

Aplicação e influência de fibras e resíduos de mármore e granito nas propriedades de materiais compósitos

Application and influence of marble and granite fibers and residues on the properties of composite materials

Karla Suellen Lino Barbosa^{1*}, Marcelo de Souza Carneiro², José Antônio da Silva Souza¹, Wassim Raja El Banna¹, Deibson Silva da Costa¹, Emanuel Negrão Mâcedo¹

RESUMO

A indústria de extração e corte de minerais descarta materiais que podem ser aproveitados e em busca de uma melhor destinação e diminuição dos impactos ambientais pesquisadores têm empregado esses rejeitos aliados a fibras vegetais na fabricação de novos materiais. Deste modo, foram produzidos compósitos de matriz polimérica com resíduo de mármore e granito na granulometria de 100 mesh da série Tyler e fibras de curauá no comprimento de 15 mm. O método de produção baseou-se no método *hand lay-up* associado à prensagem em molde. A fase dispersa foi definida em fração mássica de 5, 15 e 25 % de resíduo e proporção fixa de 3 % de fibras. A caracterização do resíduo apresentou grãos de tamanhos variados e angular e as fibras superfície rugosa e irregularidades. A caracterização física dos compósitos salientou o aumento e sensibilidade quanto sua proporção e a propriedade à tração revelou que a proporção de 5 % de resíduo e 3 % de fibras apresentou a melhor resposta. De tal maneira, os compósitos produzidos possibilitam a minimização dos impactos ambientais causados pelos rejeitos minerais e no incentivo de empregos ligados à zona rural por meio da comercialização das fibras.

Palavras-chave: Mármore e Granito; Fibras de curauá; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The mineral extraction and cutting industry discards materials that can be used and, in search of a better destination and reduction of environmental impacts, researchers have used these wastes combined with vegetable fibers in the manufacture of new materials. In this way, polymer matrix composites were produced with marble and granite residue in the Tyler series granulometry of 100 mesh and curauá fibers in a length of 15 mm. The production method was based on the hand lay-up method associated with mold pressing. The dispersed phase was defined as a mass fraction of 5, 15 and 25% of residue and a fixed proportion of 3% of fibers. The characterization of the residue showed grains of varying sizes and angular and rough surface fibers and irregularities. The physical characterization of the composites highlighted the increase and sensitivity regarding their proportion and the tensile property revealed that the proportion of 5% residue and 3% fiber presented the best response. In this way, the composites produced make it possible to minimize the environmental impacts caused by mineral tailings and encourage jobs linked to rural areas through the commercialization of fibers.

Keywords: Marble and Granite; Curauá fibers; Sustainability.

¹ Universidade Federal do Pará.

*E-mail: karllaslb@gmail.com

² Instituto Federal do Pará

INTRODUÇÃO

A destinação final dos resíduos industriais é uma problemática que gera variados impactos socioambientais devido às indústrias descartarem de forma irregular, muitas vezes, resíduos de diversas formas e periculosidades. Conforme Onofre *et al.* (2016) o setor da construção civil gera graves riscos ao desenvolvimento sustentável devido a utilização de matérias prima não renováveis, gerando desperdício de materiais e milhões de toneladas de resíduos. Ainda, os autores explicam que é devido os países não possuírem planos específicos para o tratamento destes materiais.

O mármore e o granito acompanham o progresso da construção civil e estão cada vez mais sendo empregados. Cruz *et al.* (2020) salientam que a utilização decorre das boas propriedades de resistência e durabilidade desses materiais, além dos padrões estéticos e possibilidades de criatividade.

Desta forma, uma das alternativas se encontra na área dos compósitos, onde pesquisadores empregam esses rejeitos em matrizes poliméricas (BARBOSA *et al.*, 2019; COSTA, 2016; RODRIGUES, 2016; SANTOS *et al.*, 2014). Os novos materiais são compostos pela combinação de dois ou mais materiais de diferentes propriedades químicas, físicas e mecânicas que tem por objetivo obter materiais com diferentes características (CALLISTER JÚNIOR, 2016).

