

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

## POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO COM FIBRAS DE SISAL EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA

Ingrid Moreira Reis<sup>1</sup> ([ingridmoreira@outlook.com](mailto:ingridmoreira@outlook.com)), Willam Rayplam Pereira Coelho<sup>1</sup> ([williamat196@gmail.com](mailto:williamat196@gmail.com)), Gabrilly Monteiro Melo<sup>1</sup> ([gabrillymonteiro@yahoo.com.br](mailto:gabrillymonteiro@yahoo.com.br)), Karla Suellen Lino Barbosa<sup>2</sup> ([karllaslb@gmail.com](mailto:karllaslb@gmail.com)), Iara Ferreira Santos<sup>2</sup> ([iaraferreira.eq@gmail.com](mailto:iaraferreira.eq@gmail.com)), José Antônio da Silva Souza<sup>2</sup> ([jass@ufpa.br](mailto:jass@ufpa.br)), Deibson Silva da Costa<sup>1</sup> ([deibsonsc@yahoo.com.br](mailto:deibsonsc@yahoo.com.br))

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Ananindeua  
<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará (UFPA) - Campus Belém

### RESUMO

A quantidade de resíduo gerado em razão das etapas de beneficiamento de rochas ornamentais no setor industrial, é intensa. Logo, pesquisadores estudam formas de reciclar estes resíduos minerais incorporando-os como carga em compósitos. Portanto, foram confeccionados compósitos poliméricos com resíduo de mármore e granito nas proporções mássicas de 5 %, 10 %, 15 % e 20 % na granulometria de 100 Mesh com fibras de sisal no comprimento de 15 mm e na proporção mássica de 3 %, utilizando o método de fabricação *hand lay up* associado à prensagem em molde fechado. A matriz poliéster isoftálica foi utilizada em conjunto com o acelerador de cobalto (1,5 % v/v) e o catalisador (1 % v/v). Foi realizada análise mineralógica no resíduo com o intuito de identificar os principais componentes minerais, além de ensaios nos compósitos de caracterização física por meio da massa específica aparente (ASTM D 792), absorção de água (ASTM D 570) e porosidade aparente (ASTM D 2734), bem como ensaios de flamabilidade horizontal (ASTM D 635) e de resistência à tração (ASTM D 3039). Os resultados das propriedades físicas mostraram um aumento em relação à matriz plena. Referente a resistência à chama, os compósitos apresentaram uma redução de aproximadamente 16 % em comparação a matriz plena e para o desempenho à tração, os resultados mostraram um aumento de aproximadamente 33 % na proporção de 5 % RMG / 3 % FS em referência a matriz plena. Dessa forma, a utilização desses materiais mostrou-se eficiente na incorporação com a matriz polimérica.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento sustentável; Resíduo de mármore e granito; Fibras vegetais.

## POTENTIAL FOR THE USE OF MARBLE AND GRANITE WASTE WITH SISAL FIBERS IN POLYMERIC MATRIX COMPOSITS

### ABSTRACT

The amount of waste generated due to the processing steps of ornamental rocks in the industrial sector, is intense. Soon, researchers are studying ways to recycle these mineral residues by incorporating them as fillers in composites. Therefore, polymeric composites were made with marble and granite residues in the mass proportions of 5 %, 10 %, 15 % and 20 % in the granulometry of 100 Mesh with sisal fibers in the length of 15 mm and in the mass proportion of 3 %, using the hand lay-up manufacturing method associated with closed mold pressing. The isophthalic polyester matrix was used in conjunction with the cobalt accelerator (1.5 % v / v) and the catalyst (1 % v / v). Mineralogical analysis was performed on the residue in order to identify the main mineral components, in addition to tests on the physical characterization composites using the apparent specific mass (ASTM D 792), water absorption (ASTM D 570) and apparent porosity (ASTM D 2734), as well as horizontal flammability (ASTM D 635) and tensile strength (ASTM D 3039) tests. The results of the physical properties showed an increase in relation to the full matrix. Regarding flame

resistance, composites showed a reduction of approximately 16 % compared to full matrix and for tensile performance, the results showed an increase of approximately 33 % in the proportion of 5 % RMG / 3 % FS in reference to matrix full. Thus, the use of these materials proved to be efficient in the incorporation of the polymeric matrix.

