

Eixo Temático ET-03-007 - Gestão de Resíduos Sólidos

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE GRANITO, MÁRMORE E CAULIM EM COMPÓSITOS DE MATRIZ CERÂMICA PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE REVESTIMENTO

Joseanne de Lima Sales; Livia Mayara Souza Pereira; Crislene Rodrigues da Silva Morais; Lenilde Mérgia Ribeiro Lima

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 microestrutural de compósitos formulados utilizando resíduos provenientes do corte de rochas de mármore, granito e do beneficiamento do caulim pelas técnicas de: Microscopia eletrônica de varredura (MEV), Microscopia Óptica. 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

Palavras-chave: Resíduos sólidos, compósitos, resina, placas de revestimento.

INTRODUÇÃO

O descarte de resíduos, de um modo geral, ocasiona um impacto ambiental muito forte, o que tem justificado o esforço de pesquisas visando a encontrar uma solução racional para este problema. O setor mineral gera grande quantidade de resíduos de diversos tipos e níveis de periculosidade e toxicidade como, por exemplo, a indústria de beneficiamento do caulim. Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo, principalmente por pesquisadores das áreas de engenharia civil, da produção, materiais, mecânica e química, propondo alternativas ao descarte desses materiais no meio ambiente, visando ao seu reaproveitamento como matéria prima na fabricação de diversos produtos. A maior parte das pesquisas demonstrou a importância da reciclagem na proteção ambiental e no desenvolvimento tecnológico.

MATERIAIS E MÉTODOS

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.

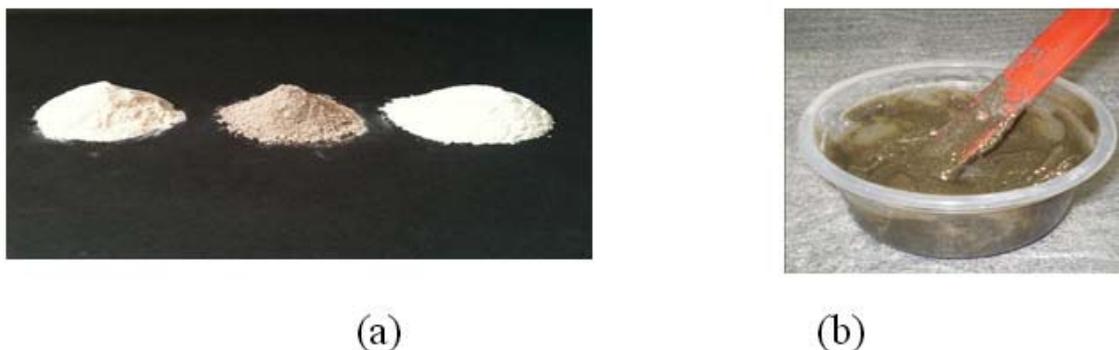


Figura 1. (a,b). Resíduos de caulim, mármore e granito e mistura com a resina. Fonte: Pesquisa Direta, 2012

Os compósitos foram formulados em 12 (doze) composições variando-se a quantidade de resina e resíduo. De acordo com a quantidade de resina (40ml, 45ml e 50ml) foram formados três grupos, que tiveram as massas dos resíduos variando entre 90, 100, 110 e 120g, com o tempo de processamento de 60min. Foi utilizada a seguinte nomenclatura para os compósitos, por exemplo, **A40R9**, onde A40, significa que a amostra possui 40ml de resina e R9, que a massa do resíduo foi 90g.

Conformação das Placas - Para a conformação das placas foi utilizado um molde de ferro, com dois compartimentos, onde cada um possui dimensões de 100x100x10mm (Figura 2a). Após a deposição do material no molde foi efetivada a prensagem à quente em prensa hidráulica, Marca SOMAR, com carga de 14 toneladas e temperatura de 85°C, com variações de tempo de 40, 50 e 60 min. Após a prensagem, as placas foram cortadas com serra manual (Maquita), para preparação dos corpos de prova, e posterior realização dos ensaios físico-mecânicos. De cada placa resultou 5 (cinco) corpos de prova (Figura 2b) de 100x20x10mm.

