

Resíduos de mármore e granito em materiais compósitos: relação da granulometria nas propriedades mecânicas

Marble and granite residues in composite materials: relationship of granulometry in mechanical properties

Karla Suellen Lino Barbosa^{1*}, Marcelo de Souza Carneiro², José Antônio da Silva Souza¹, Denilson da Silva Costa³, Deibson Silva da Costa¹, Emanuel Negrão Mâcedo¹

RESUMO

As rochas ornamentais são bastante empregadas nos segmentos da construção civil, promovendo a intensa exploração e extração das rochas minerais e, conseqüentemente, a geração de resíduos, causando diversos impactos ambientais e sociais. Deste modo, buscando uma empregabilidade para estes rejeitos, foram fabricados compósitos de matriz polimérica com carga de resíduo de mármore e granito nas granulometrias de 100, 200, 325 e 400 mesh da série de Tyler com o objetivo de verificar a influência das partículas nas propriedades mecânicas dos compósitos. A metodologia de produção baseou-se no método *hand lay-up* associado à prensagem em molde. A fase dispersa foi definida em fração mássica de 5, 10 e 15 %. As caracterizações do resíduo mostraram a presença de componentes como quartzo e dolomita e morfologia angular e a propriedade à tração revelou que a proporção de 5 % de resíduo apresentou, no geral, os melhores resultados, assim como as faixas de 100 e 200 meshes. Desta forma, tornando-os candidatos em certos tipos de aplicações, além de colaborar na minimização dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Mármore e Granito; Granulometria; Desenvolvimento Sustentável;

ABSTRACT

Ornamental rocks are widely used in civil construction, promoting the intense exploration and extraction of mineral rocks and, consequently, the generation of waste, causing various environmental and social impacts. In this way, looking for an employability for these tailings, polymer matrix composites were manufactured with marble and granite residue filler in the granulometries of 100, 200, 325 and 400 mesh of the Tyler series in order to verify the influence of the particles on the properties composite mechanics. The production methodology was based on the hand lay-up method associated with mold pressing. The dispersed phase was defined as a mass fraction of 5, 10 and 15%. The characterizations of the residue showed the presence of components such as quartz and dolomite and angular morphology and the tensile property revealed that the proportion of 5 % of residue presented, in general, the best results, as well as the bands of 100 and 200 mesh. In this way, making them candidates in certain types of applications, in addition to collaborating in the minimization of environmental impacts.

Keywords: Marble and Granite; Granulometry; Sustainable development;

¹ Universidade Federal do Pará.

*E-mail: karllaslb@gmail.com

² Instituto Federal do Pará.

³ Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

INTRODUÇÃO

O mármore e o granito acompanham o progresso da construção civil e estão cada vez mais sendo empregados e, 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 são devidos os países não possuem planos específicos para o tratamento destes materiais. Já Cruz *et al.* (2020) reforçam que a empregabilidade destas rochas é benéfica devido suas boas propriedades de resistência e durabilidade e que as empresas poluidoras têm sido levadas a conscientização.

Ademais, Chiodi Filho (2018) estima que a transação comercial do setor brasileiro tenha movimentado cerca de US\$ 5,0 bilhões no ano de 2017. Aproximadamente 10.000 empresas, dentre as quais pelo menos 400 exportadoras regulares, formam sua cadeia produtiva e respondem por 480 mil empregos diretos e indiretos, no qual 60 % das empresas são findas das marmorarias. Tendo os estados do Espírito Santo e Minas Gerais os principais centros de lavras do Brasil.

Além do mais, a geração residuária das marmorarias representa, em média, apesar dos avanços tecnológicos, cerca de 25 %, transformados em pó e/ou fragmentos que ficam depositados nos pátios das marmorarias ou em aterros ou lagos gerando poluição visual e contaminação do solo. Ainda, parte da lama gerada que se torna muito viscosa é descartada e torna-se resíduo que, geralmente, são depositados em lagoas de sedimentação e geram custos consideráveis para as empresas (MENDES *et al.*, 2018; SADEK *et al.*, 2016; SOARES e VIEIRA, 2016; ALYAMAÇ e AYDIN, 2015; HANIEH *et al.*, 2014; ROSATO, 2013; REIS E LVAREZ, 2007; MOURA *et al.*, 2002).