Outro componente com utilização crescente são as fibras vegetais que, por sua vez, obtêm diversas propriedades atraentes para o mercado, além de serem encontradas de forma abundante nas regiões brasileiras, como por exemplo, o curauá. O curauá é uma bromélia da espécie *Anana erectifolius* natural da região Amazônica e apresenta propriedades de alta resistência e baixa densidade, que quando empregado é capaz de conferir leveza e resistência ao produto final (ERENO, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2005).

Polímeros reforçados com fibras podem melhorar consideravelmente as propriedades de resistência dos materiais; no entanto, existem diversas maneiras de organizar as tipologias das fibras para reforçar um grande número de polímeros. Além disto, as áreas marinhas e náuticas necessitam de alternativas ecologicamente corretas para a preservação do meio ambiente (MINILLO *et al.*, 2021). Outro fator, segundo Mota *et al.* (2019), é a tendência na redução de produtos de difícil decomposição, além do que elas apresentam potencial para melhorar o desempenho de polímeros em aplicações tecnológicas. Segundo a Abit (2021), o Setor Têxtil e de Confecção

Brasileiro possui visibilidade no panorama mundial devido as dimensões de seu parque têxtil, além do Brasil ser a maior cadeia têxtil completa do ocidente, com 1,5 milhões de empregados diretos e aproximadamente 8 milhões de empregados indiretos, dos quais 60 % são de mão de obra feminina.

Portanto, justifica-se o estudo dos compósitos com rejeitos do mármore e granito e fibras de curauá nas propriedades dos materiais, utilizando como metodologia de fabricação a laminação manual associada à prensagem. Além do mais, a utilização desses materiais auxilia na redução de impactos ambientais, bem como na economia das regiões rurais.

MATERIAIS E METODOLOGIA EXPERIMENTAL

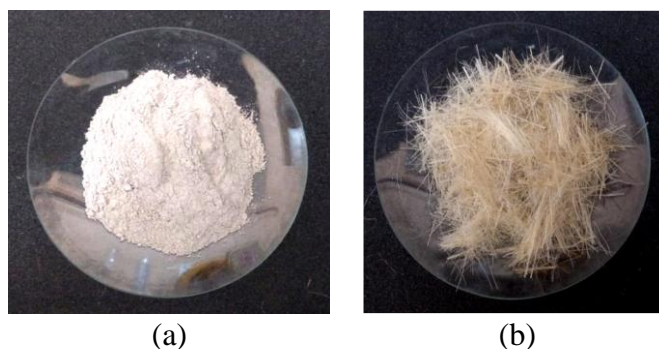
A matriz polimérica do compósito consistiu em uma resina poliéster isoftálica não acelerada, cuja as características são resistências química e mecânica, densidade de aproximadamente 1,15 g/cm³, além de um sistema catalítico formado por iniciador MEK-P 1,0 % e acelerador de cobalto 1,5 %, em volume. Para desmoldar as placas do molde metálico empregou-se o desmoldante de nome comercial Desmojet Líquido.

O resíduo de mármore e granito utilizado foi adquirido de uma empresa localizada no município de Ananindeua, Estado do Pará. O material passou pelo processo de secagem em estufa por 24 horas (105° C) e, em seguida, por etapas de cominuição e classificação granulométrica em peneira com abertura de malha de 100 Mesh (0,149 mm). Para fins experimentais adotou-se a densidade de 2,7 g/cm³, conforme o estudo de Spala *et al.* (2017).

As fibras de curauá da espécie *Ananas erectifolius* são provenientes do município de Santarém, Estado do Pará, e foram doadas ao Grupo de Materiais Compósitos da Universidade Federal do Pará (UFPA). A densidade de 1,32 g/cm³ foi adotada para fins experimentais conforme trabalho de Gehlen (2014). O processo de corte das fibras foi desenvolvido manualmente, onde primeiramente juntam-se as fibras em feixes e posteriormente com ajuda de papel com escala milimétrica são efetuados os cortes em tamanhos de 15 mm.

