo ser fibras ou partículas [1].

Geralmente os compósitos apresentam superioridade em propriedades quando comparados aos materiais convencionais, isso é explicado devido os compósitos serem fabricados para sanar uma necessidade específica anteriormente conhecida, ou seja, tem-se uma lancha que requer resistência a esforços dinâmicos e multidirecionais, fabrica-se um compósito para atender essas requisições. Grande importância sobre esses novos materiais, é que as matérias primas utilizadas na confecção de grande parte desses compósitos são renováveis, encontradas na natureza ou produzidas por grandes indústrias [2].

A indústria da alumina tem alcançado novos níveis nos últimos anos, crescendo de maneira expressiva, não somente a indústria da alumina, mas as indústrias em geral. Dessa forma, as quantidades de rejeitos produzidos por essas indústrias chegam a valores altíssimos levando em conta que são produzidos milhões de toneladas por ano, no entanto, levando em consideração a lama vermelha, estima-se para cada tonelada de alumina produzida geralmente 0.8-1.5 toneladas de lama vermelha são geradas [3,4].

Então, com a pureza desse material nada atrativa, uma das válvulas de escape para evitar acúmulos exagerados seria a produção de compósitos com esse material.

Devido as limitações apresentadas pelas fibras naturais, e diversos fatores somam para afetar as suas propriedades como a geometria, comprimento, superfície e conteúdo, acarretando com que as propriedades oscilem [5].

Com as fibras naturais tendo algumas limitações, as fibras sintéticas tem espaço para suprir essas necessidades que as fibras naturais não conseguem. Dessa forma, quando há maiores exigências mecanicamente as fibras metálicas se enquadram para preencher esse requerimento. As fibras metálicas são utilizadas no âmbito da construção civil aplicadas no concreto para que dificulte as propagações de fissuras e trincas devido ao seu bom módulo de deformação [5].

Neste trabalho ocorreu à produção de compósitos híbridos incorporando 5 %, 10 %, 15 %, e 20 % de resíduo de lama vermelha (LV) e 5 % de fibra metálica (FM). Os materiais foram adicionados em matriz polimérica insaturada para serem avaliados nos ensaios físicos de Absorção de Água (AA), Massa Específica Aparente (MEA) e Porosidade Aparente (PA), ensaios mecânicos (tração e flexão) e ensaio de flamabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO

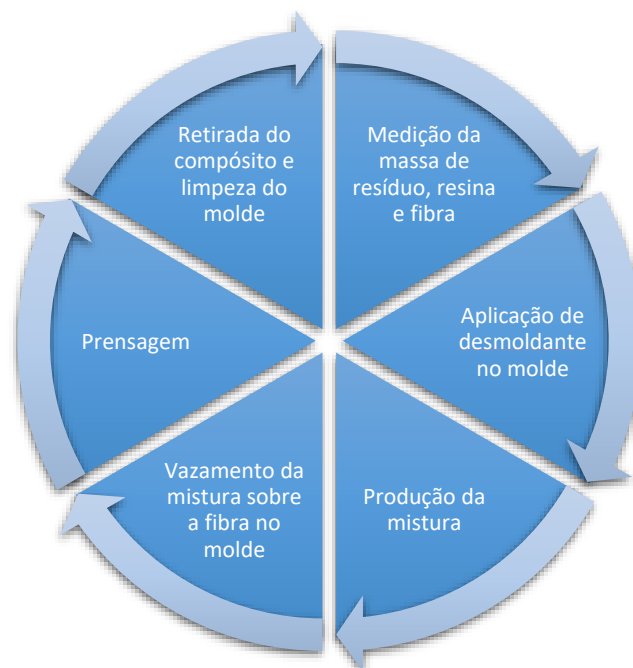
2.1 – Materiais e Métodos

O preparo da matéria prima ocorreu na usina de materiais localizada no Laboratório de Engenharia Química na Universidade Federal do Pará. O material passante utilizado foi selecionado através de uma peneira de 100 mesh da série Tyler. A fabricação dos compósitos híbridos seguiu o método manual *hand lay up*.

