

Estudo da influência da sedimentação gravitacional da lama vermelha na resistência à chamas de compósitos poliméricos**Study of the influence of gravitational sedimentation of red mud on the flame resistance of polymeric composites**

DOI:10.34115/basrv4n3-033

Recebimento dos originais:10/04/2020

Aceitação para publicação:14/05/2020

Haianny Beatriz Saraiva Lima

Graduanda em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais, campus Ananindeua

Endereço: Universidade Federal do Pará, 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: hamylima@gmail.com

Bruno Henrique Alves Mendes

Mestre em Engenharia Química, Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Pará.
Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Endereço: Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: bruno_mendes15@hotmail.com

Julianne Silva Lalor

Graduanda em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais, campus Ananindeua

Endereço: Universidade Federal do Pará, 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: julliannelalora@gmail.com

Karla Suellen Lino Barbosa

Mestranda em Engenharia Química, Bacharela Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mecânica pela Universidade Federal do Pará.
Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Endereço: Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: karllaslb@gmail.com

Denílson da Silva Costa

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas (Tecnologia Mineral) pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Instituição: Universidade Federal do Sul e Sudeste, Professor do magistério superior, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, campus Marabá

Endereço: Universidade do Sul e Sudeste, 68505-080, Marabá, PA, Brasil

E-mail: denilson@unifesspa.edu.br

Wassim Raja El Banna

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Faculdade de
Engenharia Mecânica, campus Tucuruí
Endereço: Universidade Federal do Pará, 68464-000, Tucuruí, PA, Brasil
E-mail: wassim@ufpa.br

Deibson Silva da Costa

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará
Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Faculdade de
Engenharia de Materiais, campus Ananindeua
Endereço: Universidade Federal do Pará, 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.
E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

RESUMO

O Estado do Pará é um dos maiores produtores de substâncias minerais do Brasil, como consequência vários resíduos são gerados conforme a produção, isso ocasiona enormes impactos ambientais, sendo assim necessário fornecer uma utilidade para esses resíduos. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a influência da sedimentação gravitacional da lama vermelha nos compósitos poliméricos através dos ensaios de flamabilidade (IEC 60695-11-10 e ASTM D635). A lama vermelha passou por várias classificações granulométricas, utilizou-se a resina poliéster isoftálica, iniciador (1,5 % v/v) e acelerador de cobalto (1 % v/v), estipulou-se as frações mássicas de 40 % e 20 % para cada camada (sedimentada e suspensão), respectivamente. A fabricação dos compósitos foi realizada por moldagem manual em molde de silicone. Os compósitos apresentaram capacidade de resistência à chama, sendo que os compósitos de 40 % de lama vermelha sedimentada e em suspensão apresentaram melhor desempenho em relação à matriz plena.

Palavras-chave: Compósitos; Flamabilidade; Impactos Ambientais; Resíduos.

ABSTRACT

The State of Pará is one of the largest producers of mineral substances in Brazil, as a result of which several wastes are generated according to production, this causes enormous environmental impacts, thus it is necessary to provide a utility for these wastes. This work aims to evaluate the influence of gravitational sedimentation of red mud on polymeric composites through the flammability tests (IEC 60695-11-10 and ASTM D635). The red sludge went through several granulometric classifications, the isophthalic polyester resin, initiator (1.5% v / v) and cobalt accelerator (1% v / v) were used, the mass fractions of 40% and 20 % for each layer (sediment and suspension), respectively. The manufacture of composites was carried out by manual molding in a silicone mold. The composites showed flame resistance, and the composites of 40% sedimented and suspended red mud showed better performance in relation to the full matrix.

Keywords: Composites; Flammability; Environmental impacts; Waste.

1. INTRODUÇÃO

A produção mineral é, indubitavelmente, a principal atividade econômica do Estado do Pará, tanto que o Banco Mundial qualificou sua economia como essencialmente mineira (Silva et al., 1996). Muitas das nossas tecnologias modernas exigem materiais com combinações não usuais de propriedades as quais não podem ser atendidas pelas ligas metálicas, cerâmicos e materiais poliméricos convencionais. As combinações e as faixas das propriedades dos materiais foram, e ainda estão sendo ampliadas pelo desenvolvimento de materiais compósitos. De acordo com o princípio da ação combinada, melhores combinações de propriedades são criadas por uma combinação judiciosa de dois ou mais materiais distintos (Callister, 2008).

Várias pesquisas são realizadas visando o aproveitamento de resíduos, para assim diminuir os impactos ambientais causados, segundo as pesquisas de Rodrigues (2016), El Banna (2017) e Cunha (2015). O resíduo gerado em uma das etapas do processo Bayer (Lama vermelha), é normalmente disposto em grandes lagoas de sedimentação, as quais geram enormes impactos ambientais.

