

## **ANÁLISE TÉCNICA E MICROESTRUTURAL DE COMPÓSITOS DE MATRIZ CERÂMICA COM O REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE GRANITO, MÁRMORE E CAULIM**

J.L.Sales<sup>1</sup>, C.R.S.Morais, L.M.R. Lima, J.C.B. Cibalde, E.K.L.A.Targino

Av. Aprígio Veloso – 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande - PB, Brasil  
Fone: (83) 8801 7520

josyanne27@yahoo.com.br

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

### **RESUMO**

*Gerando grandes quantidades de resíduos, o setor mineral causa um impacto ambiental na natureza. Seu reaproveitamento em compósitos usados como revestimento, são pisos de alta resistência que possuem propriedades com baixa porosidade devido à adição de uma resina estruturante em poliéster. O objetivo deste trabalho é avaliar as propriedades mecânicas e microestrutural de compósitos formulados utilizando resíduos provenientes do corte de rochas de mármore, granito e do beneficiamento do caulim pelas técnicas de: Absorção de água, Porosidade aparente e Microscopia Óptica (MO). Os resíduos foram beneficiados através do processo de moagem a seco em moinho de galgas e passados em peneira 0,074mm (ABNT nº 200). Os compósitos foram formulados utilizando proporções iguais de resíduos e uma resina preparada previamente. Foi observado neste estudo que os compósitos apresentaram partículas bem aderidas à resina, os poros apresentados na micrografia podem ter surgido durante a preparação da amostra, resultantes do processo de mistura e o tempo de processamento.*

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos, compósitos, microestrutural

## INTRODUÇÃO

A destinação final dos resíduos industriais, líquidos e sólidos, é motivo de crescente preocupação das empresas e dos órgãos ambientais que, através de rigorosa fiscalização, têm obrigado as empresas a cuidados minuciosos com seus resíduos, durante todo o processo produtivo, desde a sua correta classificação, tratamento, coleta, transporte, até a sua destinação final (1). Na busca de novas alternativas para se dar uma destinação adequada a esses resíduos, muitas pesquisas e trabalhos vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo, principalmente por pesquisadores das áreas de engenharia civil, materiais, mecânica e química, propondo alternativas ao descarte desses materiais no meio ambiente, visando seu reaproveitamento como matéria-prima na fabricação de diversos produtos de baixo custo. Nos últimos anos, foram muitos os estudos que analisaram a possibilidade de reciclagem de uma vasta gama de resíduos industriais, como o granito, e o mármore.

As marmorarias produzem enormes quantidades de resíduos em forma de retalhos de rocha provenientes de sobras e quebras de peças, chegando a alcançar uma perda de 10% a 20%. Estes resíduos são obtidos do processo de recorte das peças, confeccionadas a partir das chapas de mármore e granito e muitas vezes são jogados no pátio das empresas (2).

Os Materiais compósitos são definidos pela combinação de pelo menos dois materiais que diferem na forma e na composição química e, na sua essência são insolúveis uns aos outros e quanto a morfologia se define como particulado, estrutural e fibroso (3).

Nesta pesquisa, o objetivo foi confeccionar compósitos particulados com a utilização de resíduos gerados nas indústrias de exploração e beneficiamento de caulim, juntamente com resíduos sólidos provenientes do corte das rochas de mármore e granito como também observar o comportamento dos compósitos através de ensaios tecnológicos de Absorção de água, Porosidade aparente e Microscopia Óptica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

Resíduo de Caulim: O resíduo de caulim que foi utilizado na pesquisa é originado da empresa Armil, localizada no município de Equador, Rio Grande do Norte.

Pedras de Granito e Mármore: Os retrazos de pedras de granito e mármore foram cedidos pela empresa Oficina do Granito, localizada no município de Cabedelo, Paraíba. Para o beneficiamento das pedras de mármore e granito, estes foram submetidos a moagem a seco, em moinho de galgas e passados em peneira de 0,074mm (ABNT nº 200), para depois então serem submetidos as técnicas de caracterização abaixo relacionadas.

Resina - A resina de poliéster ortoftálica **UCEFLEX UC 2636** foi doada pela empresa Elekeiroz, localizada na cidade de Várzea Paulista/SP, devidamente preparada, necessitando apenas ser incorporada nos compósitos. A utilização foi realizada seguindo as recomendações dos fabricantes.