Em vista disso, diversos estudos visam à incorporação de resíduos de mármore e granito em materiais compósitos. Os compósitos são materiais confeccionados pela união de dois ou mais constituintes a fim de obterem-se melhores propriedades. Sendo que o tamanho e formato dos grãos possuem influência nas propriedades finais, em que uma granulometria mais fina dificulta a movimentação de discordâncias e colabora para melhores características do compósito (CALLISTER JÚNIOR, 2016).

Portanto, justifica-se o estudo da influência das partículas de resíduo de mármore e granito nas propriedades de resistência à tração dos materiais compósitos, tanto na perspectiva de auxiliar na redução de impactos ambientais e sociais, bem como

na possível rentabilidade do rejeito, utilizando como metodologia de fabricação a laminação manual associada à prensagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

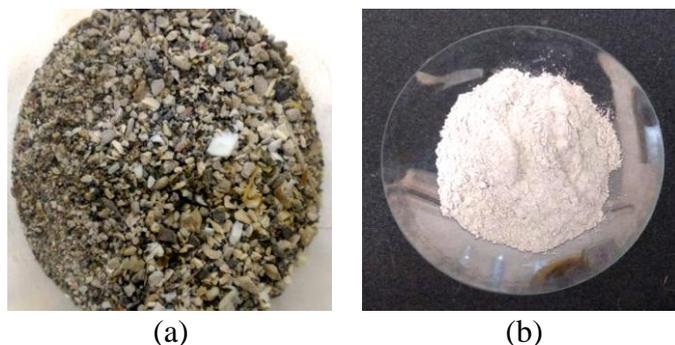
Materiais de partida

Para a confecção do compósito utilizou-se como matriz a resina poliéster isoftálica não acelerada, cujas características são resistências química e mecânica, densidade de aproximadamente $1,15 \text{ g/cm}^3$ e a necessidade da adição de um sistema catalítico durante o processo de produção. Como sistema catalítico utilizou-se de iniciador MEK-P 1,0 % e acelerador de cobalto 1,5 %, em volume. Para desmoldar as placas de compósito confeccionadas 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 peneiras com aberturas de malhas de 100 Mesh (0,149 mm), 200 Mesh (0,074 mm), 325 Mesh (0,044 mm) e 400 Mesh (0,037 mm) da série Tyler. A classificação do particulado de 400 Mesh foi obtida através de agitação mecânica e os demais por peneiramento manual. A densidade do resíduo adotada para fins experimentais foi de $2,7 \text{ g/cm}^3$, conforme o estudo de Spala *et al.* (2017).

A Figura 1 apresenta o resíduo de mármore e granito antes e após beneficiamento.

Figura 1 – Resíduo de mármore e granito: (a) antes e (b) após o beneficiamento



Fonte: Autores (2022)

Caracterização do resíduo de mármore e granito

Foram realizadas análises mineralógica e morfológica do resíduo de mármore e granito como forma de caracterização do material.

A caracterização mineralógica do resíduo foi realizada através da análise de Difração de raios X (DRX). Para a realização do experimento foi realizada a diminuição dos grãos com ajuda de almofariz de porcelana. A caracterização morfológica do resíduo sucedeu através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os grãos foram observados nas diferentes granulometrias em aumento 150 vezes.

Fabricação dos compósitos

Para a confecção 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 0, 5, 10 e 15 % de resíduo nas diferentes granulometrias. Sendo representados pelas siglas MP (Matriz plena ou Mármore e Granito na proporção de 0 %) e MG-% (Mármore e Granito na proporção de %). Essas proporções foram determinadas conforme estudos 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.

Após a determinação de massa dos materiais iniciou-se a produção dos compósitos. Primeiramente, o resíduo, foi colocado em estufa (105 ° C), durante 30 minutos para retirar a umidade superficial do material, simultaneamente a essa etapa ocorre a preparação do molde metálico com formação de película desmoldante. Logo após o tempo na estufa a mistura polimérica foi preparada na ordem de resina, acelerador de cobalto, resíduo e iniciador MEK-P. Após a homogeneização, a mistura foi despejada dentro do molde para ser conformada e prensada em prensa hidráulica com carga de 25 kN durante 20 minutos. A carga e o tempo foram definidos conforme testes realizados pelo grupo de pesquisa de Materiais Compósitos da UFPA para uma melhor compactação dos materiais. 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 fabricação de todos os compósitos, as placas retangulares foram cortadas com auxílio de máquina de corte nas dimensões recomendadas pelas normas ASTM para cada ensaio.

Caracterização dos compósitos

A caracterização dos materiais compósitos sucedeu através dos ensaios de resistência mecânica à tração.