Visto a gravidade dos impactos que podem ser gerados por esses resíduos, faz-se necessário fornecer uma utilidade nobre, neste contexto esse trabalho tem como objetivo avaliar a influência da sedimentação gravitacional da lama vermelha nos ensaios de inflamabilidade em compósitos com incorporação de lama vermelha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A matriz utilizada no desenvolvimento deste trabalho é composta por um polímero termofixo (resina poliéster isoftálica insaturada), acelerador de cobalto na proporção 1,5 % (v/v) e iniciador MEK-P (Butanox M-50) utilizado na proporção 1 % (v/v). A lama vermelha foi obtida através das indústrias locais do estado do Pará. Determinou-se a massa do resíduo a ser utilizado para a fabricação em uma das frações mássicas de 20 % e 40 %.

A lama vermelha (LV) bruta foi secada na estufa com temperatura de 100 °C por 24 horas, em seguida desagregou-se em um moinho de bolas por aproximadamente 30 minutos. A LV foi classificada utilizando uma peneira de 100 Mesh da série Tyler (tamanho da abertura 0,147 mm), para depois classificar-se a úmido em peneira de 325 Mesh (0,044 mm). Secou-se o material passante para ser feita novamente a sua desagregação e classificação em peneira de 100 Mesh (0,147 mm). Realizou-se a sedimentação gravitacional por 1 hora, onde foram formadas duas camadas: sedimentada e em suspensão. As duas camadas foram separadas e secas por 24 horas, para ser feita novamente a desagregação de ambos e classificação em peneira de 100 Mesh.

As proporções de cobalto e butanox foram medidas e o resíduo de LV foi pesado e levado à estufa à aproximadamente 100 °C por 20 minutos. A mistura manual de resina, cobalto, resíduo e iniciador durou cerca de 5 minutos, após essa etapa a mistura foi despejada no molde de silicone, esperou-se 1 hora para a retirada dos corpos de prova (CP'S) que foram colocados em um recipiente plano por 24 horas para evitar possíveis deformações. Fabricou-se 10 corpos de prova em molde de silicone de cada fração mássica com 20 % e 40 % de LV, fração sedimentada e em suspensão, para os ensaios de flamabilidade. Os corpos de prova foram lixados para os devidos acabamentos e identificados em suas duas extremidades. A Figura 1 apresenta um fluxograma com as principais etapas de fabricação deste trabalho.

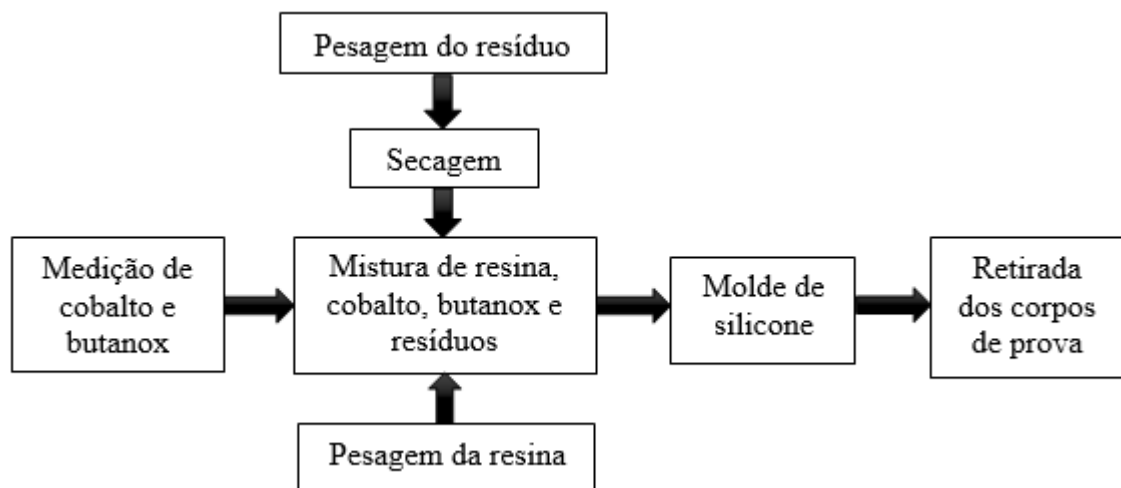


Figura 1 – Fluxograma das etapas de fabricação dos materiais compósitos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizou-se o ensaio de flamabilidade especificado nas normas IEC 60695-11-10 e ASTM D635, efetuado na posição horizontal, onde registrou-se o tempo necessário para a combustão atingir a marca de 25 mm (1 polegada) e o tempo necessário para atingir a marca de 100 mm (4 polegadas) quando a combustão prosseguia. Por fim para os CP'S que não atingiram a marca de 100 mm, registrou-se o tempo e o comprimento danificado.