A Figura 1 apresenta o resíduo de mármore e granito e as fibras de curauá após o beneficiamento.

Figura 1 – Materiais: (a) resíduo de mármore e granito e (b) fibras de curauá



Fonte: Autores (2022)

Caracterização dos materiais

Foi realizada análise morfológica no resíduo de mármore e granito e na fibra de curauá como forma de caracterização dos materiais.

A caracterização morfológica do resíduo sucedeu através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os grãos foram observados em aumento 150 vezes e a fibra de curauá em aumento de 400 vezes.

Produção dos materiais compósitos

Para a produção dos compósitos, em formato de placa, adotou-se o método *hand lay-up* associado à prensagem em molde metálico de aço inoxidável nas dimensões (320 mm x 172,5 mm x 5 mm). Foi determinada, com base no volume da resina, a utilização de 1,5 % de acelerador de cobalto e 1,0 % de BUTANOX M-50 em todos os experimentos, variando a resina e a fase dispersa em massa. Sendo assim, foram fabricados compósitos nas proporções de 5, 15 e 25 % de resíduo e fibras de curauá na proporção fixa de 3 % e no comprimento de 15 mm. Sendo representados pelas siglas MG-% (Mármore e granito na proporção de %) e MG-%/F3 (Mármore e Granito na proporção de % e fibras de curauá na proporção de 3 %). O comprimento e a proporção de fibras vegetais foram definidos de acordo com estudos de Barbosa *et al.* (2020) e Costa *et al.* (2015) e a proporção de resíduo foi determinada conforme pesquisas de Barbosa *et al.* (2019), Santos *et al.* (2014) e Carashi *et al.* (2002) quanto a sensibilidade da proporção de fase dispersa nas propriedades dos materiais. A proporção de 0 % de RMG e 0 % de fibras, matriz plena (MP), foi adotada como método comparativo.

Após a determinação de massa dos materiais iniciou-se a produção dos compósitos. Os constituintes da fase dispersa foram colocados em estufa, a uma temperatura de 105 ° C, por um período de 30 minutos para retirar a umidade superficial

do material, simultaneamente a essa etapa ocorre à preparação do molde metálico com formação de película desmoldante. As fibras, após tempo na estufa, foram organizadas de forma aleatória dentro do molde metálico e, por conseguinte, a mistura polimérica foi preparada juntamente com o resíduo de mármore e granito na ordem de resina, acelerador de cobalto, resíduo e iniciador MEK-P. Após a homogeneização, a mistura foi despejada dentro do molde metálico para ser conformada e prensada em prensa hidráulica com carga de 25 kN durante 20 minutos. Anterior à prensagem do molde, foi contabilizada um tempo de gel que varia entre 7 a 15 minutos antes da compressão. Por fim, a placa foi retirada e devidamente identificada de acordo com as suas especificações.

Após a produção dos materiais, as placas retangulares foram cortadas com auxílio de máquina de corte nas dimensões recomendadas pelas normas ASTM para cada ensaio.

Caracterização dos materiais compósitos

A caracterização dos materiais compósitos sucedeu através dos ensaios físicos, além do ensaio de resistência mecânica à tração.

A caracterização física dos compósitos consistiu na obtenção das propriedades de Massa Específica Aparente (MEA), Absorção de Água (AA) e Porosidade Aparente (PA), seguindo recomendações das normas ASTM D 792, ASTM D 570 e ASTM D 2734, respectivamente. Para a realização do ensaio foram confeccionados 5 (cinco) corpos de prova nas dimensões de 25 x 25 mm para cada fração mássica de compósito fabricado. O ensaio consistiu em retirar a umidade dos corpos de prova em estufa durante um período de 24 horas à temperatura de 105° C e, em seguida, foi realizada a determinação da massa seca de cada corpo de prova em balança de precisão. Posterior a isso, os corpos de prova foram imersos em água destilada durante 24 horas para a determinação da massa úmida e em seguida pesados hidrosticamente, com ajuda de aparato, para a obtenção da massa imersa.

