

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

## INFLUÊNCIA DAS FIBRAS VEGETAIS EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM CARGA DE RESÍDUO SÓLIDO DE MÁRMORE E GRANITO

Ingrid Moreira Reis<sup>1</sup> ([ingridmoreira@outlook.com](mailto:ingridmoreira@outlook.com)), Willam Rayplam Pereira Coelho<sup>1</sup> ([williamatl96@gmail.com](mailto:williamatl96@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> ([iaferreira.eq@gmail.com](mailto:iaferreira.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

Com base na crescente produção tanto de resíduos sólidos quanto de fibras vegetais, pesquisadores têm analisado a incorporação desses materiais na fabricação de compósitos com intuito de obter-se melhores propriedades físico-mecânicas. Dessa forma, foi utilizado o método de fabricação *hand lay-up* associado a prensagem, nos quais foram confeccionados materiais compósitos com resíduo de mármore e granito nas proporções mássicas de 5 %, 15 % e 25 % na granulometria de 100 Mesh adjunto com fibras vegetais (sisal e curauá) no comprimento de 15 mm e com proporção fixa de 3 %. A resina poliéster insaturada isoftálica foi utilizada juntamente com o acelerador de cobalto (1,5 % v/v) e o iniciador MEK-P (1 % v/v). Foi realizada análise mineralógica no resíduo, afim de identificar as fases cristalinas do material, bem como a inquirição da morfologia tanto do resíduo quanto das fibras. Os compósitos foram ensaiados conforme as normas dos ensaios físicos de massa específica aparente (ASTM D 792), absorção de água (ASTM D 570) e porosidade aparente (ASTM D 2734), além dos ensaios de resistência à tração (ASTM D 3039). As propriedades físicas apresentaram aumento em comparação a matriz plena. Em relação ao desempenho mecânico, o compósito com 5 % RMG / 3 % FS obteve um aumento de aproximadamente 33 % e a proporção de 5 % RMG / 3 % FC apresentou o melhor desempenho com aumento de 70 %, ambos em relação a matriz plena. Portanto, a incorporação das fibras vegetais mostrou-se viável nas propriedades dos compósitos poliméricos.

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

## INFLUENCE OF VEGETABLE FIBERS IN POLYMERIC COMPOSITES WITH MARBLE AND GRANITE SOLID WASTE LOAD

### ABSTRACT

Based on the growing production of both solid waste and vegetable fibers, researchers have analyzed the incorporation of these materials in the manufacture of composites in order to obtain better physical and mechanical properties. Thus, the hand lay-up manufacturing method associated with pressing was used, in which composite materials were made with marble and granite residues in the mass proportions of 5 %, 15 % and 25 % in the 100 Mesh granulometry with vegetable fibers. (sisal and curauá) in a length of 15 mm and with a fixed proportion of 3%. The isophthalic unsaturated polyester resin was used together with the cobalt accelerator (1.5 % v / v) and the MEK-P initiator (1 % v / v). Mineralogical analysis was performed on the residue, in order to identify the crystalline phases of the material, as well as the investigation of the morphology of both the residue and the fibers. The composites were tested according to the standards of physical tests of apparent specific mass (ASTM D 792), water absorption (ASTM D 570) and apparent porosity (ASTM D 2734), in addition to the tensile strength tests (ASTM D 3039). Physical properties increased compared to the

full matrix. In relation to mechanical performance, the composite with 5 % RMG / 3 % FS obtained an increase of approximately 33 % and the proportion of 5 % RMG / 3 % FC showed the best performance with an increase of 70 %, both in relation to the full matrix. Therefore, the incorporation of vegetable fibers proved to be viable in the properties of polymeric composites.

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

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente quantidade de resíduos gerados pelo setor industrial vem ocasionando em impactos ambientais. Mediante a isso, estudos relacionados a práticas ambientalistas, como a reciclagem dos rejeitos sólidos, são analisados e empregados na produção de novos produtos.

O reaproveitamento dos resíduos industriais gerados acarretam em variados benefícios ambientais, tais como a redução do volume de extração de matérias primas, redução do consumo de energia e na diminuição da emissão de poluentes. Além disso, a vantagem mais benéfica é a preservação dos recursos naturais (COSTA et al., 2018).