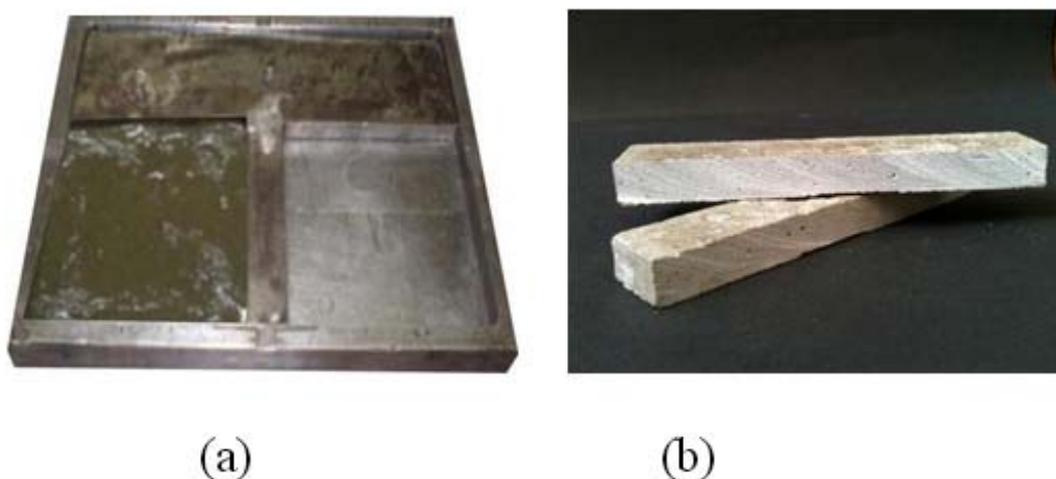


Figura 2. (a,b). Molde de ferro com divisão das placas e deposição da massa cerâmica e placas cortadas. Fonte: Pesquisa Direta, 2013

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 retirados do recipiente e 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. A obtenção desse valor foi calculada da seguinte forma: após a realização das pesagens dos corpos de prova, para o cálculo da absorção de água, também foi medida a massa dos corpos de prova imersos, pelo método da balança hidrostática.

Massa Específica Aparente (MAE) - A massa específica aparente (MAE) é a razão entre massa do corpo de prova seco e seu volume ou ainda a razão entre o peso seco e a diferença entre o peso saturado e o peso imerso.

Tensão de Ruptura a Flexão em Três Pontos (TRF) - A tensão de ruptura refere-se à resistência do material à flexão simples pelo método dos três pontos, segundo o método proposto por VICAT. Para a medida desta propriedade, foi utilizada uma máquina Lloyd LR-10KN. Para obtenção dos resultados foram realizados ensaios em cinco corpos-de-prova, sendo que o valor final foi dado pela média aritmética desses valores.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) - Para as medidas de MEV foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura da Shimadzu SSX-550, Superscan, com feixes de elétrons secundários e tensão de aceleração de elétrons de 10.000KV. Os pós foram recobertos com uma camada condutora eletrônica (recobrimento em ouro). Todo o procedimento de caracterização microestrutural foi realizado no Laboratório de Caracterização de Materiais (LCM) da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa), na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). As etapas para a preparação das amostras foram: seleção da amostra, corte, embutimento, lixamento e polimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

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

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 100 g, podem ser classificadas nos grupos de absorção (NBR 13.816).

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.

As análises de massa específica aparente apresentaram pouca variação. No primeiro grupo ela cresceu com o aumento do percentual de resíduo, já nos demais grupos não foi possível observar nenhuma correlação.

Observou-se que a resistência dos compósitos de forma geral aumentou com aumento do percentual de resíduos. Entretanto verifica-se a diminuição da resistência em relação ao aumento do percentual de resina. Os compósitos A45R9T60 (32,1 MPa), A45R10T60 (37,5 MPa) e A45R12T60 (32,7 MPa) apresentaram os melhores resultados de resistência à flexão, dentre as composições estudadas.

Na norma NBR 13816 (ABNT) de placas cerâmicas para revestimento, as recomendações de valores de resistência a flexão devem variar entre 15 a 35 MPa, logo a maioria dos compósitos apresentaram valores de resistência dentro dos especificados.

A Figura 7 apresenta as micrografias da amostra constituída por 40 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.

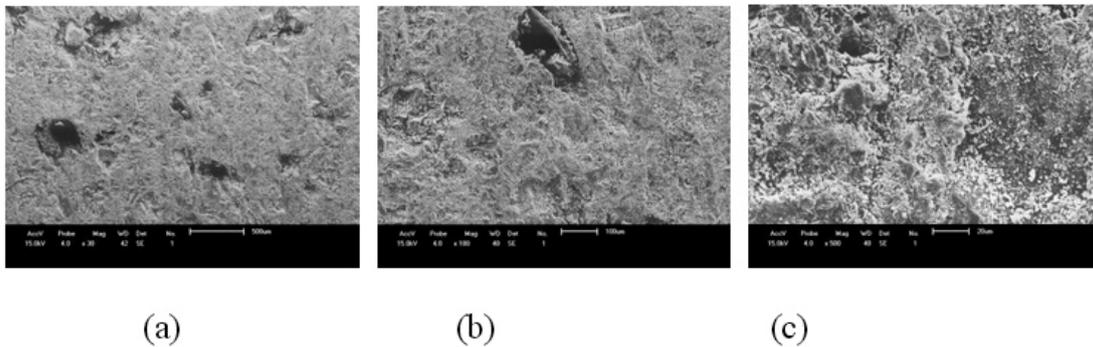


Figura 3. Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 40 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetidas a 40 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.