A etapa inicial para confecção dos compósitos é a determinação da porcentagem mássica do resíduo, resina e fibra metálica, com isso, a retirada de umidade do resíduo e da fibra metálica foi realizada em estufa em torno de 105 °C.

Em seguida aplicou-se o desmoldante no molde metálico, para não haver contato direto e facilitar a retirada do compósito. O catalisador metílico é adicionado à resina e ocorre à agitação de em média 40 segundos até formar apenas uma fase, em seguida o resíduo é adicionado e homogeneizado, para a finalização da mistura adiciona-se o acelerador para o processo de cura.

A fibra metálica, 5 % em massa, foi disposta em forma de manta tentando preencher de maneira uniforme todo o molde metálico, em seguida a mistura foi despejada sobre a fibra de maneira uniforme, espera-se atingir o ponto de gel para então ocorrer a prensagem hidráulica com carga de 25 kN durante um período de 20 minutos, depois desse tempo o compósito é retirado do molde e colocado em local apropriado permanecendo por 24 horas para finalização do processo de cura. A Figura 1 a seguir, apresenta o fluxograma das etapas de fabricação dos compósitos



híbridos.

Figura 1. Fluxograma de produção dos compósitos híbridos de LV e FM.

Após o processo de fabricação dos compósitos retangulares e passado o tempo necessário para a cura total, em torno de 24 horas, as placas foram cortadas em uma serra mármore nas medidas dos corpos de prova para cada análise e ensaio. Para análises físicas foram produzidos segundo a norma NBR 12766/1992 [6], para os ensaios mecânicos de tração ASTM D 3039 [7] e flexão ASTM D 790 [8] e para os ensaios de retardância a chama de acordo com a norma ASTM D 635 [9].

2.2 – Resultados e Discussão

2.2.1 – Ensaios Físicos

Os resultados dos ensaios físicos realizados para os compósitos híbridos de lama vermelha e fibra metálica estão apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Resultados dos ensaios físicos para os compósitos híbridos de LV e FM

LAMA VERMELHA 100#	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)
Resina plena	0,41	0,41	0,99
LV 5 % FM 5 %	1,6	1,69	1,27
LV 10 % FM 5 %	1,68	1,74	1,28
LV 15 % FM 5 %	1,75	1,82	1,31
LV 20 % FM 5 %	1,9	1,98	1,39

Os resultados de absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA), para a composição de 20 % de resíduo e 5 % de fibra, foram os maiores quando comparados com os demais, pode-se explicar tanto pelo método de fabricação quanto pela forma em que a fibra foi disposta, tendo em vista que a fibra não sofreu nenhum tipo de tratamento. A fibra usada vem em rolos na embalagem comercializada, isto é, houve apenas o desenrolamento e secagem dessa fibra antes de ser organizada no molde. Dessa forma, as fibras entrelaçadas podem ter dificultado a penetração e o preenchimento da resina nos espaços vazios acarretando maiores quantidades de defeitos.

Pode-se analisar também nos resultados da Tabela 1 que, houve um crescimento na absorção de água com o aumento da porosidade do material de acordo com a adição proporcional de resíduo, já que o percentual de fibra foi mantido. Isso pode ser explicado pelo alto teor hidrofílico da lama vermelha e pelo método de fabricação manual utilizado para a confecção do material compósito, *hand lay up*, cujo a probabilidade de formação de defeitos tais como vazios, trincas, poros e bolhas são acentuadas pela simplicidade do processo.

2.2.2 – Ensaio de Flamabilidade

A Tabela 2 apresenta os dados coletados durante o ensaio de resistência a chama, realizado de acordo com a norma ASTM D 635 [9].