Uma aplicação promissora desses resíduos é a utilização como carga em compósitos na construção civil e na indústria cerâmica, pois são áreas propícias para uso, sendo um material de baixo custo e com fonte altamente disponível na indústria brasileira, além da melhoria das propriedades mecânicas, tais como a resistência mecânica e a dureza (SANTOS et al., 2014).

Os materiais compósitos ganharam destaque em razão das suas combinações de propriedades a partir das suas duas fases constituintes, sendo elas a fase denominada matriz e a outra de reforço, onde o reforço pode ser por meio estrutural, fibroso ou particulado (CALLISTER, 2016).

Com base no material reforçante, utilizado nos compósitos poliméricos, as fibras vegetais vêm criando destaque em comparação as fibras de vidro, esse fato ocorre devido as fibras vegetais possuírem baixa densidade, serem biodegradáveis e constituírem boas propriedades físico-mecânicas. As fibras vegetais mais utilizadas como reforço são as fibras de algodão, coco, sisal e curauá. Dentre elas, as que mais se sobressaem são as fibras de sisal e curauá, em razão da sua elevada produção no Brasil (SPINACÉ et al., 2009a).

A fibra de curauá, *Ananas erectifolius*, é uma planta da família das bromeliáceas, de origem da região Amazônica brasileira, particularmente do Estado do Pará, no qual possui elevado potencial de aplicação na área dos materiais polímeros em virtude das suas propriedades mecânicas serem superiores as demais fibras vegetais. Outra fibra vegetal que possui elevada notoriedade, é a fibra de sisal, devido sua elevada produção comercial. Sendo de natureza celulósica, constituinte da planta *Agave sisalana*, onde possui boas propriedades físico mecânicas (SPINACÉ et al., 2009b). Portanto, neste trabalho foram realizadas análises mineralógicas no resíduo de mármore e granito e análises morfológicas tanto no resíduo quanto nas fibras de sisal e curauá para verificar a influência da combinação desses constituintes nas propriedades físico-mecânicas dos compósitos.

## 2. OBJETIVO

Verificar a influência das fibras vegetais de sisal e curauá em compósitos poliméricos com resíduo sólido de mármore e granito através das propriedades físicas de massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente, além das propriedades mecânicas de tração.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Materiais utilizados

A matriz polimérica utilizada foi composta pela resina poliéster isoftálica proveniente da empresa Centerglass Ind, Com. R. e Fibras Ltda e com densidade de 1,15 g/cm<sup>3</sup>, segundo dados fornecidos pela fabricante, junto com um sistema catalítico, em volume, formado por acelerador de cobalto (1,5 % v/v) e o iniciador MEK-P (1 % v/v) produzidos pela empresa AEROJET Brasileira de Fiberglass Ltda.

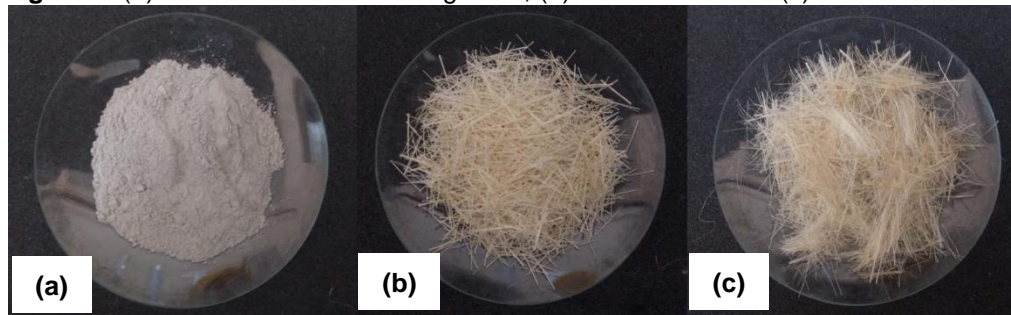
O Resíduo de Mármore e Granito (RMG) foi fornecido pela empresa Brilasa Britagem e Laminação de Rochas S/A, onde a densidade adotada para o resíduo foi entre 2,6 – 2,8 g/cm<sup>3</sup>, segundo o trabalho de Spala et al. (2017). As fibras vegetais utilizadas foram as Fibras de Sisal (FS) adquiridas da empresa SISALSUL, localizada no Estado de São Paulo, contendo densidade de 1,42 g/cm<sup>3</sup>, conforme o trabalho de Costa (2016) e as Fibras de Curauá (FC) branco foram provenientes do município de Santarém Estado do Pará, no qual adotou-se a densidade de 1,33 g/cm<sup>3</sup> de acordo com trabalho de Pinto (2019).

