

APLICAÇÃO DA MEV NA INVESTIGAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS DE RESÍDUO DE MÁRMORE EM ARGAMASSA

Valter Ferreira de Sousa Neto (1); Mila Thais Rezende e Silva (1); Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz (2); José Bezerra da Silva (3); Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça (4)

Universidade Federal de Campina Grande, valterneto51@gmail.com
Universidade Federal de Campina Grande, mila.rezende@outlook.com
Universidade Federal de Campina Grande, priscilaluz55@gmail.com
Universidade Federal de Campina Grande, prbezerracg@gmail.com
Universidade Federal de Campina Grande, ana.duartemendonca@gmail.com

Resumo: Atualmente, a preocupação com o meio ambiente é essencial para uma convivência saudável, fazendo assim surgir, diversas ações para acabar, ou minimizar, impactos causados por nós ao meio em que vivemos. Com isso, reutilização, se tornou uma palavra chave nos dias de hoje, sendo assim o reaproveitamento de resíduos se tornou tema de estudos, para que seja diminuído o descarte no ecossistema, com isso além de diminuir os impactos ambientais gerados por esse descarte, possibilita ainda a redução do consumo de matéria prima. Os resíduos gerados pelo beneficiamento do mármore correspondem a cerca de 30% do bloco da rocha, sendo essa porcentagem transformada em pó, esse resíduo no geral é simplesmente descartado na natureza, sem os devidos cuidados com os impactos gerados. Neste trabalho foi avaliada a resistência a compressão simples e a microestrutura do concreto incorporado com esse resíduo de mármore. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cm x 10 com para avaliação da resistência a compressão aos 28 dias e retiradas amostras de 1 cm x 1 cm para realização do ensaio de microscopia eletrônica de varredura, objetivando verificar a interferência do resíduo de mármore na microestrutura da argamassa. Verificou-se que a incorporação do resíduo promoveu a obtenção de argamassas com resistência a compressão inferior a obtida para a argamassa de referência e com maior desordem estrutural e elevação do numero de vazios.

Palavras-chave: Propriedades, reaproveitamento, rocha ornamental.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada como a maior consumidora de matérias-primas naturais, contribuindo assim, de maneira relevante, para uma maior degradação do meio ambiente. Além disso, existe a contribuição indireta, onde se pode citar como exemplo a indústria do cimento que segundo Capello (2017), responde por 5% das emissões mundiais de gás carbônico, Isso ocorre porque o processo de

produção de cada tonelada de clínquer (seu principal componente) libera na atmosfera na mesma quantidade de CO₂.

As argamassas são misturas íntimas de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água. Além dos componentes essenciais das argamassas, podem ser adicionados outros com o fim de melhorar determinadas propriedades. As pastas são misturas de aglomerantes mais água. As pastas são pouco usadas devido ao seu alto custo e aos efeitos secundários causados pela retração. Os aglomerantes utilizados podem ser utilizados isolados ou adicionados a materiais inertes, assim, obtemos o que se chama argamassa (SILVA, 2013).

As argamassas são assim constituídas por um material ativo – o aglomerante – e um material inerte – o agregado. A adição do agregado miúdo à pasta, no caso das argamassas de cimento, barateia o produto e elimina em parte as modificações de volume; no caso das argamassas de cal, a presença da areia, além de oferecer as vantagens acima apontadas, ainda facilita a passagem de anidrido carbônico do ar, que produz a recarbonatação do hidróxido de cálcio (SILVA, 2013).

As argamassas são empregadas para assentamento de tijolos, blocos, azulejos, etc. Servem ainda para revestimento das paredes e tetos, e nos reparos de peças de concreto. A escolha de um determinado tipo de argamassa está condicionada às exigências da obra. De um modo geral, as argamassas devem satisfazer as seguintes condições, dependendo de sua finalidade: resistência mecânica, compacidade, impermeabilidade, constância de volume, aderência.

Nos últimos anos, questões relacionadas ao impacto ambiental, causadas por diversas fontes poluidoras, têm sido discutidas em todo mundo. Entre elas a grande geração de resíduos urbanos e industriais são fontes de preocupação. Eles ocupam grandes espaços, tanto no meio urbano como na natureza, podendo gerar problemas ambientais. Um dos maiores responsáveis pelas agressões ao ambiente nos dias de hoje são os resíduos industriais, os quais podem ser definidos como todos os produtos provenientes de um processo industrial de produção ou uso de um produto (NÓBREGA, 2007).