Os dados obtidos para os resíduos de lama vermelha (LV), sedimentada (SED) e em suspensão (SUS), nas proporções mássicas de 40 % e 20 %, juntamente com a resina plena são observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de flamabilidade

COMPOSIÇÃO	TAXA (mm/min)
RESINA PLENA	27,3 (\pm 0,54)
20 % LV - SUS	14,56 (\pm 2,82)
20 % LV – SED	13,03 (\pm 0,11)
40 % LV- SUS	SI
40 % LV - SED	SI

Os corpos de prova com fração mássica de 40 % apagaram a chama antes de atingir a linha de 75 mm estipulada pela norma, esses CP'S foram classificados como SI (sem ignição). Já os de 20 % houve a propagação da chama, porém com velocidade de propagação significativamente reduzida.

De acordo com a tabela de resistência a chama da norma HB (*horizontal burning* ou teste de flamabilidade horizontal), valores inferiores a 40 mm/min são classificados como adequados. Logo, os resultados obtidos pelos compósitos contendo somente a resina plena e os que foram adicionados o resíduo de lama vermelha apresentaram excelentes resultados, visto que a taxa média de queima dos corpos de prova diminuiu conforme acrescentou-se o resíduo.

No Brasil a resolução CONTRAN nº 675, exige que os revestimentos internos das indústrias automobilísticas tenham uma velocidade de propagação de chama de 250 mm/min.. Já nos países com pesquisas avançadas nessa área, esse valor é de 80 mm/min (Ribeiro, L. M., 2013).

A Figura 2 apresenta o gráfico comparativo dos resíduos de lama vermelha em comparação a matriz plena (MP) e suas taxas de queima, onde pode ser notada a diferença entre os resultados obtidos.

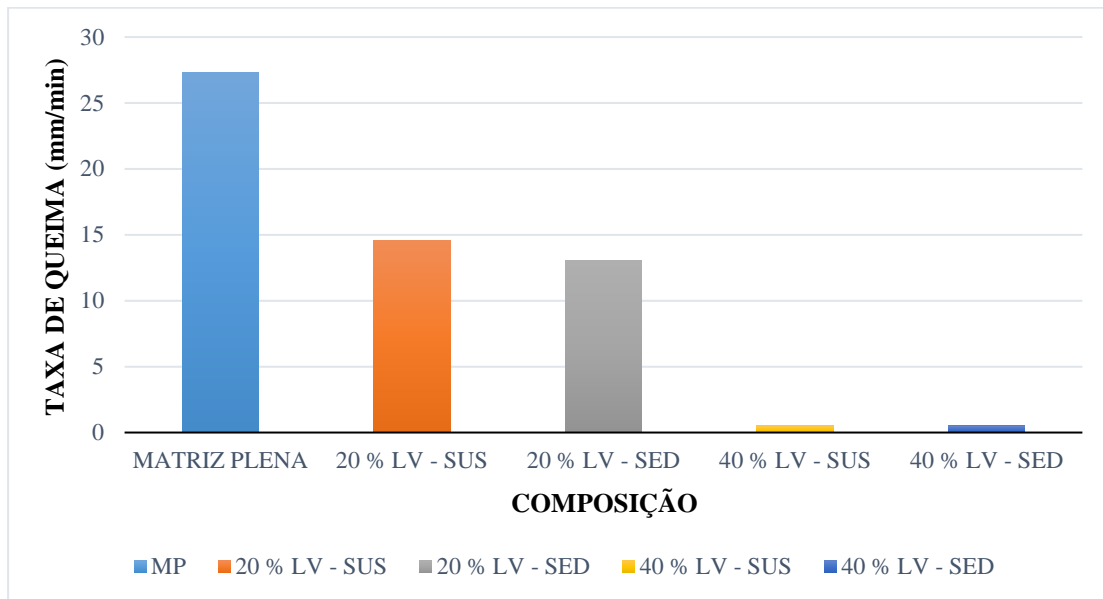


Figura 2 - Gráfico comparativo dos resíduos de lama vermelha em relação à matriz plena, através do ensaio de flamabilidade.

A incorporação de particulados inorgânicos, com baixa flamabilidade, pode atuar na redução da quantidade de material combustível disponível para a propagação, o que explicaria a progressiva redução na taxa em função do aumento no teor de particulado (Ullah et al., 2014).