Tabela 2. Resultados do ensaio de flamabilidade horizontal dos compósitos de LV e FM

RESÍDUO/PROPORÇÃO	TAXA (mm/min)
Resina plena	17,42
LV 5 % FM 5 %	23,41
LV 10 % FM 5 %	22,10
LV 15 % FM 5 %	15,79
LV 20 % FM 5 %	14,99

Há uma gama de matrizes poliméricas, elas se dividem em dois tipos em relação a retardância a chamas, as que têm baixa resistência à chama e as que têm características atrativas em relação à velocidade de propagação. Dessa maneira, a resina utilizada na confecção dos compósitos apresentou boa taxa de propagação em relação ao exigido pela norma seguida, contudo, quando houve a adição do resíduo de lama vermelha observou-se uma tendência a melhoria da taxa de propagação de chama.

Pode-se notar que o tempo médio de queima das amostras elevou na proporção da adição de resíduo no compósito, dessa forma apresentando maior rendimento na retardância de queima do material, pois quanto maior for o tempo de queima do material a taxa de propagação é melhor, para os fins do trabalho, o que dificulta o espalhamento da chama e facilita a extinção da mesma.

Apesar das composições apresentarem valores com pouca diferença da resina plena, ainda sim, menores que os recomendados pelos órgãos classificados

como HB. A norma apresenta que valores inferiores a 40 mm/min são classificados como adequados.

No Brasil, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), solicita que os revestimentos internos da indústria automobilística portem uma taxa de propagação de chama de 250 mm/min. Entretanto, em países que retêm pesquisas avançadas na área, esse valor é prescrito em 80 mm/min [10,11].

A Tabela 3 apresenta o melhor resultado obtido no trabalho com o incremento de resíduo de LV e FM, comparando com os valores exigidos pelas normas.

Tabela 3. Comparação entre resultados

NORMAS/COMPOSIÇÃO	TAXA DE PROPAGAÇÃO (mm/min)
CONTRAN 675	250,00
ASTM D 635	40,00
LV 20 % FM 5 %	14,99

O resultado obtido nesse ensaio pode ser considerado excelente quando comparado com os valores estabelecidos pela norma, haja vista que o compósito apresentou valor bem menor do que a norma estabelece. O compósito híbrido de LV 20 % FM 5 % quando comparado ao exigido pelo CONTRAN 675 [10] é de aproximadamente 94 % menor, e quando a ASTM 635 [9] é considerada, o valor é menor aproximadamente 62 %.

2.2.3 – Ensaio Mecânicos

2.2.3.1 – Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão de 3 pontos seguiu a norma ASTM D 790 [8], os resultados estão expostos na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Resultados do ensaio de flexão dos compósitos de LV e FM

COMPOSIÇÃO	TENSÃO DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO (MPa)
Resina plena	63,05 ± 9,09
LV 5 % FM 5 %	69,64 ± 3,74
LV 10 % FM 5 %	60,65 ± 8,58
LV 15 % FM 5 %	55,84 ± 4,90
LV 20 % FM 5 %	70,61 ± 6,56

Dentre os resultados expostos para os compósitos híbridos de lama vermelha e fibra metálica, os que apresentaram melhores resistências a flexão foram o de 5 % e 20 % de resíduo, alcançando valores médios de 69,64 MPa e 70,61 MPa respectivamente, os resultados obtiveram valores próximos a resina plena, porém para esses dois resultados a fibra metálica atuou como reforço efetivo para aumento da resistência. Esses valores podem ser explicados tanto pela forma de adição da fibra metálica, na qual utilizou-se de maneira entrelaçada, apesar de ser um material com característica de alta resistência, a forma de organização pode ter intervindo de maneira negativa no compósito, bem como pelo método de fabricação empregado, *hand lay-up*, por não requerer de tecnologia expressiva e as probabilidades de se formarem defeitos no produto serem altas.

2.2.3.2 – Ensaio de Tração

A Tabela 5 apresenta os resultados do ensaio de tração efetuado de acordo com a norma ASTM D 3039 [7].