**Keywords:** Sustainable development; Marble and granite waste; Vegetable fibers.

## 1. INTRODUÇÃO

Os minérios de mármore e granito são rochas ornamentais, sendo o mármore considerado um conjunto de rochas carbonáticas e o granito um conjunto de rochas silicáticas, no qual possuem condições de desdobramento e de beneficiamento para fins ornamentais e de revestimento (BEZERRA, 2017).

Com base nas problemáticas ambientais oriundas dos processos de beneficiamento das rochas ornamentais, em destaque, os minérios de mármore e granito, pesquisas são realizadas com o intuito de se obter alternativas para a diminuição do acúmulo desses rejeitos, mediante ao reaproveitamento dos resíduos sólidos como carga para a fabricação de novos materiais, resultando na redução de impactos ambientais, além de proporcionar um valor de mercado ao resíduo.

Dentro deste contexto, inúmeros trabalhos viabilizam a reutilização dos resíduos provenientes do beneficiamento das rochas ornamentais para variados fins, tais como, a admissão em vidros, cerâmica vermelha e produção de cosméticos. Além dessas alternativas, uma aplicação promissora dos resíduos é a incorporação como cargas minerais em compósitos poliméricos, por serem de baixo custo e possuir fonte altamente disponível na indústria brasileira (SANTOS et al., 2014).

Para reforço na matriz polimérica tem-se também a incorporação de fibras vegetais, onde estudos científicos identificam a natureza biodegradável e renovável das fibras, além de possuírem características como baixo custo, baixa densidade, aumento da rigidez e resistência do material, tornando-as uma fonte em potencial para aplicações nos variados segmentos industriais (MARTINS NETO, 2016).

De acordo com a vasta aplicação das fibras vegetais como materiais de reforço na produção de compósitos poliméricos, uma das fibras que mais se destaca é a fibra de sisal, constituída da planta *Agave sisalana*, oriunda do México, sendo introduzida no Brasil no século XX, onde atualmente é considerado o país com maior produção de fibra de sisal em razão do baixo custo, facilidade de beneficiamento e por apresentar um desempenho mecânico eficiente (AMORIM et al., 2019).

Desse modo, o presente trabalho busca avaliar o potencial de utilização do resíduo sólido de mármore e granito com fibras vegetais de sisal por meio das propriedades físico-mecânicas, bem como a resistência à chama dos compósitos.

## 2. OBJETIVO

Confeccionar compósitos híbridos de resíduo de mármore e granito adjunto com fibras vegetais de sisal e avaliar as suas propriedades físico-mecânicas e de resistência à chama.

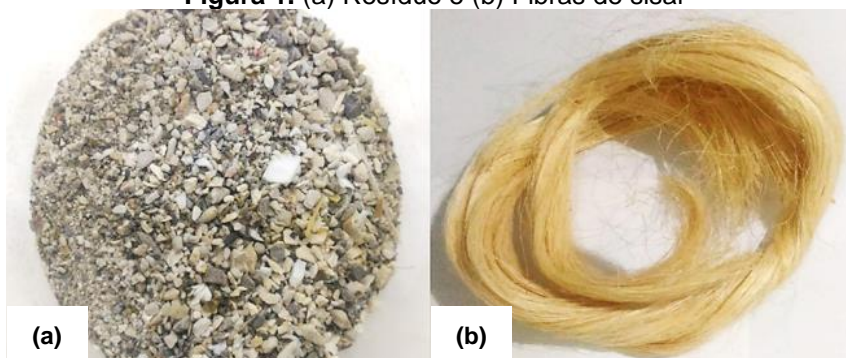
## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Materiais utilizados

A matriz polimérica utilizada foi a resina poliéster isoftálica insaturada, proveniente da empresa Centerglass Ind, Com. R. e Fibras Ltda, com densidade de 1,15 g/cm<sup>3</sup>, segundo dados fornecidos pela fabricante. O sistema catalítico utilizado, em volume, foi constituído pelo acelerador de cobalto, denominado CAT MET UMEDECIDO, solução de octoato 1,5 % e o iniciador peróxido de metil cetona (MEK-P) 1,0 % (Butanox M-50) produzidos pela empresa AEROJET Brasileira de Firbeglass Ltda.