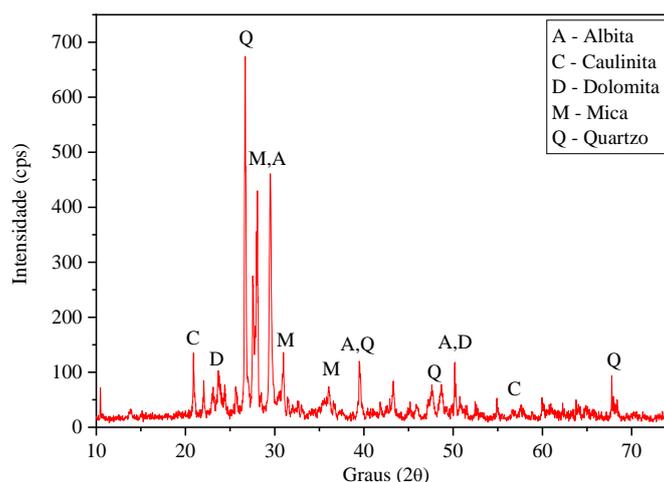
Para a realização do ensaio de resistência à tração foram confeccionados nove corpos de prova para cada fração mássica, seguindo as recomendações da norma ASTM D 3039. O equipamento utilizado foi uma máquina universal de tração, marca KRATOS modelo IKCL3 com sistema de aquisição de dados, célula de carga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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do resíduo

A caracterização mineralógica do resíduo de mármore e granito foi analisada por meio da técnica de Difração de Raios-X (DRX) como mostra a difratometria da Figura 2.

Figura 2 – Difratometria Do resíduo de mármore e granito



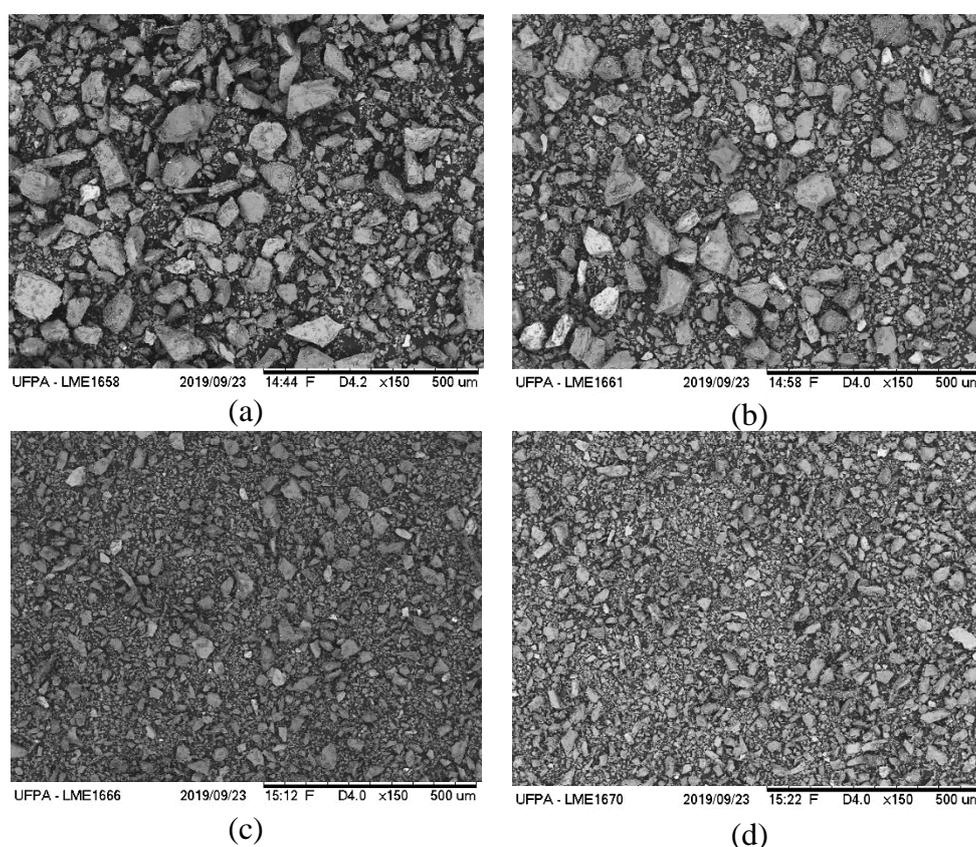
Fonte: Autores (2022)

No difratograma identificam-se os principais componentes mineralógicos presentes no material, como picos acentuados de quartzo (ICSD 89278), mica (ICSD

84263) e picos de albita (ICSD 68913), tais componentes referem-se ao material granito, bem como picos de dolomita (ICSD 10404) e calcita (ICSD 84263), componentes presentes no mármore. Esses resultados estão de acordo com as composições mineralógicas das literaturas pesquisadas (MELLO, 2006; AGUIAR *et al.*, 2012 e SANTOS *et al.*, 2014).