Tabela 5. Resultados do ensaio de tração dos compósitos de LV e FM

COMPOSIÇÃO	TENSÃO DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)
Resina plena	9,8 ± 1,06
LV 5 % FM 5 %	19,98 ± 2,78
LV 10 % FM 5 %	16,54 ± 2,22
LV 15 % FM 5 %	21,09 ± 0,89
LV 20 % FM 5 %	23,98 ± 2,42

De acordo com os resultados obtidos para os compósitos híbridos de lama vermelha e fibra metálica, a composição de LV 20 % FM 5 %, apresentou melhor resultado em média de resistência a tração, com valor médio de 23,98 MPa. Nota-se que a partir do incremento de resíduo, essa resistência obteve um leve aumento, apesar do compósito de LV 10 % FM 5 % ter obtido um suave decaimento os valores médios foram bem próximos, esses resultados podem ser explicados tanto pela inserção de fibra metálica que atuou como reforço efetivo para aumento da resistência quanto pela granulometria da lama vermelha, acarretando com que, apesar de ser um método de fabricação simples, o resíduo obteve boa dispersão preenchendo maior parte dos vazios possivelmente deixados pela forma de disposição da fibra no molde, assinalando assim maior eficiência na resistência.

3 CONCLUSÃO

Os materiais confeccionados direcionados ao ensaio de flamabilidade, obtiveram classificação HB referindo a norma ASTM 635 [9], assim caracterizado como retardante de chama. Os compósitos híbridos obtiveram resultados excelentes segundo a resolução CONTRAN 675 [10], atingindo a taxa de 14,99 mm/min para o compósito de LV 20 % FM 5 %.

Em relação aos ensaios mecânicos, as resistências a flexão dos compósitos híbridos obtiveram valores próximos a resina plena, as composições de (LV 5 % FM 5 %) e (LV 20 % FM 5 %) foram as que apresentaram melhores resultados, em média 69,64 MPa e 70,61 MPa respectivamente, dessa forma, apesar de não ter obtido altos valores, os materiais atuaram como reforço. No ensaio de tração, as resistências foram melhores quando comparadas com a resina plena, alcançando resistência como 23,98 MPa em média para a composição de LV 20 % FM 5 %, a fibra metálica atuou como reforço efetivo para o ensaio de tração.

Assim, os compósitos híbridos produzidos nesse trabalho, obtiveram relativamente bons resultados na maioria dos ensaios, contudo, o ensaio mecânico de tração e teste de flamabilidade obtiveram melhores resultados, acarretando com que a aplicação desse compósito híbrido seja mais atrativa quando requerido esforços de tração ou quando necessário um material resistente a chama.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Pará, ao CNPQ pelo amparo financeiro e ao Laboratório de Engenharia Química.

REFERÊNCIAS

- [1] CALLISTER, W. Ciência e Engenharia de Materiais - uma introdução. 8 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- [2] Martins J. A. Obtenção, Caracterização e Utilização de um Compósito com Matriz de Resina Poliéster e Carga de Fibras de Sisal [tese]. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2016.
- [3] Hildebrando E.A., Souza J.A.S., Angélica R.S., Neves R.F. Application of bauxite waste from amazon region in the heavy clay industry. *Ambiente Construído* (Online). 2013; 16: 1418-1422.
- [4] Zhang N, Liu X, Sun H and Li L. Evaluation of blends bauxitecalcination-method red mud with other industrial wastes as acementitious material: Properties and hydration characteristics. *Journal of Hazardous Materials*. 2011; 185: 329-335.
- [5] Neto M. C. M. Obtenção e Caracterização de um Compósito de Matriz Polimérica com Carga de Palha de Aço [tese] Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2016.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 12766 "Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente, absorção d'água aparente." 1992. 2p.
- [7] ASTM D 3039. "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2000.
- [8] ASTM D 790. "Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2010.
- [9] ASTM D 635 "Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position" Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2010.
- [10] Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Resolução nº. 675 - "Requisitos aplicáveis aos materiais de revestimento interno do habitáculo de veículos e dá outras providências." Diário Oficial da União, Seção 1, página 13534, 09 de setembro de 1986.
- [11] Ribeiro L.M. Flamabilidade e retardância de chama do compósito: poliéster insaturado reforçado com fibra de abacaxi (palf). *Holos*. 2013; ano 29, vol 1.