O Resíduo de Mármore e Granito (RMG) utilizado foi fornecido pela empresa Brilasa Britagem e Laminação de Rochas S/A, localizada no Estado do Pará, onde a densidade adotada para o resíduo para fins experimentais foi entre 2,6 – 2,8 g/cm<sup>3</sup> segundo trabalho de Spala et al. (2017). As Fibras de Sisal (FS) utilizadas foram fornecidas pela empresa SISALSUL, localizada no Estado de São Paulo, com densidade de 1,42 g/cm<sup>3</sup>, de acordo com Costa (2016). A Figura 1 a seguir apresenta (a) o resíduo e (b) as fibras de sisal.

Figura 1. (a) Resíduo e (b) Fibras de sisal



## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Desagregação do resíduo de mármore e granito

O resíduo de mármore e granito fornecido passou pelo processo de secagem em estufa por aproximadamente 24 horas a uma temperatura de 105 ° C. Após este processo foi realizada a etapa de cominuição e peneiramento manual do resíduo em peneira com granulometria de 100 Mesh (0,149 mm) da série Tyler.

### 3.2.2 Difração de Raios –X (DRX)

As análises mineralógicas foram feitas em um Difratorômetro de Raios –X, que permite identificar as fases cristalina do material. Para a análise do material foi realizado a redução das amostras mediante ao quarteamento, seguida da homogeneização e diminuição dos grãos a serem analisados.

### 3.2.3 Processo de corte das fibras de sisal

As fibras de sisal utilizadas foram cortadas com o auxílio de uma escala milimétrica em comprimento de 15 mm, onde o processo do corte consistiu na organização de feixes de fibras sobre uma tira de papel conforme as dimensões desejadas. As fibras não passaram por nenhum tratamento químico.

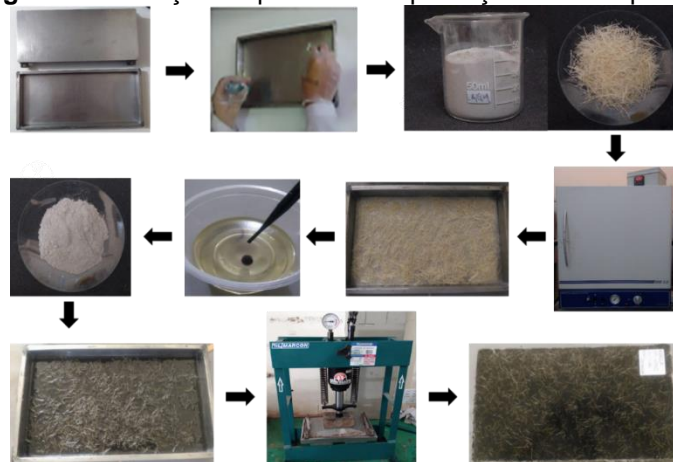
### 3.2.4 Produção dos compósitos

Para a produção dos compósitos utilizou-se o método *hand lay up* associado à prensagem em um molde fechado. Foram confeccionados compósitos híbridos em formato de placas retangulares nas dimensões de 320 mm x 172,5 mm x 5 mm. As proporções mássicas dos materiais foram determinadas em 3 % de fibra de sisal (comprimento de 15 mm), variando as frações em massa de 5 %, 10 %, 15 % e 20 % do resíduo com granulometria de 100 Mesh, considerando a fração de 0 % de fibra e 0 % de RMG como método comparativo. As frações mássicas utilizadas foram baseadas nos trabalhos de Barbosa et al. (2018) e Farias (2019).