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Beneficiamento do resíduo e cortes das fibras

O resíduo de mármore e granito sofreu secagem em estufa por aproximadamente 24 horas. Posteriormente, o resíduo passou pelo processo de cominuição e peneiramento manual em peneira de 100 Mesh (abertura 0,149 mm) da série Tyler. As fibras (sisal e curauá) foram cortadas com auxílio de uma escala milimétrica em comprimento de 15 mm, sendo organizadas em forma de feixes sobre uma tira de papel, ambas utilizadas sem tratamento químico. A Figura 1 apresenta o resíduo de mármore e granito e as fibras de sisal e curauá.

**Figura 1.** (a) Resíduo de mármore e granito, (b) Fibras de sisal e (c) Fibras de curauá.



#### 3.2.2 Difração de Raios – X (DRX)

A caracterização mineralógica foi feita por meio da Difração de Raios–X, no qual permite identificar os componentes minerais presentes no material. Para a realização da análise do material foi efetuada a redução das amostras por meio do quarteamento, seguida dos processos de homogeneização e diminuição dos grãos a serem verificados.

#### 3.2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para análise morfológica do resíduo de mármore e granito e das fibras de sisal e curauá, utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura, marca HITACHI, modelo TM 3000, com aumento de 250x para a análise das fibras e aumento de 150x para análise do resíduo.

#### 3.2.4 Produção dos materiais compósitos

Para o processo de confecção dos compósitos utilizou-se o método *hand lay up* associado a prensagem em um molde metálico fechado. Foram fabricados compósitos com dimensões de 320 mm x 172,5 mm x 5 mm. Os compósitos híbridos apresentaram proporções fixas de 3 % de fibra de sisal, no comprimento de 15 mm, variando as proporções em massa de 5 %, 15 % e 25 % do resíduo de mármore e granito com granulometria de 100 Mesh, seguindo as mesmas proporções mássicas para a fibra de curauá (proporção fixa de 3 %) variando também as proporções em massa de 5 %, 15 % e 25 % do resíduo na granulometria de 100 Mesh e sendo utilizado a proporção de 0 % de fibra e 0 % de RMG como método de comparação. Os valores determinados para as proporções mássicas foram embasados nos trabalhos de Barbosa et al. (2018) e Farias (2019).

A primeira etapa de produção das placas consistiu na redução da umidade superficial tanto do resíduo quanto das fibras, mediante ao uso da estufa, onde o resíduo e as fibras foram pesados e

colocados na estufa a uma temperatura de 105 °C por um intervalo de 30 minutos. Posteriormente, as fibras foram colocadas de forma aleatória dentro do molde metálico, em seguida foi preparada a mistura polimérica contendo a resina isoftálica com a inserção do acelerador de cobalto, resíduo e o iniciador MEK-P, no qual foram homogeneizados durante 5 minutos, após este período, a mistura foi despejada no molde, onde observou-se a mistura atingir o ponto de gel no intervalo de 10 a 15 minutos e por fim material foi prensado com carga de 25 kN durante 20 minutos. A Figura 2 mostra as etapas de produção dos compósitos.