Para a realização do ensaio de resistência à tração foram confeccionados 9 (nove) corpos de prova para cada fração mássica, seguindo as recomendações da norma ASTM D 3039. O equipamento utilizado foi uma máquina universal de tração, marca KRATOS modelo IKCL3 com sistema de aquisição de dados, célula de carga de 5 kN, velocidade de 2 mm/min e comprimento útil para medição entre garras de 180 mm.

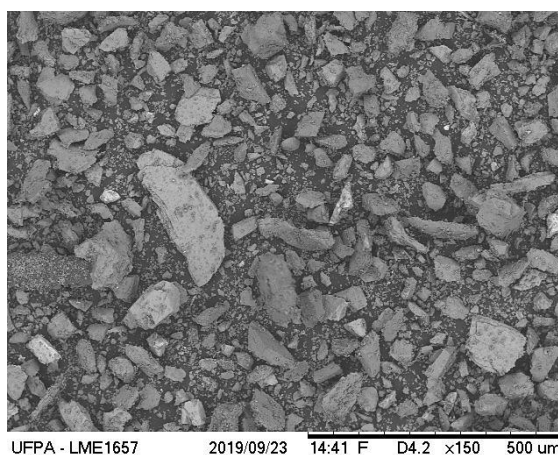
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos materiais

A caracterização morfológica do resíduo de mármore e granito e da fibra de curauá sucedeu por meio da análise de MEV.

A Figura 2 apresenta a micrografia do resíduo.

Figura 2 – Micrografia do resíduo de mármore e granito

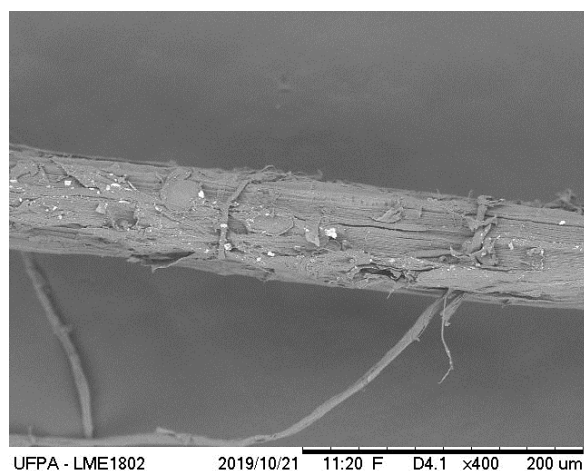


Fonte: Autores (2022)

A micrografia do resíduo de mármore e granito revela a presença de partículas de tamanhos variados e com morfologia angular devido ao processo de corte dos blocos de rochas minerais, além da presença de partículas que se destacam pelo tamanho e pela morfologia e clivagens que evidenciam os grãos de carbonato de cálcio (calcita) e dolomita. Ainda, estudos apontam, no ponto de vista granulométrico, que os resíduos de mármore apresentam tamanhos de grãos menores que 200 mesh, classificando essas partículas na fração silte (AGUIAR *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2015; TAGUCHI *et al.*, 2012).

A Figura 3 apresenta a micrografia da fibra de curauá.

Figura 3 – Micrografia da fibra de curauá



Fonte: Autores (2022)

A análise da micrografia da fibra de curauá revela um aspecto superficial rugoso com presença de irregularidades e resíduos orgânicos, o que segundo Almeida *et al.* (2015) são decorrentes dos processos de extração das fibras das folhas das plantas. Estes resíduos orgânicos, também chamados de cimentícios, compõem a superfície das fibras, como a lignina, hemicelulose, celulose e outros. Segundo Pereira *et al.* (2012) a celulose é o componente responsável pela resistência da fibra.