Para a produção das placas, tanto a fibra quanto o RMG foram pesados e colocados na estufa a uma temperatura de 105 ° C por um período de 30 minutos, para retirar a umidade superficial do material. Após esse período, as fibras foram dispostas de forma aleatória dentro do molde, paralelo a isso, foi homogeneizada a mistura polimérica na sequência de resina isoftálica, acelerador de cobalto, resíduo, e por fim, iniciador MEK-P, durante 5 minutos. Na sequência, a mistura foi despejada dentro do molde. Depois de a mistura atingir o ponto de gel no período entre 10 a 15

minutos, o material foi prensado com carga de 25 kN durante 20 minutos. A Figura 2 ilustra o processo de produção dos compósitos.

Figura 2. Ilustração do processo de produção dos compósitos

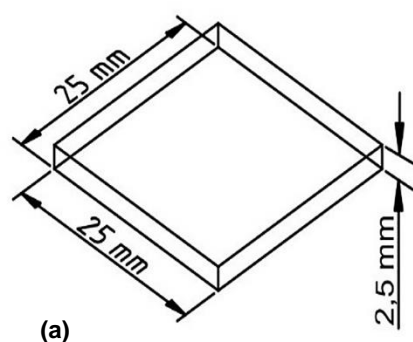


Após a fabricação dos compósitos, as placas retangulares, foram cortadas com auxílio de uma máquina de corte em dimensões de acordo com as recomendações dos ensaios a serem realizados.

### 3.2.5 Caracterização física

As caracterizações físicas dos compósitos fabricados foram feitas por meio de Massa Específica Aparente (MEA) (ASTM D 792), Absorção de Água (AA) (ASTM D 570) e Porosidade Aparente (PA) (ASTM D 2734), onde foram preparados 5 corpos de prova, nas dimensões de 25 mm x 25 mm, de acordo com as proporções mássicas dos compósitos estabelecidas. Após a obtenção dos corpos de prova, o material foi colocado seco na estufa durante 24 h a uma temperatura de 105 °C, após esse período cada corpo foi pesado em balança de precisão para determinação da massa seca -  $m_s$ . Em seguida, foi realizada a imersão desses corpos de prova em água destilada por 24 h para se determinar a massa úmida -  $m_u$  e por fim foi pesado hidrostáticamente para obtenção da massa imersa -  $m_i$ . A Figura 3 mostra a (a) dimensões dos corpos de prova e (b) aparato utilizado nos ensaios físicos.

Figura 3. (a) Dimensões dos corpos de prova e (b) Aparato utilizado nos ensaios



Para a obtenção das propriedades citadas, utilizou-se as equações (1), (2) e (3).

$$MEA = \frac{m_s}{(m_u - m_i)} \quad (1)$$

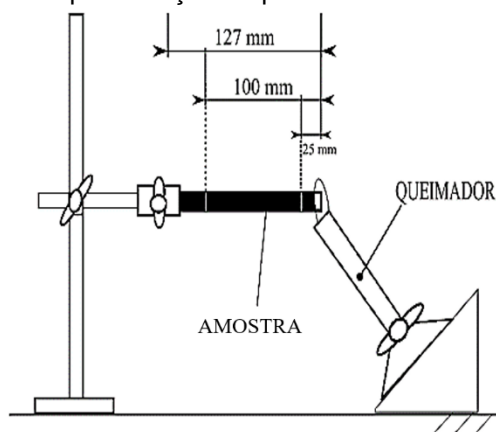
$$AA = \frac{(m_u - m_s)}{m_s} * 100(\%) \quad (2)$$

$$PA = \frac{(m_u - m_s)}{(m_u - m_i)} * 100(\%) \quad (3)$$

### 3.2.6 Ensaio de flamabilidade

O ensaio de resistência à chama foi realizado conforme as recomendações da norma ASTM D 635, no qual os corpos de prova foram confeccionados de acordo com as dimensões de 127 x 12,7 mm. Para o procedimento do ensaio, os corpos de prova foram marcados a 25 mm e 100 mm de uma extremidade, deixando uma área útil de 75 mm, onde foi observado a durabilidade do tempo da chama após atingir a primeira marcação até chegar a segunda marcação. A Figura 4 apresenta o esquema do ensaio realizado.