A caracterização morfológica do resíduo de mármore e granito sucedeu por meio da análise de MEV. A Figura 3 apresenta as micrografias dos resíduos.

Figura 3 – Micrografias dos resíduos: (a) 100 Mesh (b) 200 Mesh; (c) 325 Mesh e (d) 400 Mesh



Fonte: Autores (2022)

As micrografias obtidas por MEV do resíduo de mármore e granito revelam a presença de partículas de tamanhos variados e com morfologia angular, o que segundo Taguchi *et al.* (2012), deve-se ao processo de corte dos blocos de rochas minerais. Observa-se também a presença de partículas que se destacam pelo tamanho e pela morfologia, além de clivagens, o que conforme Aguiar *et al.* (2016) são características dos grãos de carbonato de cálcio (calcita) e dolomita, minerais esses presentes no mármore.

Nota-se também nas micrografias, que quanto maior a faixa granulométrica menor será o tamanho das partículas presentes no resíduo, tornando o material com formato de grãos mais refinados. Conforme Ajayan *et al.* (2003), quanto menor o tamanho dos grãos, maior será a área superficial, o que pode promover benefícios nas propriedades dos compósitos, no entanto, a tendência de formação de aglomerados entre as partículas pode diminuir a melhora dessas propriedades.

Estudos revelam, 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). Essa predominância de grãos pequenos também pode ser observada pela análise morfológica. Ademais, Aguiar (2012) explica que a existência de partículas refinadas no resíduo pode contribuir para a redução do aparecimento de trincas no material.

Caracterização dos compósitos

A Tabela 1 apresenta os dados de tensão de resistência mecânica à tração dos compósitos poliméricos com resíduo de mármore e granito nas diferentes granulometrias.

Tabela 1 – Resistência mecânica à tração dos compósitos

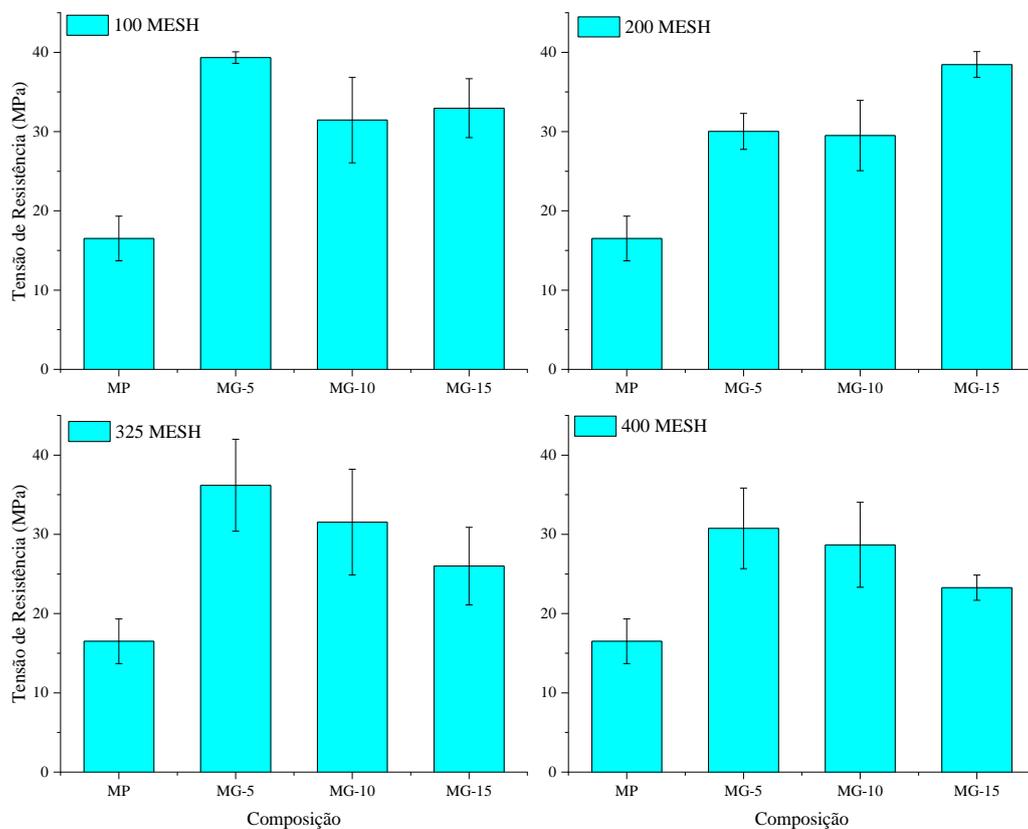
Composição (%)	Resist. Tração (MPa) 100 mesh	Resist. Tração (MPa) 200 mesh	Resist. Tração (MPa) 325 mesh	Resist. Tração (MPa) 400 mesh
MP	16,51 ± 2,82	16,51 ± 2,82	16,51 ± 2,82	16,51 ± 2,82
MG-5	39,34 ± 0,73	30,03 ± 2,27	36,19 ± 5,81	30,75 ± 5,09
MG-10	31,45 ± 5,38	29,51 ± 4,44	31,55 ± 6,67	28,68 ± 5,36
MG-15	32,96 ± 3,72	38,46 ± 1,63	26,00 ± 4,90	23,27 ± 1,60