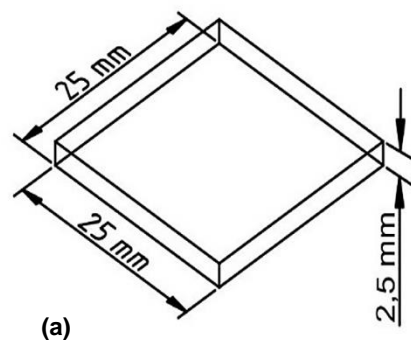


Após as etapas de fabricação dos compósitos de matriz polimérica com carga de resíduo de mármore e granito com fibras de sisal e compósitos de matriz polimérica com carga de resíduo de mármore e granito com fibras de curauá foram realizados cortes nas placas, com o auxílio de uma máquina de corte, de acordo com os tamanhos de corpos de prova estabelecidos pelas normas ASTM de acordo com os ensaios realizados.

### 3.2.5 Propriedades físicas

Para a realização das caracterizações físicas foram produzidos cinco corpos de prova, nas dimensões de 25 x 25 mm, conforme proporções mássicas dos compósitos, sendo feitas por meio das propriedades de Massa Específica Aparente (MEA) (ASTM D 792), Absorção de água (AA) (ASTM D 570) e Porosidade Aparente (PA) (ASTM D 2734). Para o procedimento dos ensaios físicos, os corpos de prova, foram inicialmente colocados secos na estufa por um período de 24 h a uma temperatura de 105 °C e resfriado à temperatura ambiente, cada corpo de prova foi pesado em balança de precisão para determinação da massa seca -  $m_s$ . Ademais foi feita a imersão de cada corpo de prova em água destilada por 24 h para a determinação da massa úmida -  $m_u$  e por fim, foi pesado hidrostáticamente, com ajuda de um aparato, para obtenção da massa imersa -  $m_i$ . A Figura 3 mostra as (a) dimensões dos corpos de prova e (b) aparato utilizado.

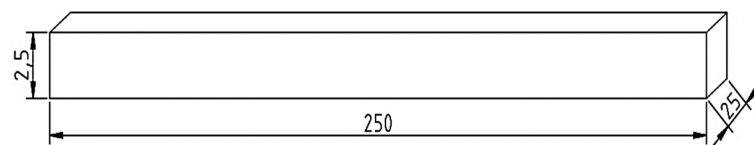
**Figura 3.** (a) Dimensões dos corpos de prova e (b) Aparato utilizado



### 3.2.6 Ensaio resistência à tração

Os ensaios mecânicos de tração foram executados em máquina universal de ensaios (Modelo IKLC3, marca KRATOS), com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min, sendo ensaiados nove corpos de prova de acordo com a norma ASTM D 3039. A Figura 4 mostra as dimensões dos corpos de prova para o ensaio de resistência à tração.

Figura 4. Dimensões em mm dos corpos de prova

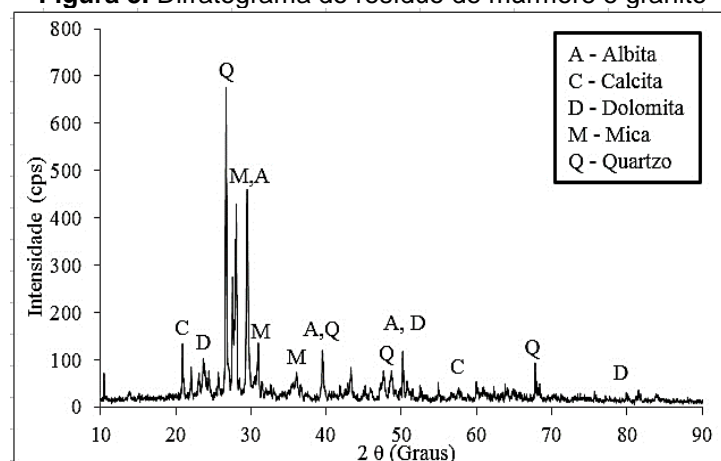


## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Difração de Raios-X do resíduo de mármore e granito

A caracterização do resíduo de mármore e granito foi feita por meio de difração de raios-x. A Figura 5 apresenta o difratograma com os principais componentes mineralógicos do resíduo.