Figura 4. Representação esquemática do ensaio realizado

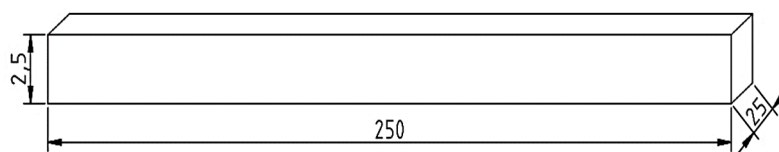


Fonte: Adaptado de Mendes (2019).

### 3.2.7 Ensaio de resistência à tração

Para a realização do ensaio de resistência à tração foram fabricados 9 corpos de prova de acordo com a norma ASTM D 3039, no qual a execução do ensaio consistiu no uso de uma máquina universal de ensaios, marca KRATOS, modelo IKLC3, com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min. A Figura 5 mostra o esquema do corpo de prova utilizado no ensaio conforme as dimensões estabelecidas.

Figura 5. Dimensões em mm dos corpos de prova para ensaio de tração



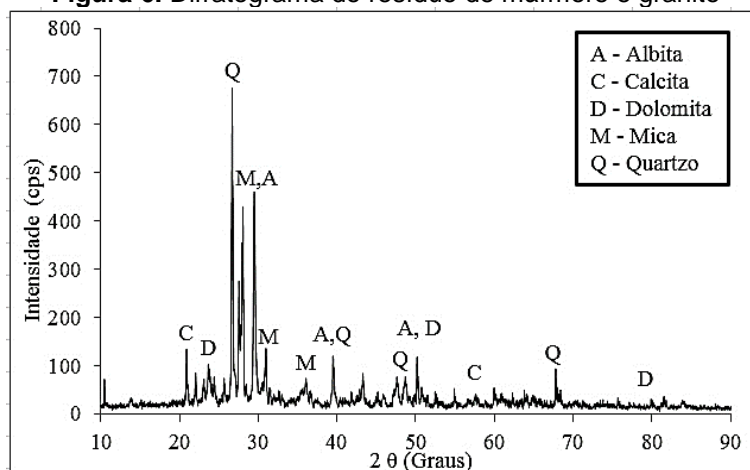
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização mineralógica

[www.firs.institutoventuri.org.br](http://www.firs.institutoventuri.org.br)

A caracterização mineralógica do resíduo foi realizada por meio da difração de Raios-x. A Figura 6 apresenta o difratograma do resíduo utilizado, onde se identificam os principais componentes mineralógicos do material.

**Figura 6.** Difratograma do resíduo de mármore e granito



De acordo com análise do difratograma da Figura 6, observa-se a presença dos principais componentes mineralógicos constituídos no resíduo de mármore e granito, no qual verificam-se picos de elevadas intensidades dos componentes minerais de Quartzo, Albita e Mica, sendo minerais presentes nos granitos e picos de baixa intensidade como Calcita e Dolomita, onde encontram-se constituídos nos mármore. Estes resultados encontram-se semelhantes aos trabalhos de Santos et al. (2014) e Rodrigues (2016).

#### 4.2 Ensaios físicos

A Tabela 1 apresenta os valores da massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente dos compósitos híbridos com resíduo de mármore e granito na granulometria de 100 Mesh e inserção de fibras de sisal 15 mm.

**Tabela 1.** Resultado dos ensaios físicos dos compósitos híbridos

COMPOSIÇÃO (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	AA (%)	PA (%)
0 % RMG / 0 % FS	1,2159 (±0,0052)	1,2816 (±0,4395)	1,5569 (±0,5277)
5 % RMG / 3 % FS	1,2699 (±0,0081)	1,8355 (±0,4108)	2,3282 (±0,5032)
10 % RMG / 3 % FS	1,3537 (±0,0108)	2,0637 (±0,3470)	2,7918 (±0,4560)
15 % RMG / 3 % FS	1,4306 (±0,0112)	2,0790 (±0,3751)	2,9715 (±0,5180)
20 % RMG / 3 % FS	1,4509 (±0,0081)	3,6211 (±0,4092)	5,2520 (±0,5701)