Fonte: Autores (2022)

A partir da análise dos dados nota-se aumento significativo nos valores de resistência à tração para todas as composições com adição de mármore e granito no polímero, destacando as composições MG-5 (Mármore e Granito na proporção de 5 %) que obtiveram, no geral, aumentos significativos em relação às demais proporções de resíduo. De acordo com Bessa (2017) o aumento de carga no compósito, geralmente, melhora as propriedades mecânicas, entretanto, existe um limite de aumento, no qual o

comportamento apresentado pelo material acima desse limite pode possuir efeito adverso na propriedade. Ademais, Silva *et al.* (2018) explicam que o aumento de particulado aumenta a absorção devido a presença de maiores quantidades de grãos refinados, diminuindo assim a trabalhabilidade do material. Essa diminuição na propriedade de resistência à tração conforme adição de resíduo também foi evidenciada por Costa (2016) em seu estudo com resíduos de lama vermelha, cinza volante e caulim. A Figura 4 apresenta o gráfico comparativo dos compósitos nas diferentes granulometrias.

Figura 4 – Resistência mecânica à tração dos compósitos.



Fonte: Autores (2022)

Em relação à granulometria, as faixas granulométricas de 100 e 200 mesh apresentaram as melhores respostas de tensão de resistência mecânica. Montanari e Gonçalves (2016) explicam que uma boa variação quanto ao diâmetro de grãos e uma boa distribuição faz com que as partículas se acomodam de forma mais compacta, preenchendo vazios e, conseqüentemente, proporcionando uma menor existência de poros. Segundo Melo (2013), embora as partículas refinadas possuam propriedades

mecânicas eficientes, se elas não estiverem com boa dispersão menor será a interação com a matriz polimérica. Ademais, a tendência na formação de aglomerados pode favorecer a diminuição das propriedades finais do material.

A Tabela 2 apresenta os dados de módulo de elasticidade dos compósitos com resíduo de mármore e granito.

Tabela 2 – Módulo de elasticidade dos compósitos

Composição	Mód. Elástico (GPa) 100 mesh	Mód. Elástico (GPa) 200 mesh	Mód. Elástico (GPa) 325 mesh	Mód. Elástico (GPa) 400 mesh
MP	1,47 ± 0,15	1,47 ± 0,15	1,47 ± 0,15	1,47 ± 0,15
MG-5	1,81 ± 0,17	2,13 ± 0,14	0,87 ± 0,08	0,72 ± 0,08
MG-10	2,28 ± 0,15	1,93 ± 0,29	0,89 ± 0,07	0,75 ± 0,08
MG-15	2,35 ± 0,50	2,40 ± 0,24	0,81 ± 0,09	0,75 ± 0,12

Fonte: Autores (2022)

Referente ao módulo de elasticidade, os compósitos com resíduo nas granulometrias de 100 e 200 mesh apresentaram limites elásticos superiores à matriz de comparação, já as granulometrias de 325 e 400 mesh obtiveram valores abaixo da matriz plena, denotando comportamento dúctil. O baixo módulo exibido pela matriz plena concorda com as características do material empregado. Ainda, segundo Callister Júnior (2016), a rigidez do material está diretamente ligada ao seu módulo elástico.