O mármore é matéria prima para utilização de rochas ornamentais, após a extração nas pedreiras, as rochas são beneficiadas em serrarias e marmorarias. O beneficiamento dessas rochas envolve as etapas desdobramento, polimento e corte/ acabamento. O desdobramento consiste na serragem dos blocos em chapas por meio de equipamentos denominados teares. A segunda etapa é o polimento das chapas brutas, advindas do processo de desdobramento, realizada em equipamentos denominados politrizes. A

última etapa do beneficiamento de rochas ornamentais é o corte das chapas polidas e acabamento final, transformando-as em artefatos (SILVA, 1998).

O beneficiamento do mármore gera quantidades significativas de resíduos, nas diversas etapas de produção as perdas podem ser da ordem de 30% a 40%, que na sua maioria são inseridos de volta ao ambiente de forma inadequada, gerando risco ao ambiente.

Em geral, resíduos de mármore e granito apresentam um comportamento não plástico e, tal como a grande maioria dos materiais cerâmicos tradicionais, seus constituintes químicos majoritários, expressos na forma de óxidos, são a sílica (SiO_2) e a alumina (Al_2O_3), seguidos pela cal (CaO) e os óxidos alcalinos (Na_2O , K_2O). Os teores de óxidos de ferro também podem ser significativos, mas o seu papel durante o processamento não é tão importante (são fundentes só a altas temperaturas). Portanto, este tipo de rejeito industrial apresenta um bom potencial para ser incorporado em massas argilosas destinadas à produção de materiais cerâmicos tradicionais. O resíduo fino sólido pode ser utilizado na formulação de: Tijolos para fins estruturais; Bloquetes para calçamento de ruas e calçadas e argamassa (substitui o calcário, matéria-prima normalmente utilizada nas formulações).

2. MATERIAIS E METODOS

2.1 Materiais

Os materiais utilizados nessa pesquisa foram:

Agregado miúdo: O agregado miúdo, utilizado na pesquisa, foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 4,8mm, finura igual a 2,78%, massa específica de $2,618\text{g/cm}^3$, massa unitária solta igual a $1,429\text{g/cm}^3$, e teor de materiais pulverulentos de 0,07%;

Água: Fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA);

Cal Hidratada: obtida no comércio local de Campina Grande-PB, apresentando teor de 49,35% de cálcio (CaO), 26,45% de óxido de magnésio, e granulometria com diâmetro médio de $9,87\mu\text{m}$, com D10 de $0,47\mu\text{m}$, D50 de $4,28\mu\text{m}$ e D90 de $30,84\mu\text{m}$. Para esta cal não existe partículas superiores a $100\mu\text{m}$.

Cimento Portland CII F32: O cimento Portland foi obtido no comércio local do município de Santa Rita-PB, apresentando massa específica igual a $2,91 \text{ g/cm}^3$ e finura igual 2,84%;

Resíduo de mármore: fornecido pela empresa Fuji S/A Mármore e Granitos, gerado durante o beneficiamento do mármore. Apresenta um pico endotérmico a $894,67^\circ\text{C}$, referente a decomposição do Carbonato de Cálcio, havendo uma perda de 48,1%, equivalente a 36,31mg. O resíduo de mármore ainda tem duas fases mineralógicas: Calcita e Dolomita, principais constituintes das rochas carbonáticas.

2.2 Metodologia

A Figura 1 ilustra o fluxograma das etapas da pesquisa.