De acordo com os dados da Tabela 1 é possível observar que a massa específica aparente apresentou crescimento em comparação com a matriz plena, conforme o aumento percentual do resíduo, onde a proporção de 20 % RMG / 3 % FS (20 % de resíduo de mármore e granito mais 3 % de fibra de sisal) obteve aumento de 19,32 %. Esse comportamento ocorre em razão das propriedades físicas dos compósitos, na qual a massa específica do resíduo (2,70 g/cm<sup>3</sup>) e fibra de sisal (1,42 g/cm<sup>3</sup>) são maiores que a massa específica da resina (1,15 g/cm<sup>3</sup>), o que resulta na influência desse aumento. Conforme Callister (2016) a regra da mistura influi nas propriedades dos compósitos, onde cada fase constituinte dos compósitos contribui nas propriedades efetivas do material, dependendo da sua fração volumétrica.

Em relação à absorção de água e porosidade aparente, os compósitos híbridos apresentaram valores superiores ao da matriz plena, fato este é devido as propriedades hidrofílicas da fibra de sisal. Segundo Megiatto Júnior (2006), a fibra de sisal apresenta natureza hidrofílica, devido ao teor de polissacarídeos (hemicelulose e celulose), a fibra possui caráter higroscópico elevado.

#### 4.3 Ensaio de flamabilidade horizontal

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de flamabilidade horizontal dos compósitos com carga de resíduo de mármore e granito na granulometria de 100 Mesh com inserção da fibra de sisal 15 mm.

**Tabela 2.** Resultado do ensaio de flamabilidade horizontal

COMPOSIÇÃO (%)	TAXA DE QUEIMA (mm/min)
0 % RMG / 0 % FS	27,97 ( $\pm 0,81$ )
5 % RMG / 3 % FS	27,73 ( $\pm 2,75$ )
10 % RMG / 3 % FS	29,64 ( $\pm 1,94$ )
15 % RMG / 3 % FS	24,03 ( $\pm 3,88$ )
20 % RMG / 3 % FS	23,28 ( $\pm 1,73$ )

Conforme os resultados da Tabela 2, é possível observar que os compósitos híbridos apresentaram, no geral, valores de retardamento de taxa de queima menores quando comparados à matriz plena, na qual a proporção de 20 % RMG / 3 % FS obteve uma redução de aproximadamente 16,76 %. Esses resultados do ensaio de flamabilidade encontram-se de acordo com as recomendações da norma ASTM D 635, recebendo classificação HB, por apresentarem velocidade de propagação à chama inferior a 40 mm/min. Como também obedecem as especificações do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, com base na resolução Nº 498 de 29 de julho de 2014, que diz que materiais empregados nos revestimentos internos dos habitáculos de veículos não devem apresentar velocidade de propagação de chama maior que 100 mm/min. Semelhantemente aos trabalhos de El Banna (2017) e Costa (2016), os compósitos de resíduo com reforço de fibras também apresentaram redução na sua taxa de queima quando comparados à matriz plena, apresentando velocidade de propagação de chama menor que 40 mm/min.

#### 4.4 Ensaio de resistência mecânica

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos por meio do ensaio de tração dos compósitos com resíduo de mármore e granito na granulometria de 100 Mesh com inserção de fibra de sisal 15 mm.

**Tabela 3.** Resultado do ensaio de resistência a tração

COMPOSIÇÃO (%)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	ALONGAMENTO (mm)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)
0 % RMG / 0 % FS	16,50 ( $\pm 3,25$ )	1,88	1,57
5 % RMG / 3 % FS	22,05 ( $\pm 1,68$ )	6,35	0,62
10 % RMG / 3 % FS	20,05 ( $\pm 2,99$ )	4,93	0,73
15 % RMG / 3 % FS	18,71 ( $\pm 0,95$ )	5,07	0,66
20 % RMG / 3 % FS	16,06 ( $\pm 1,24$ )	4,04	0,71