Caracterização dos materiais compósitos

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios físicos dos compósitos com resíduo de mármore e granito e fibras de curauá.

Tabela 1 – Ensaios físicos dos compósitos.

Composição	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)
MP	1,2159 ± 0,0052	1,5569 ± 0,5277	1,2816 ± 0,4395
MG-5/F3	1,3061 ± 0,0046	1,7842 ± 0,2712	1,3666 ± 0,2124
MG-15/F3	1,4428 ± 0,0184	4,5116 ± 1,1521	3,1355 ± 0,8413
MG-25/F3	1,5759 ± 0,0064	2,8565 ± 0,3778	1,8133 ± 0,2458

Fonte: Autores (2022).

Constata-se que a propriedade de massa específica aparente aumentou progressivamente conforme a adição dos constituintes na matriz. A resina apresenta densidade (1,15 g/cm³) inferior aos materiais da fase dispersa, com o resíduo de

mármore e granito 2,70 g/cm³ e as fibras curauá 1,32 g/cm³. De acordo com Callister Júnior (2016) as propriedades são influenciadas pela composição de cada fase do compósito e tal comportamento relaciona-se a regra da mistura.

No que diz respeito às propriedades de porosidade aparente e absorção de água, nota-se também o aumento dessas propriedades, assim como a sensibilidade conforme a o teor de particulado dentro da mistura polimérica. De acordo com Carashi *et al.* (2002), em termos físicos, o aumento quantitativo de partículas aumenta a absorção de água, explicado pela existência de falhas ou pela natureza hidrofílica da fase dispersa. As fibras vegetais possuem alto teor hidrofílico como explica Silva (2017). Neste viés, o acréscimo das propriedades físicas pode ser descritas, de certa forma, devido o resíduo não ocupar os espaços vazios formados na iteração matriz/fibra/resíduo ou decorrente de alguma falha no processo de fabricação. Ainda, Santos *et al.* (2014), explicam que essas propriedades estão diretamente ligadas e apresentam sensibilidade quanto a variação de carga na mistura.

A Tabela 2 apresenta os dados de tensão de resistência mecânica à tração dos compósitos poliméricos com resíduo de mármore e granito e fibras de curauá.

Tabela 2 – Resistência mecânica à tração dos compósitos

Composição (%)	Resistência à Tração (MPa)
MP	16,51 ± 2,82
MG-5/F3	28,71 ± 2,03
MG-15/F3	24,47 ± 1,80
MG-25/F3	20,82 ± 2,15

Fonte: Autores (2022)

Com base nos dados é possível identificar que a resistência mecânica dos compósitos apresentou tendência de diminuição conforme a incorporação de resíduo. Essa diminuição na resistência mecânica também foi observada por Costa (2016) e Barbosa *et al.* (2020) com a incorporação de fibras vegetais e resíduos.

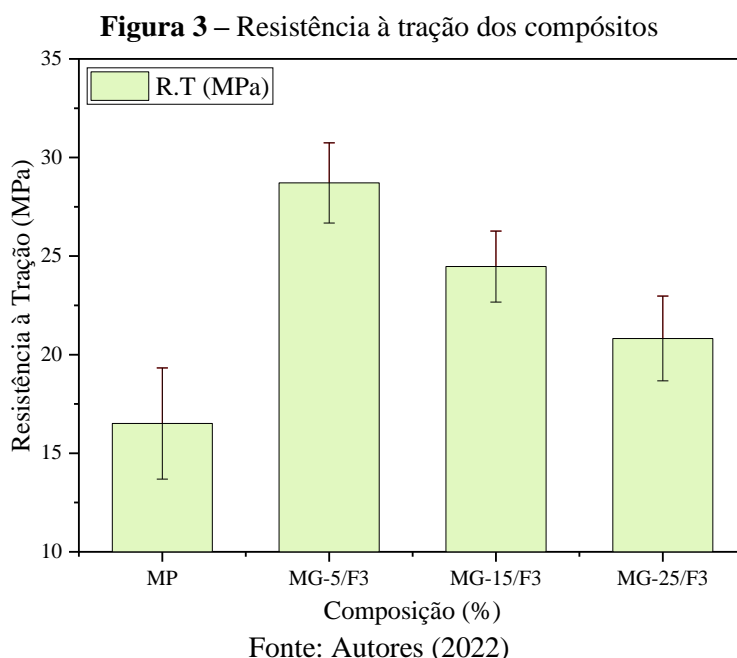
Conforme Neves *et al.* (2021), a fibra de curauá possui superfície rugosa e irregular com algumas impurezas, como mucilagem, ceras ou resíduos de tecido foliar e, embora o curauá seja indicada como uma fibra com potencial reforço em compósitos, esta fibra apresenta desafios quanto á sua durabilidade e adesão interfacial.