A partir das Figuras 3a a 3c pode-se observar que a amostra apresenta estrutura porosa, constituída por aglomerados de formatos irregulares. Apesar disso, 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.

A Figura 4 apresenta as micrografias da amostra constituída por 40 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetida a 60 minutos de processamento.

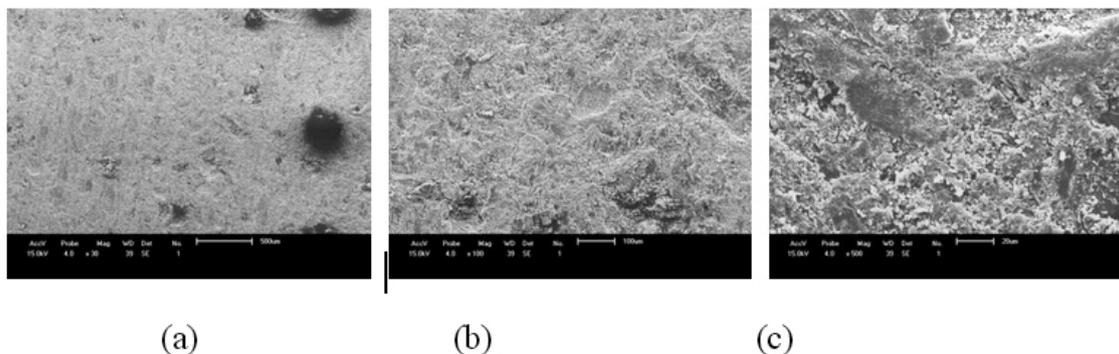


Figura 4. Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 40 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetida a 60 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.

Observando-se as Figuras 8a à 8c, pode-se afirmar que o aumento na quantidade de resíduos e no tempo de processamento não afetou significativamente a morfologia dos compósitos obtidos, visto que a amostra apresentou a mesma estrutura porosa, constituída por aglomerados de formatos irregulares, com partículas de resíduos bem aderidas à resina.

A Figura 5 apresenta as micrografias da amostra constituída por 45 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.

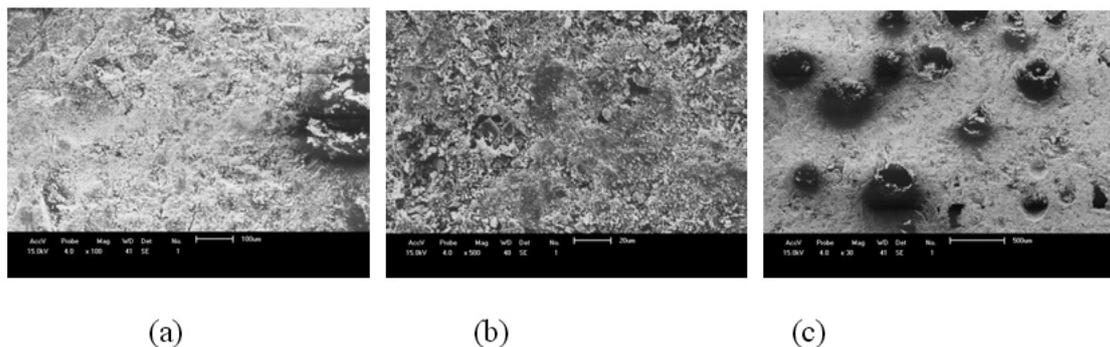


Figura 5. Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 45 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetidas a 40 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.

De acordo com as Figuras 5a a 5c, o aumento no teor de resina na formulação do compósito acarretou em uma estrutura com maior quantidade de poros, o que pode ser atribuído a uma mistura heterogênea dos componentes da formulação.

A Figura 6 apresenta as micrografias da amostra constituída por 45 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.