É possível observar através da Tabela 3 que os compósitos com acréscimo de resíduo até a proporção de 15 % RMG / 3 % FS apresentaram resultados de resistência à tração superiores, com destaque o compósito de 5 % RMG / 3 % FS que obteve um aumento de 33,63 % comparado a

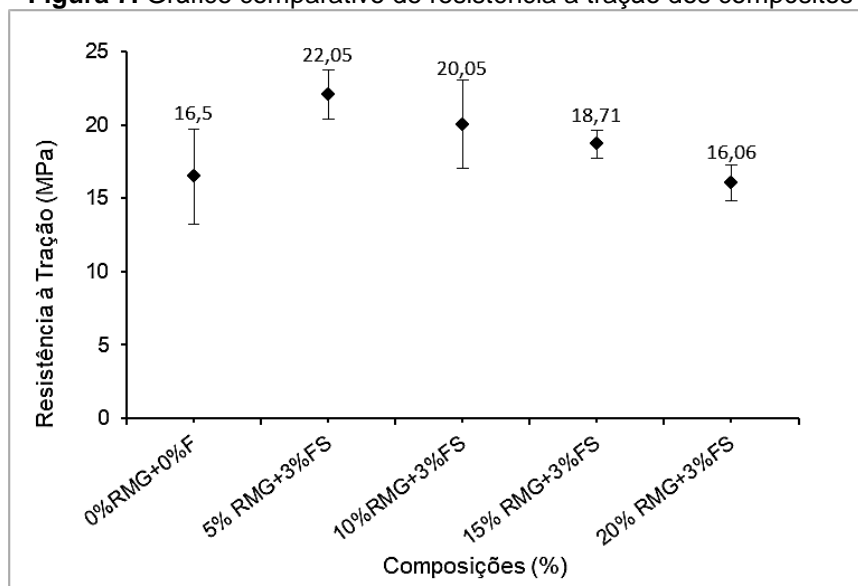
matriz plena. No entanto, observa-se uma tendência de redução gradativa da resistência à tração dos compósitos com o aumento da proporção de resíduo. De acordo com Costa (2016) as propriedades mecânicas dos materiais são fortemente influenciadas pela quantidade de resíduo dentro dos compósitos, onde o aumento dessa proporção ocasiona na redução da resistência à tração.

Fato esse pode ser devido à dificuldade de homogeneização com o acréscimo da quantidade de material dentro do sistema resíduo/fibra/matriz, propiciando o aumento de defeitos como porosidade e absorção de água como mostrado na Tabela 2 referente aos ensaios físicos, acarretando assim na diminuição das propriedades mecânicas de resistência à tração. Analogamente ao trabalho de Costa (2016), onde o compósito de resíduo de lama vermelha com proporção de 20 % e 30 % em conjunto com fibras de sisal na proporção mássica fixada em 5 %, apresentaram tendência de mistura viscosa, não havendo uma boa molhabilidade e trabalhabilidade entre o sistema fibra/resina/resíduo.

Com relação ao módulo de elasticidade dos compósitos híbridos, observa-se uma redução em relação a matriz plena. Este fato ocorre em virtude das características frágeis presentes na matriz plena, tornando o material menos dúctil, portanto, o material se rompe sem sofrer grande deformação. Segundo Callister (2016) quanto maior o módulo de elasticidade, mais rígido será o material ou menor será sua deformação elástica mediante a aplicação de uma dada tensão.

A Figura 7 apresenta o gráfico dos compósitos híbridos confeccionados, onde é possível observar a variação da resistência à tração de acordo com a proporção do resíduo inserido na matriz polimérica.

**Figura 7.** Gráfico comparativo de resistência a tração dos compósitos



## 5. CONCLUSÃO

O método *hand lay up* associado à prensagem em molde fechado utilizado para a fabricação dos materiais compósitos, mostrou-se satisfatório, onde os materiais apresentaram poucos defeitos.

A caracterização mineralógica do resíduo foi eficiente para identificar as principais fases cristalinas do resíduo analisado.