### Métodos

As amostras estudadas foram formuladas de acordo com a quantidade de resina (40 e 45 mL) e, a partir destas quantidades, foram obtidas amostras com massa dos resíduos de 90 e de 120 g (granito, mármore e caulim em quantidades iguais)(Figura 1a, 1b). As amostras foram submetidas a tempos de processamento de 60 minutos. As placas foram conformadas e posteriormente foi efetivada a prensagem à quente em prensa hidráulica, com carga de 14 toneladas e temperatura de 85°C. Após a prensagem, as placas foram cortadas com serra manual (Maquita), para preparação dos corpos de prova, e posterior realização dos ensaios técnicos de Absorção de água, Porosidade aparente e microestrutural (MO). De cada placa resultou 5 (cinco) corpos de prova (Figura 1c) de 100x20x10mm.

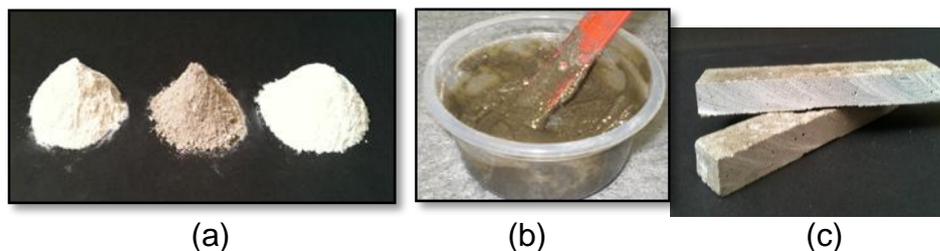


Figura 1(a,b,c) – Resíduos de caulim, mármore e granito, mistura com a resina e compósitos

Fonte: Pesquisa Direta, 2012

Os ensaios foram realizados baseados nas Normas ABNT (NBR 13818)(4) como citados abaixo:

**Absorção de Água (AA)** - O ensaio de absorção de água foi realizado da seguinte forma: os corpos cerâmicos foram pesados em balança analítica. Consecutivamente, foram submersos em água destilada por 24 horas em recipiente de vidro. Após esse tempo, foram removidos os excessos de água superficial com papel absorvente e imediatamente pesados para verificação de suas novas massas.

**Porosidade Aparente (PA)** - O cálculo da porosidade aparente fornece o provável percentual do volume de poros abertos, após a sinterização dos corpos de prova em relação ao seu volume total, para o cálculo da absorção de água, também foi medida a massa dos corpos de prova imersos, pelo método da balança hidrostática.

**Microscopia Óptica (MO)** - As amostras foram observadas em um microscópio óptico Digital 2.0 MP, motorizado e controlado por software. As imagens foram capturadas com uma câmera digital com resolução de 20 x 800 pixels, com aumento de 50x.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados foi traçado o gráfico de absorção de água versus composição resíduo/resina das placas, Figura 2.

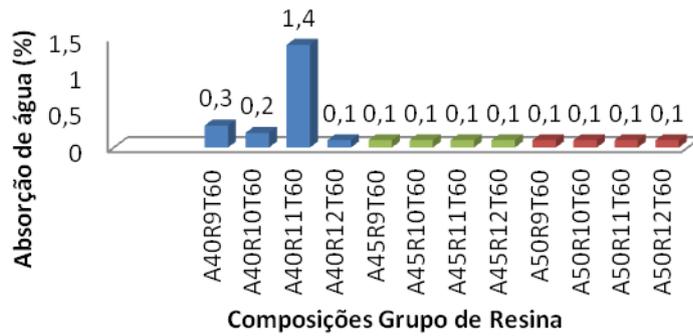


Figura 2- Valores médios absorção de água (AA%)

Pode-se observar de forma geral que a absorção de água não variou muito com o aumento do percentual de resíduo nos compósitos, e que a maioria das amostras apresentaram absorção de água  $\leq 0,5$ . As amostras com teores de resíduo acima de 100g, podem ser classificadas nos grupos de absorção (NBR 13.816).

A Figura 3 apresentam os valores médios dos ensaios físicos de porosidade aparente das composições estudadas.