De acordo com a análise das propriedades físicas foi possível identificar o aumento da porosidade e absorção de água desses materiais. Segundo Aguiar *et al.* (2017) a absorção é um parâmetro utilizado para medir a porosidade aberta do material e a prensagem pode contribuir para deixar o material mais compacto, ainda Montanari e Gonçalves (2016) explicam que uma boa distribuição e uniformidade das partículas contribui para uma melhor compactação das mesmas.

Esse aumento de poros ou vazios podem ter sido ocasionados durante o processo de fabricação dos materiais compósito devido o acréscimo substancial da fase dispersa dentro da matriz, o que contribui para uma menor molhabilidade e trabalhabilidade do sistema matriz/resíduo/fibra e conseqüentemente uma menor resistência mecânica.

Costa (2016) explica que as características das fibras vegetais propiciam uma melhor ancoragem no sistema matriz/fibra, no entanto, os resíduos atuam como uma espécie de revestimento dos elementos de reforço (fibras) o que dificulta uma boa ancoragem do sistema fibra/matriz e desta forma deprecia suas características de resistência à tração.

A Figura 3 exibe o gráfico comparativo de resistência à tração dos compósitos fabricados.



A Tabela 3 exibe a comparação dos resultados para a propriedade de resistência à tração do compósito MG-5/F3 (mármore e granito 5 % mais fibras de curauá 3 %) com pesquisas utilizando resíduo de mármore e granito adjunto a outras fibras vegetais.

Tabela 3 – Comparativo dos resultados de resistência à tração com a literatura

Composição (%)	Resistência à Tração (MPa)	Fonte
MG-5/F3	28,71	Neste trabalho
MG-10/Coco-1	19,91	Rodrigues, 2016
MG-5/Juta-5	17,83	Barbosa <i>et al.</i> , 2019
MG-10/Sisal-3	19,13	Barbosa <i>et al.</i> , 2020

Fonte: Autores (2022)

Nota-se que os compósitos com incorporação de fibras de curauá apresentaram maiores limites de resistência à tração. Spinacé *et al.* (2011) explicam que o sisal possui maior fragilidade em relação ao curauá, portanto durante o processamento (moagem) ocorre mais rompimentos das fibras de sisal o que influencia na eficiência do compósito, no entanto, tal comportamento pode estar ligado também à proporção das fibras utilizadas, tendo em vista que a proporção utilizada pelos pesquisadores variou em comparação a adotada neste trabalho. Além do mais, Santos *et al.* (2014), denotam a sensibilidade quanto a variação de carga na mistura.

Ademais, conforme Pereira *et al.* (2012) e Fidélis *et al.* (2013) a fibra de curauá é composta por poucas fibras-células (12) e suas paredes celulares mais espessas (3,5 μm) quando relacionadas as fibras de juta, sisal, coco e piaçava e, quanto menor a área de lúmens (cavidades) e mais espessa a parede celular, menor será a área real e, conseqüentemente, maior a resistência.