Figura 5. Difratograma do resíduo de mármore e granito



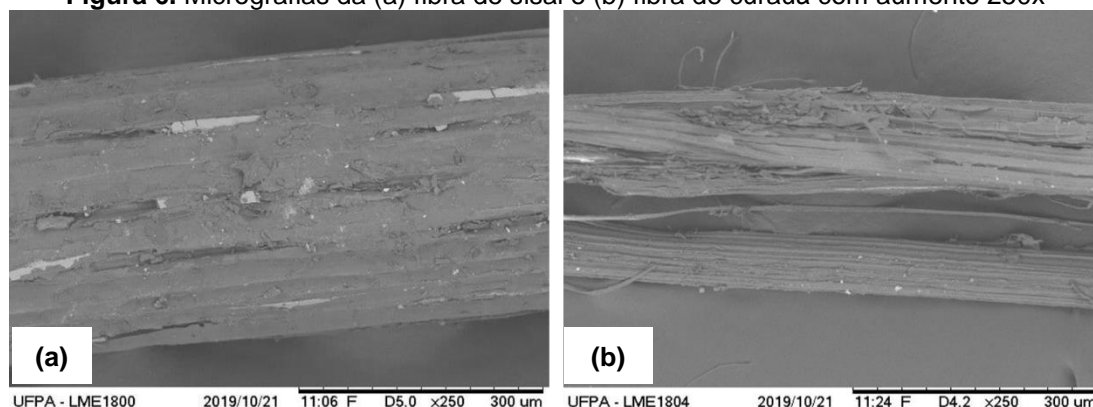
De acordo com o difratograma da Figura 5, observa-se a presença dos componentes de alta intensidade como Quartzo, Albita e Mica, sendo estes presentes nos granitos e de componentes de baixa intensidade como a Calcita e Dolomita, constituintes dos mármore. Essas fases minerais também foram observadas nos trabalhos de Santos et al. (2014) e Rodrigues (2016).

## 4.2 Morfologia

### 4.2.1 Microscopia da fibra de sisal e curauá

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada em uma fibra de sisal e uma fibra de curauá, como apresenta a Figura 6, com aumento de 250x. As fibras analisadas não sofreram nenhum tipo de tratamento químico.

**Figura 6.** Micrografias da (a) fibra de sisal e (b) fibra de curauá com aumento 250x



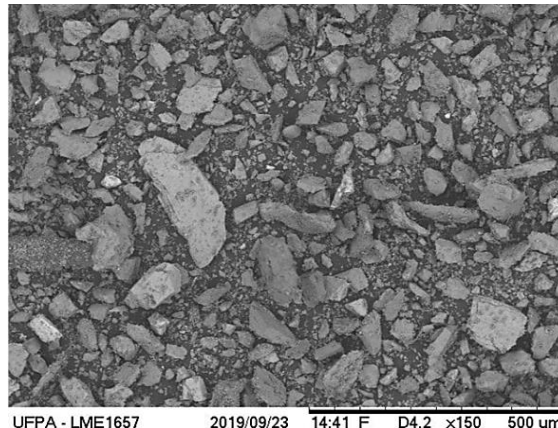
Por meio da micrografia da Figura 6 é possível observar que as fibras de sisal possuem algumas impurezas, além de constituírem uma superfície relativamente rugosa e não uniforme, o que pode ocasionar uma facilidade para adesão entre fibra/matriz. Segundo Neira (2005), a morfologia da fibra de sisal apresenta uma estrutura rugosa contendo pequenas partículas, possivelmente graxas ou pequenas fibrilas aderidas à superfície.

Em relação as fibras de curauá nota-se uma semelhança as fibras de sisal por apresentarem uma superfície rugosa, o que pode auxiliar na ancoragem das fibras nos compósitos. Características essas presentes nas fibras vegetais. Essas observações também foram analisadas no trabalho de Teixeira (2015), onde a fibra de curauá apresentou forma aproximadamente elíptica e com superfície rugosa.

### 4.2.2 Microscopia do resíduo de mármore e granito

A morfologia do resíduo de mármore e granito na granulometria de 100 Mesh foi realizada através da microscopia eletrônica de varredura com aumento de 150x. A Figura 7 mostra a micrografia obtida por MEV do resíduo.