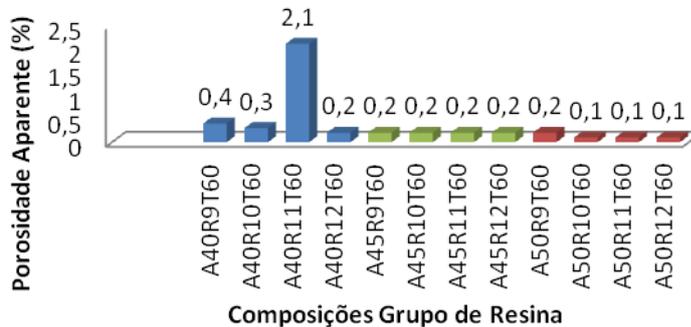


Figura 3 - Valores médios de porosidade aparente (PA%)

Quanto aos resultados de porosidade aparente dos compósitos pode-se observar que o aumento no teor da resina provocou uma diminuição nesta propriedade. Considerando agora o aumento no percentual de resíduos percebe-se que para o primeiro grupo ocorreu uma pequena diminuição.

A Figura 4 (a,b,c e d) apresenta as micrografias da amostra constituída por 40 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.



(a) 40ml de resina – 90g de resíduo e 40 min tempo de prensagem



(b) 45ml de resina – 90g de resíduo e 40 min tempo de prensagem



(c) 45ml de resina – 120g de resíduo e 40 min tempo de prensagem



(d) 40ml de resina – 120g de resíduo e 60 min tempo de prensagem

Figura 4 (a, b, c e d) – Microscopia óptica dos compósitos

A análise microestrutural das superfícies revelou a presença de resina e dos resíduos nos compósitos. Onde na Figura 4(a) houve a formação de agregados que não foram destruídos devido ao tempo de prensagem e as partículas mostram-se bem aderidas a resina. Na Figura 4(b) observa-se que este compósito devido a maior quantidade de resina apresenta uma estrutura mais densificada atribuído a uma mistura homogênea na formulação. Já nas Figuras 4(c) e (d) apresentam formas brancas referente a quantidade máxima de resíduos obtendo-se uma matriz cerâmica mais densa dentre as demais.

## CONCLUSÕES

Os estudos realizados nos compósitos formulados com os resíduos de caulim, mármore e granito permitiram concluir que a absorção de água não

variou muito com o aumento do percentual de resíduo ou de resina nas composições estudadas, e a maioria das amostras apresentaram absorção de água  $\leq 0,5$ . As análises de porosidade aparente apresentaram em alguns compósitos certa relação, sendo constatada através das microscopias podendo-se observar que as partículas dos resíduos mostram-se bem aderidas à resina, os poros apresentados na micrografia podem ter surgido durante a preparação da amostra, resultantes do processo de mistura e o tempo de processamento não afetou significativamente a morfologia dos compósitos obtidos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- (1) SANTOS, E. A. **Avaliação mecânica e microestrutural de compósitos de matriz de poliéster com adição de cargas minerais e resíduos industriais.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Natal, 2007.
- (2) ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO (ANFACER). **Guia de assentamento de revestimento cerâmico.** São Paulo, 2010. Disponível em: [www.anfacer.org.br](http://www.anfacer.org.br) – acesso em Dez. de 2010.
- (3) GROOVER, M. P. **Fundamental of Modern Manufacturing**, John Wiley & Sons, Inc , New York, 2002.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.818. **Placas cerâmicas para revestimento: especificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 1997c.

## **TECHNICAL ANALYSIS AND MICROSTRUCTURAL OF CERAMIC MATRIX COMPOSITES WITH REUSE OF WASTE OF GRANITE, MARBLE AND CAULIM**

### **ABSTRACT**

Generating large quantities of waste, the mining sector because an environmental impact on nature. Its reuse composite used as a coating, are floors which have high strength properties with low porosity due to the addition of a structuring polyester resin. The objective of this study is to evaluate the mechanical and microstructural properties of composites made using waste from the rock cutting marble, granite and kaolin by techniques: water absorption, apparent porosity and optical microscopy (OM). The residues were benefited through the process of dry grinding in mill gauges and passed through sieve 0.074 mm (Nº 200 ABNT). The composites were made using equal amounts of waste and a previously prepared resin. It was observed in this study showed that the composite resin fine particles adhered to the pores shown in the micrograph may have arisen during the preparation of the sample mixture resulting from the process and processing time.

**Key – words:** Solid waste, composites, microstructural.