Em relação ao comportamento físico, a propriedade de massa específica aparente dos compósitos confeccionados apresentou um aumento em comparação a matriz plena. No que se refere as propriedades de absorção de água e porosidade aparente os resultados foram superiores ao da matriz plena.

O comportamento de resistência à chama dos compósitos híbridos fabricados apresentaram resultados satisfatórios quando comparados a matriz plena, recebendo classificação HB e

atendendo as especificações do CONTRAN - 2014. Onde os compósitos obtiveram uma redução de velocidade de propagação da chama de aproximadamente 16,76 %.

No que diz respeito a resistência mecânica à tração, os compósitos apresentaram resultados satisfatórios quando comparados a matriz plena, onde o compósito com proporção de 5 % RMG / 3 % FS apresentou o melhor desempenho mecânico com aumento de 33,63 %.

Com base nas propriedades analisadas dos compósitos produzidos, verificou-se que a incorporação do resíduo de mármore e granito com fibras de sisal mostraram-se eficientes na matriz polimérica, tornando-os viáveis para possíveis aplicações, como por exemplo, revestimentos internos de automóveis, de residências, embarcações e revestimentos de pisos para a construção civil. Além de contribuírem na destinação rentável da geração de resíduos industriais.

## 1. REFERÊNCIAS

AMORIN, L., et al. Caracterização de fibras de sisal por infravermelho, uv-vis por reflectância difusa e microscopia eletrônica de varredura. Periódico tchê química Vol. 16 N. 31. p. 3, 2019.

ASTM D 2734. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2009.

ASTM D 3039. "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (Metric) ". Annual Book of Standards, American Society for Testing and Materials, EUA, 2008.

ASTM D 570. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 1998.

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.

ASTM D 792. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2008.

BARBOSA, K. S. L. et al. Compósitos de matriz poliéster isoftálico com carga de resíduo industrial e reforço de fibras naturais curtas. 73º Congresso Anual da ABM. p. 1868-1878, 2018.

BEZERRA, F. D. Rochas ornamentais: Novas perspectivas de investimento. ETENE Nº 21, p. 1, 2017.

CALLISTER JR, W.; RETHWISCH, D. Ciência e Tecnologia de Materiais: Uma Introdução. Tradução Sergio Murilo Stamile Soares. 9ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 845 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). Resolução nº. 498- "Requisitos aplicáveis aos materiais de revestimento interno do habitáculo de veículos automotores nacionais e importados.", 29 de julho de 2014.

COSTA, D. S. da. Estudo da influência de resíduos gerados pela indústria de mineração nas propriedades de compósitos matriz poliéster reforçados com fibras naturais. Belém, 229 p., 2016. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pará.

EL BANNA, W. R. Influência de resíduos de flotação de minério de cobre nas propriedades físicas e mecânicas de compósitos de matriz termofixa e fibras de bananeira (*Musa Sapientum*, *Musacae*). Belém, 150 p., 2017. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pará.

FARIAS, Dorivane Cohen. Compósitos híbridos com fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) e lama vermelha: efeito do tratamento químico na resistência à tração dos compósitos. 2019. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2019.

MARTINS NETO, J. A. Obtenção, caracterização e utilização de um compósito com matriz de resina poliéster e carga de fibras de sisal. Natal, 100 p., 2016. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MEGIATTO JUNIOR, J. D. Fibras de sisal: Estudo de propriedades e modificações químicas visando aplicação em compósitos de matriz fenólica. São Carlos, 272 p., 2006. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.

MENDES, B. H. A. Estudo da influência da incorporação de resíduo de beneficiamento de caulim nas propriedades de compósitos de matriz polimérica reforçada com fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*). Belém, 103 p., 2019. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Pará.

RODRIGUES, D. N. Influência da adição de resíduo de mármore e granito em compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra de coco. Belém, 70 p., 2016. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Pará.

SANTOS, I. F. et al. Reciclagem de resíduos de mármore e granito em matrizes poliméricas. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química-COBEQ. p. 2-7, 2014.

SPALA, S. T. et al. Caracterização tecnológica de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais para seu uso em concreto. XXV Jornada de Iniciação Científica em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. p. 1, 2017.