CONCLUSÃO

As caracterizações do resíduo de mármore e granito e dos compósitos revelaram que:

O refinamento das partículas de resíduo de mármore e granito não contribui de forma efetiva para a melhora das propriedades mecânicas à tração.

As caracterizações do resíduo mostraram-se condizentes com a literatura pesquisada, com a presença de componentes como quartzo, mica, albita, dolomita e calcita, assim como morfologia angular, proporcionando sua utilização como carga de reforço ou enchimento em compósitos poliméricos.

A propriedade mecânica à tração revelou que a proporção de 5 % de resíduo apresentou, no geral, os melhores resultados para a propriedade de resistência mecânica. Referente à influência da granulometria, observou-se que todos os resíduos nos diferentes meshes apresentaram boas propriedades mecânicas, entretanto, as faixas granulométricas de 100 e 200 mesh revelaram valores superiores.

Em síntese, a pesquisa demonstrou um material compósito com propriedades mecânicas satisfatórias, 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. E desta forma, colaborando na minimização dos impactos ambientais causados pelos rejeitos minerais e na possível rentabilidade do resíduo mineral.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

AGUIAR, F. N. de *et al.* Caracterização de resíduos industriais visando a seu reaproveitamento na fabricação de aço. **REM – International Engineering Journal**, v. 3, n. 65, pp.319-325, 2012.

AGUIAR, M. C. de. **Utilização de resíduo de serragem de rocha ornamental com tecnologia de fio diamantado em cerâmica vermelha**. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2012.

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.

AJAYAN, P. M. *et al.* **Nanocomposite Science and Technology**. 1. Ed. Weinheim: Wiley, 2003.

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.

ALYAMAÇ, K. E., AYDIN, A. B. Concrete properties containing fine aggregate marble powder. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 19, n. 7, pp 2208-2216, 2015.

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.

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.

BESSA, M. L. T. **Estudo da dispersão e adesão de micropartículas de diamante em formulação de compósitos epoxídicos**. 2017. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2017.

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.

CHIODI FILHO, C. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. In: ABIROCHAS, Brasília, DF, 2018.

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.

HANIEH, A. A., ABDELALL, S., HASAN, A. Sustainable development of stone and marble sector in Palestine. **Journal of Cleaner Production**, v. 84, pp. 581-588, 2014.

MELLO, R. M. **Utilização do resíduo proveniente do acabamento e manufatura de mármore e granitos como matéria-prima em cerâmica vermelha**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MELO, P. M. A. de. **Compósitos particulados de polietileno de alta densidade e concha de molusco: efeito do teor e da granulometria**. 2013. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Paráíba, Paráíba, 2013.

MENDES, H. G., *et al.* Impactos ambientais no setor de rochas ornamentais no Espírito Santo e alocação e reaproveitamento de seus resíduos. 2018. Disponível em: <

<https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/09/impactos-ambientais-no-setor-de-rochas-ornamentais-no-espirito-santo-e-alocacao-e-reaproveitamento-de-seus-residuos.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 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.

MOURA, W., GONÇALVES, J., LEITE, R. S. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimentos e confecção das lajotas para piso. **Sítientibus**, n. 26, pp. 49-61, 2002.

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.

REIS, A. S. dos., ALVAREZ, C. E. de. A sustentabilidade e o resíduo Gerado no beneficiamento das rochas ornamentais. **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidade Sustentável**, ELECS 2007, UFMS/ANTAC, Campo Grande, Brasil, pp. 511-520, 12-14 de novembro, 2007.

ROSATO, Cláudio Sérgio Oliveira de. **Marmorarias de Salvador: um estudo quantitativo e estratégico sobre reaproveitamento e reciclagem de resíduos de rochas ornamentais**. 2013. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SADEK, D. M., EL-ATTAR, M. M., ALI, H. A. Reusing of marble and granite powders in self-compacting concrete for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 121, pp. 19-32, 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, L. S. *et al.* Incorporação de resíduos de polimento de placas de mármore e granito em argamassas colantes industrializadas AC-I. RCT – **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, 2018.

SOARES, E. S. S., VIEIRA, R. K. Análise ambiental dos processos de beneficiamento das marmorarias da cidade de Manaus. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, ENEGEP – 2016, pp. 1-12, João Pessoa, Brasil, 03-06 de outubro, 2016.

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.

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