**Figura 7.** Micrografia obtida por MEV do resíduo



UFPA - LME1657 2019/09/23 14:41 F D4.2 x150 500 um

Por meio da micrografia do resíduo de mármore e granito presente na Figura 7, é possível observar que o resíduo apresenta partículas de formas irregulares e tamanhos variados, o que segundo Taguchi et al. (2012) refere-se ao processo de corte das rochas minerais. Conforme Aguiar, Silva e Gadioli (2016) o material constitui uma morfologia angular, na qual as presenças de partículas que se destacam pelo tamanho e pela morfologia estão relacionadas aos grãos de Calcita e dolomita.

### 4.3 Ensaios físicos

As propriedades físicas observadas nos compósitos estão apresentadas na Tabela 1.

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

COMPOSIÇÃO (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	AA (%)	PA (%)
0 % RMG / 0 % F	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)
15 % RMG / 3 % FS	1,4306 (±0,0112)	2,0790 (±0,3751)	2,9715 (±0,5180)
25 % RMG / 3 % FS	1,5418 (±0,0395)	2,4775 (±0,1253)	3,8218 (±0,2574)
5 % RMG / 3 % FC	1,3061 (±0,0046)	1,3666 (±0,2124)	1,7842 (±0,2712)
15 % RMG / 3 % FC	1,4532 (±0,0156)	2,5348 (±2,3372)	3,6243 (±3,2218)
25 % RMG / 3 % FC	1,5779 (±0,0064)	1,8133 (±0,2458)	2,8565 (±0,3778)

Com base nos resultados presentes na Tabela 1, verifica-se que os compósitos híbridos apresentam propriedades de MEA, AA e PA com valores semelhantes. Estes resultados ocorrem em virtude das fibras de sisal e curauá serem consideradas fibras lignocelulósicas, o que resulta em um caráter hidrofílico, por possuírem alto teor de celulose entre seus constituintes. De acordo com Spinacé et al. (2009b) as fibras de curauá e sisal são consideradas fibras lignocelulósicas por serem constituídas por hemicelulose, celulose e lignina resultando em um caráter hidrofílico e hidrofóbico. Em relação aos compósitos híbridos, em comparação com a matriz plena, observa-se que os compósitos apresentaram um aumento na propriedade da massa específica aparente conforme a variação da proporção do resíduo de mármore e granito. Fato este, segundo Callister (2016), é devido as fases constituintes nos compósitos. No qual a densidade da resina (1,15 g/cm<sup>3</sup>) apresenta valor inferior a densidade do resíduo de mármore e granito (2,70 g/cm<sup>3</sup>).

No que diz respeito as propriedades AA e PA dos compósitos, em relação a matriz plena, no geral, os resultados foram superiores, apresentando apenas uma redução na proporção de 25 % RMG / 3 % FC (25 % resíduo de mármore e granito mais 3 % fibras de curauá), fato este ocorre em razão da relação direta entre as propriedades. Conforme Santos et al. (2014), as propriedades da AA e da PA estão diretamente ligadas e apresentam sensibilidade quanto à variação de teor de carga na mistura. Esses resultados apresentam-se similares aos trabalhos de Santos et al. (2014) e Carvalho et al. (2019).

#### 4.4 Ensaio de resistência à tração

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos através do ensaio de resistência à tração dos compósitos produzidos.

**Tabela 3.** Resultados do ensaio de resistência à tração

COMPOSIÇÃO (%)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	ALONGAMENTO (mm)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)
0 % RMG / 0 % F	16,50 ( $\pm 3,25$ )	1,88	1,57
5 % RMG / 3 % FS	22,05 ( $\pm 1,68$ )	6,35	0,62
15 % RMG / 3 % FS	18,71 ( $\pm 0,95$ )	5,07	0,66
25 % RMG / 3 % FS	15,39 ( $\pm 2,07$ )	4,04	0,71
5 % RMG / 3 % FC	28,09 ( $\pm 3,25$ )	6,00	0,87
15 % RMG / 3 % FC	22,17 ( $\pm 4,23$ )	5,21	0,75
25 % RMG / 3 % FC	20,82 ( $\pm 2,15$ )	4,77	0,86