CONCLUSÃO

As caracterizações do resíduo de mármore e granito, das fibras de curauá e dos compósitos revelaram que:

A caracterização do resíduo mostrou morfologia angular e grãos de tamanhos variados, proporcionando sua utilização como carga de reforço ou enchimento em compósitos poliméricos, e a morfologia das fibras evidenciou composição microestrutural semelhante às demais fibras vegetais, evidenciando superfícies rugosas com presença de irregularidade e resíduos orgânicos.

A caracterização física dos compósitos evidenciou a sensibilidade dos minerais de mármore e granito quanto sua proporção e aumento das propriedades em questão.

A propriedade mecânica à tração revelou que a proporção de 5 % de resíduo mais 3 % de fibras (MG-5/F3) apresentou o melhor resultado para a propriedade de resistência mecânica com aumento de cerca de 42 %.

Em suma, a pesquisa demonstrou um material compósito com influência positiva com a adição de resíduo e fibras nas propriedades dos materiais e, desta forma, possibilitando a minimização dos impactos ambientais causados pelos rejeitos minerais e no incentivo de empregos relacionados ao campo. Tornando-os candidatos em certos tipos de aplicações, como paredes divisórias, forros, calhas residenciais, revestimentos internos das indústrias automobilísticas, naval e aérea, respeitando suas características.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

REFERÊNCIAS

ABIT. Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Perfil do setor. Dados gerais do setor atualizados em 2021. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 06 de setembro de 2021.

AGUIAR, M. C., SILVA, A. G. P., GADIOLI, M.C.B. Caracterização de resíduo de mármore e granito para fabricação de rocha artificial. **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, CBECIMAT-22, pp. 939-950, Natal, Brasil, 06-10 Dezembro, 2016.

AGUIAR, M. C., SILVA, A. G. P., GADIOLI, M.C.B. Rocha artificial produzida com pó de rocha e aglomerante polimérico. **6th International Workshop Advances in Cleaner Production**, São Paulo, Brasil, 24-26 maio, 2017. Disponível em <http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/6A/3/aguiar_mc_et_al_academic.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2020.

ALMEIDA, A. L. F. S. *et al.* Efeito tratamento de mercerização em fibras de curauá (*Ananas erectifolius*). **8º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Águas de Lindóia, Brazil, 07 Novembro, 2005.

ALMEIDA, T. F., LEITE, F. H. G., HOLANDA, J. N. F. Caracterização de resíduo de pó de mármore para aplicação em materiais cerâmicos. **I Encontro de Engenharia, Ciência de Materiais e Inovação do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, Brasil, 18-21 agosto, 2015.

ASTM D 2734, **Standard Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics**. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials. EUA, 2009.

ASTM D 3039, **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (Metric)**, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, EUA, 2005.

ASTM D 570, **Standard Test Method for Water Absorption of Plastics**, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, EUA, 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, EUA, 2008.

BARBOSA, K. S. *et al.* Caracterização mecânica de compósitos poliméricos com fibras curtas de juta. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 3, pp. 1474-1481, 2020.

BARBOSA, K. S. L. *et al.* Compósitos poliméricos híbridos com carga de resíduo de mármore e granito e inserção de fibras de juta. **Congresso Anual da ABM, ABM WEEK-74**, São Paulo, Brasil, 01-03 de outubro, 2019.

CALLISTER JÚNIOR, W. D., RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CARASCHI, J. C; RAMOS, U. M.; LEÃO, A. L. Compósitos biodegradáveis de polihidroxibutirato (PHB) reforçado com farinha da madeira: propriedades e degradação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 6, pp. 1609-1614, 2002.

COSTA, D. S. *et al.* Characterization of sisal fibers for use as reinforcement in polymer composites. **International Journal of Engineering and Innovative Technology**, v. 4, n. 8, pp. 70-75, 2015.

COSTA, Deibson Silva da. **Estudo da influência de resíduos gerados pela indústria de mineração nas propriedades em compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras naturais**. 2016. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

CRUZ, A. C. F. da., *et al.* Caracterização do resíduo de corte de mármore e granito de marmoraria e análise da viabilidade de substituição parcial do cimento Portland para produção de pavers. **Revista Univap**, v. 26, n. 51, pp. 91-107, 2020.