Segundo Ribeiro et al. (2013), neste ensaio observou-se que o tempo médio de queima das amostras aumentou à medida que se adicionou mais resíduo ao compósito, demonstrando que quanto maior for o tempo de queima do material, menor será a velocidade de queima, o que dificulta a propagação da chama e facilita a extinção da mesma.

Um dos mais comuns mecanismos de retardância à chama é a liberação de água estrutural de óxidos hidratados ao atingirem suas temperaturas de desidratação correspondente (Cunha 1998).

A lama vermelha contém em sua composição química alguns óxidos (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO , Na_2O , MnO , MgO), sendo metade da composição constituída por óxidos de alumínio e óxidos de ferro. Algumas pesquisas envolvendo óxidos metálicos constataram retardância de chamas para materiais como MnO e Fe_2O_3 . De acordo com Utstester (2010), o hidróxido de alumínio, material retardador de chama é excelente para o meio ambiente e não produz gases tóxicos, já o óxido de magnésio metálico após ser aquecido liberando água, pode absorver o calor e assim, atingir o objetivo de retardador de chama.

Cunha (2015), após a utilização do método de difração de raio-X (DRX), que permite a determinação mineralógica dos materiais, notou a presença de picos correspondentes a hematita (Fe_2O_3), goetita ($\text{FeO}(\text{OH})$), gibbisita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), sodalita ($\text{NaAlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$), caulinita ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_2$ -

(OH)₄) e chantalita (CaAl₂SiO₄ (OH)₄).

4. CONCLUSÃO

Através dos ensaios de flamabilidade notou-se que conforme acrescentava-se o resíduo de lama vermelha na matriz polimérica, a velocidade de propagação da chama foi significativamente reduzida.

A sedimentação gravitacional permitiu a separação em 2 (duas) camadas de lama vermelha, sedimenta e suspensão, porém, não gerou alterações significativas nos compósitos, sendo necessário mais testes para analisar a sua influência.

Os materiais fabricados após o ensaio de flamabilidade classificaram-se conforme a norma HB referindo à norma ASTM D 635, como retardante de chama. Os compósitos utilizando resíduos de vermelha obtiveram resultados satisfatórios.

De acordo com o CONTRAN nº 675, em relação aos resultados obtidos, os compósitos estudados apresentaram valores bem menores do que o exigido pelas normas. Logo os materiais desenvolvidos nesse trabalho, podem ser aplicados como retardante a chama, dando assim uma utilização para esses resíduos que seria descartado ocasionando grandes impactos ambientais. A segurança é outro fator importante, visto que um material que extingue ou retarde a chama, pode em determinadas situações, salvar vidas, assim como proporcionar a diminuição de gases poluentes gerados pela queima do material.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM **D635-10** – Standard Test Method for Rate of Burnin or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position.

CALLISTER, W. D. Jr. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CUNHA, E. J. S. Influência do uso de resíduo do processo Bayer nas propriedades térmicas e mecânicas de compósitos de base polimérica reforçados com fibra de Curauá. Tese de doutorado, 2015.

CUNHA, E. J. S. Degomagem de feixe de fibras de curauá (*Ananas erectifolius* S.) Influência das

variáveis de processos na solubilidade do material péctico e nas propriedades mecânicas. 1998, 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 1998.

EL BANNA, W. R. Influência do resíduo de flotação de minério de cobre nas propriedades físicas e mecânicas de compósitos de matriz termofixa e fibras de bananeira (*Musa Sapientum*, *Musacae*). Tese de doutorado, 2017.

IEC 60695-11-10 ed2.0 – Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods.

RODRIGUES, D. N. Influência da adição de resíduo de mármore e granito em compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra de coco. Dissertação de mestrado, 2016.

RIBEIRO, L. M. Flamabilidade e retardância de chama do compósito: poliéster insaturado reforçado com fibra de abacaxi (palf). *Holos*, ano 29, vol 1, 2013.

SILVA, A.; STILIANIDI, F. B.; BRAGA, J. B. P.; AZEVEDO, L. O R. Pará: a maior província mineral da terra. *Revista Nosso Pará*, Belém, n. 3, p. 78-89, dez. 1996.

ULLAH, S.; AHMAD, F.; SHARIFF, A. M.; BUSTAM, M. A. Synergistic effects of kaolin clay on intumescent fire retardant coating composition for fire protection of structural steel substrate. *Polymer Degradation and Stability*, v. 110, p. 91-103, 2014.

UTSTESTER. Classificação de material retardador de chama. Disponível em: < https://pt.utstesters.com/blog/flame-retardant-material-classification_b47 >. Acesso em: 24 jul. 2019.