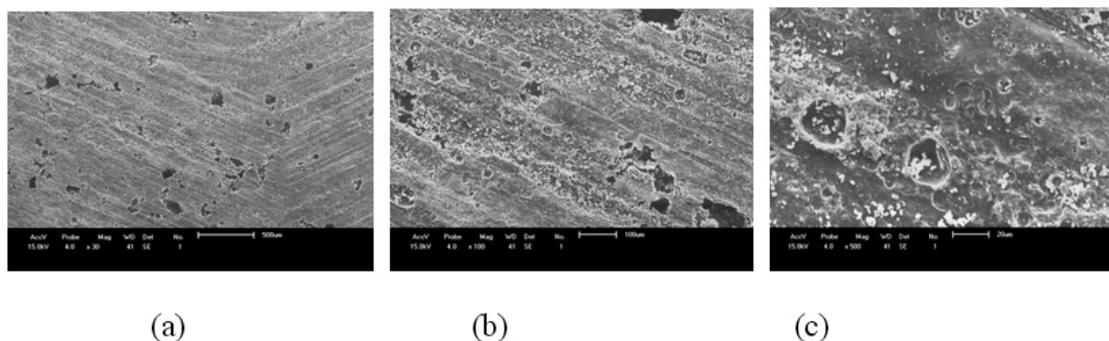


Figura 6. Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 45 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetidas a 40 minutos de processamento: (a) 30x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.

A partir das Figuras 10a à 10c, pode-se observar que o aumento no teor de resíduos, para uma amostra com 45 mL de resina polimérica, produziu um compósito com estrutura menos porosa, fato este que pode ser atribuído à melhor aderência destes resíduos à matriz polimérica e a um processo de mistura dos componentes mais eficientes.

CONCLUSÃO

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 $\leq 0,5$. Os compósitos de forma geral tiveram suas resistências mecânicas aumentadas com o aumento do percentual de resíduos em todos os grupos.

Através da análise microestrutural pôde-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, visto que a amostra apresentou a mesma estrutura porosa, constituída por aglomerados de formatos irregulares, com partículas de resíduos bem aderidas à resina.

Com base nos dados obtidos, conclui-se que o aumento no teor de resíduos, para uma amostra com 45 mL de resina polimérica, produziu um compósito com estrutura menos porosa, fato este que pode ser atribuído à melhor aderência destes resíduos à matriz polimérica e a um processo de mistura dos componentes mais eficiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.818. **Placas cerâmicas para revestimento: especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 1997c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.816. **Placas cerâmicas para revestimento: terminologia**. Rio de Janeiro, 1997 a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: **Resíduos Sólidos: classificação**. São Paulo, 2004.

BONALDO, E., BARROS, J.A.O., LOURENÇO, P.B. **Sistema híbrido em materiais compósitos para reforço de lajes de betão armado**. Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa, 2006.

GROOVER, M.P. **Fundamental of Modern Manufacturing**, John Wiley & Sons, Inc, New York, 2002.

LIMA, A.M.V.A. **Caracterização do comportamento à fractura de materiais compósitos (PRFV)**, Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Porto, 1987.

MAZUMDAR, S.K. **Composites Manufacturing – Materials, Product and Process Engineering**. CRC Press, Boca Raton, 2002.

MOURA, M.F.S.F.; MORAIS, A.B.; MAGALHÃES, M.G. **Materiais Compósitos – materiais, fabrico e comportamento mecânico**. Publindústria, Lisboa, 2005.

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.

SCHIAVON, M.A. **Polissiloxanos e polissilozanos como precursores de materiais cerâmicos e suas aplicações na obtenção de compósitos de matriz cerâmica**. Tese de Doutorado em Química. Campinas, 2002.

SIMÕES, J.R.L.; LEITE, B.C.C. **Acabamentos em materiais plásticos (pisos, paredes e forros) e revestimentos externos (siding)**. In: II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil, 1997, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, nov. 1997. 252 p. p. 85-133.

VENTURA, A.M.F.M. **Os compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas Metálicas**. C. Tecn.Mat., v.21, p. 3-4, Lisboa, 2009.

WANG, A.; QU, J.Q.U.; RU, J.; LIU, H.; GE, J. Mineralization of an azo dye acid red 14 by electro-Fenton's reagent using an activated carbon fiber cathode. **Dyes Pigm.**, v. 65, p.227, 2005.

WARING, D.R.; HALLAS, G. **The Chemistry and Application of Dyes**, Plenum Press: New York, 1990.

WILSON, J.T, ARMSTRONG, J.M, RIFAI, H.S. A full-scale field demonstration on the use of hydrogen peroxide for in situ bioremediation of an aviation gasoline contaminated aquifer. Bioremediation: field experiences, EPA/600/A- 94/019/PB94-146396, 1994.