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 3, nota-se que a resistência à tração dos compósitos com resíduo de mármore e granito com fibras de sisal quando comparados com os compósitos contendo resíduo de mármore e granito com fibras de curauá, no geral, apresentaram desempenhos mecânicos inferiores. Fato este pode ser explicado em razão das fibras de curauá apresentarem propriedades de resistência à tração superiores as das fibras de sisal (509 MPa e 263 MPa, respectivamente) ou pelo fato das características de fragilidade da fibra de sisal, o que resulta na redução da eficiência do seu reforço nos compósitos. Esta relação também foi observada no trabalho de Spinacé et al. (2009b), onde as propriedades dos compósitos usando as fibras de sisal como reforço foram inferiores quando comparadas com os compósitos usando fibras de curauá.

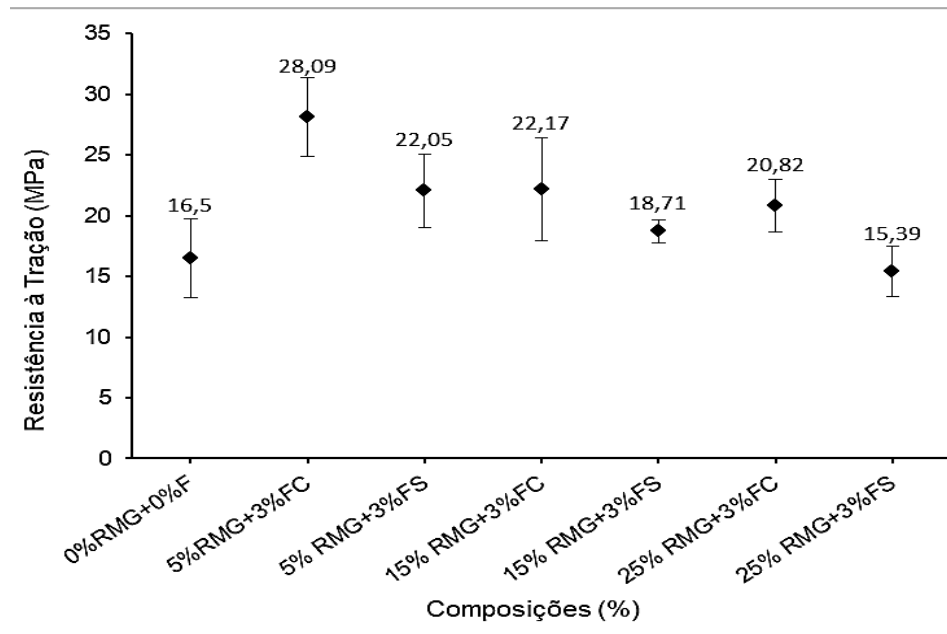
Referente a comparação dos compósitos híbridos com a matriz plena, é possível observar que a resistência mecânica à tração dos compósitos diminuiu conforme o aumento da proporção mássica de resíduo na matriz. Fato este pode ser em virtude da falta de trabalhabilidade ou molhabilidade da adesão matriz/carga/fibra. Esse resultado também foi observado no trabalho de Barbosa et al. (2019), onde obteve uma redução gradativa da sua resistência mecânica de compósitos com mármore e granito incorporados a fibras de juta conforme o aumento do resíduo dentro da matriz.

No entanto, embora os compósitos tenham apresentado diminuição na resistência mecânica com o acréscimo de resíduo, os resultados ainda assim foram superiores ao da matriz de comparação, com exceção da proporção de 25 % RMG / 3 % FS, no qual o compósito de 5 % RMG / 3 % FS obteve um aumento de aproximadamente 33 % e a proporção de 5 % RMG / 3 % FC apresentou a melhor resistência mecânica com aumento de aproximadamente 70 %, demonstrando que os compósitos atuaram como reforço efetivo no sistema matriz/fibra/resíduo.

No que se refere aos módulos de elasticidade, tanto os compósitos com reforço de fibra de sisal quanto os de curauá apresentaram resultados semelhantes. Este comportamento ocorre em razão dos materiais terem apresentado um comportamento dúctil. Em comparação a matriz plena nota-se uma redução, este fato está relacionado as características frágeis presentes na resina, o que ocasiona a diminuição da deformação do material resultante da tensão aplicada.