ERENO, D. Leve e resistente: curauá substitui fibra de vidro em peças de carro e entra na composição de vigas à prova de terremotos. 141 ed., São Paulo, Revista Pesquisa Fapesp, 2007. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2007/11/01/leve-e-resistente/>>. Acesso em: 03 jan. 2020.

FIDELIS, M. E. A., *et al.* O efeito da morfologia da fibra na resistência à tração das fibras naturais. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 2, n.2, pp. 149-157, 2013.

GEHLEN L. R. **Efeito da utilização de fibras lignocelulósicas (açai e curauá) em compósitos com matriz de resina poliéster insaturado.** 2014. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2014.

MINILLO, L. Q., CARDOSO, B. C., ORTENZI, A. Design of nautical clear for small-medium boats using hybrid curauá-glass fiber-reinforced epoxy. **Materialstoday: Proceedings**, v. 34, n. 1, pp. 341-349, 2021.

MONTANARI, N. GONÇALVES, E. P. Estudo do agregado miúdo: caracterização e efeitos da granulometria na produção do concreto. In: XX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XVI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO E VI ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 2016. Vale do Paraíba. **Anais eletrônicos.** Disponível em <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0470_0727_01.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2020.

MOTA, C. L. P. *et al.* Influência da adição de pigmento em materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras de sisal (*Agave sisalana*) e de piaçava (*Attalea funifera*). **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, pp. 805-819, 2019.

NEVES, P. das., *et al.* Technical assessment of leaf fibers from curauá: na Amazonian bioresource. **Journal of Natural Fibers**, pp. 1-10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1902897>. Acesso em: 16 de novembro de 2021.

ONOFRE, S. B. *et al.* Utilização de resíduos de mármore e granito na produção de argamassas e resíduos da construção e demolição na produção de concretos. **10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, Brasil, 19-21 de outubro, 2016.

PEREIRA, T. V. C. *et al.* Investigação da influência morfológica via análise de imagens na resistência à tração de fibras naturais. **Congresso Anual da ABM, ABM WEEK-67**, Rio de Janeiro, Brasil, 31-03 de agosto, 2012.

PEREIRA, T. V. C. *et al.* Investigação da influência morfológica via análise de imagens na resistência à tração de fibras naturais. **Congresso Anual da ABM, ABM WEEK-67**, Rio de Janeiro, Brasil, 31-03 de agosto, 2012.

RODRIGUES, Diego Nery. **Influência da adição de resíduo de mármore e granito em compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras de coco.** 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Processos) – Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.

SANTOS, I. F. *et al.* Reciclagem de resíduo de mármore e granito em matrizes poliméricas. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química, COBEQ-2014**, n.2, pp. 14108-14115, Florianópolis, Brasil, 19-22 outubro 2014.

SILVA, Moisés Ferreira Eleutério. **Sorção de água em compósitos de poliéster reforçados com fibras de sisal tratadas com líquidos iônicos.** 2017. 137 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2017.

SPALA, S. T. *et al.* Caracterização tecnológica de resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais para seu uso em concreto. In: XXV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E I JORNADA DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 2017, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2017. Disponível em <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2025/3/Saulo%20Tuayar%20Spala.pdf>>. Acesso em: 04 de janeiro de 2020.

SPINACÉ, M. A. S. *et al.* Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal vs. curauá – **Polímeros**, v. 21, n. 34, 2011.

TAGUCHI, S. P. *et al.* Caracterização física e química do resíduo granítico Iberê crema boudex, Iberê Golden e Twilight proveniente do corte utilizando multifios. **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, CBECiMat-20, pp. 325-332, Joinville, Brasil, 04-08 de novembro, 2012.

Recebido em: 28/02/2022

Aprovado em: 25/03/2022

Publicado em: 30/03/2022