A Figura 8 mostra o gráfico comparativo dos compósitos fabricados, no qual é possível observar o desempenho mecânico conforme a proporção mássica dos constituintes utilizados, onde verifica-se que os compósitos contendo resíduo com fibras de curauá obtiveram resultados de resistência à tração superiores quando comparados a matriz plena e aos compósitos com resíduo e fibras de sisal.

Figura 8. Gráfico de barra comparativo da resistência à tração



## 5. CONCLUSÃO

A análise mineralógica do resíduo foi eficaz em razão da identificação dos componentes minerais presentes no resíduo.

Com base na morfologia do resíduo de mármore e granito, observa-se que o resíduo na granulometria de 100 Mesh apresenta partículas de formas irregulares e tamanhos variados. Em relação a morfologia das fibras, tanto a fibra de sisal quanto de curauá apresentaram uma superfície rugosa e não uniforme.

As propriedades físicas de MEA, PA e AA dos compósitos híbridos apresentaram resultados esperados tanto para os compósitos reforçados com fibras de sisal quanto os de curauá.

Os compósitos poliméricos com carga de resíduo de mármore e granito e fibras vegetais tanto de curauá quanto de sisal obtiveram resultados significativos no desempenho à tração, onde o compósito híbrido com fibra de curauá destaca-se com resistência mecânica de 28,09 MPa na proporção de 5 % RMG / 3 % FC.

Com base nos resultados obtidos, observa-se que os compósitos atuaram como reforço efetivo, apresentando influência em relação as propriedades físico-mecânicas e, portanto, viabilizando sua utilização na área dos materiais compósitos poliméricos. Neste viés, os materiais apresentam capacidade para possíveis aplicações, como no uso em peças internas de automóveis, tais como porta luvas, para-choques e periféricos, no qual o uso das fibras implica na produção de um automóvel com características mais leves e resistente, além de divisórias de paredes e revestimentos internos para construção civil. Ademais, a utilização do resíduo de mármore e granito e das fibras de sisal e curauá possibilitam o desenvolvimento de novos materiais com aspectos sustentáveis, coexistindo com soluções tanto para o setor econômico quanto para o ambiental.

## 1. REFERÊNCIAS

AGUIAR, M.C; SILVA, A.G.P.; GADIOLI, M.C.B. Caracterização de resíduo de mármore para fabricação de rocha artificial. 22º CBEiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos materiais. p. 7-9, 2016.

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 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.

BARBOSA, K. S. L. et al. Compósitos poliméricos híbridos com de carga de resíduo de mármore e granito e inserção de fibras de juta. 74º Congresso Anual da ABM. p. 2400-2408, 2019.

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.

CARVALHO, P. R. C. *et al.* Utilização de resíduos da construção civil e demolição em compósitos poliméricos: características físicas, mecânicas e de flamabilidade. 6 Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção civil-ENARC. p. 7, 2019.

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.

COSTA, D. S. da. *et al.* Valoração de resíduo industrial de lama vermelha em material compósito. 9º Forum Internacional de resíduo sólidos. p. 2, 2018.

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.

NEIRA, D. S. M. Fibra de sisal (*Agave sisalana*) Como isolante térmico de tubulações. Natal, 79 p., 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PINTO, R. G. Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá (*Ananas erectifolius*) impregnadas com sílica ativa. Belém, 128 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.

SPINACÉ, M. A. S. et al. Caracterização das fibras de sisal e de curauá visando aplicação em compósitos poliméricos. 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. p. 1, 2009a.

SPINACÉ, M. A. S. et al. Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: Sisal x Curauá. 10º Congresso de Polímeros. p. 2, 2009b.

TAGUCHI, S. P. et al. Caracterização química e física do resíduo granítico Iberê Crema Boudex, Iberê Golden e Twilight proveniente do corte utilizando multifios. 20º CBEiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos materiais. p. 5, 2012.

TEIXEIRA, R. S. Efeito das fibras de curauá e de polipropileno no desempenho de compósitos cimentícios produzidos por extrusão. São Carlos, 149 p., 2015. Tese (doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.