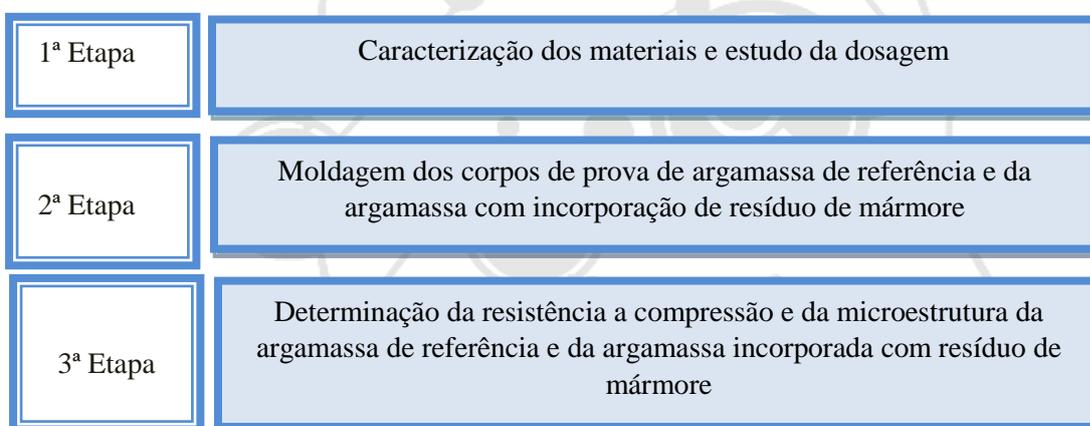


Figura 1: Fluxograma das etapas da pesquisa.

Dosagem dos materiais

O traço utilizado na pesquisa foi o de 1:2:9, para a determinação do fator água/cimento ($f_{a/c}$) utilizou-se o método de Selmo e uma simplificação do Ensaio de Consistência.

Método de Selmo: propõe a dosagem racional de adições argilosas em argamassa de revestimento e assentamento a partir de curvas de trabalhabilidade que correspondem à relação entre agregados/cimento em misturas experimentais: ao variar a relação areia/cimento obtém-se empiricamente, a quantidade mínima de adição capaz de plastificar a argamassa.

Simplificação do Ensaio de Consistência: o ensaio de Consistência é regido pela NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e

determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Utilizando-se os dois métodos obteve-se o fator água/cimento ($f_{a/c}$) igual a 2,18, o qual atende as condições de boa moldagem da argamassa. Assim obteve-se o traço de 1:2:9:2.18 que correspondem respectivamente as proporções de cimento, cal, areia e água.

Com o traço finalizado, iniciou-se o procedimento de cálculo das quantidades de materiais necessários para confecção dos corpos de prova. Algumas informações importantes para iniciar os cálculos: dimensões 5cmx10cm (diâmetro x altura).

Produção e preparação dos corpos de prova

Inicialmente foi realizada a pesagem dos elementos constituintes do material a saber, o cimento, areia e resíduo de mármore. Sequencialmente foi realizada a homogeneização da mistura.

Os corpos de prova foram moldados segundo norma da ABNT NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Para esta etapa foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5cm x 10cm para a argamassa de referência e para a argamassa incorporada com 10% e 20% de resíduo de mármore, segundo a NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

A Figura 2 ilustra o processo de produção dos corpos de prova.



Figura 2: Produção dos corpos de prova de argamassa

Determinação da Resistência à Compressão Simples

Para a caracterização mecânica dos corpos de prova das argamassas incorporadas com resíduo de mármore, nas dimensões de 5cm x 10cm, foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples, de acordo com a norma ABNT NBR 7215 (ABNT 1996), nas idades de 28 dias. O equipamento utilizado para realização do ensaio está ilustrado na Figura 3.



Figura 3: Rompimento dos corpos de prova

Caracterização microestrutural de argamassas incorporadas com Resíduo de mármore

Para a análise microestrutural realizou-se a microscopia eletrônica de varredura-MEV. Algumas amostras foram ensaiadas no laboratório Institucional da Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN- Natal. O equipamento é o Modelo XL 30 - ESEM-2001 PHILIPS. A voltagem da energia de emissão para o feixe de elétrons que incide sobre a amostra varia de 0,5 KVA até 30KVA. As amostras tinham dimensões de 1,0 cm x 1,0 cm por 0,5 cm de espessura. Foram preparadas com serra diamantada no Centro Gemológico do Nordeste do Departamento de Mineração e Geologia da UFCG em Campina Grande. Para o corte foi utilizada serra diamantada de baixa rotação. As amostras antes do ensaio foram cobertas com uma fina camada de ouro cuja função é eliminar acúmulo de elétrons na superfície.

As imagens obtidas no MEV foram a detector retroespalhado BSE e em detector

secundário, SE. A distância de trabalho -WD foi de 9,8 mm do detector de elétrons.

A técnica de microscopia eletrônica de varredura - MEV- citada na literatura está baseada em imagens da estrutura do material sob investigação que é formada usando feixes de elétrons em lugar de radiação de luz-sistema ótico. Com base na mecânica quântica, os elétrons a alta velocidade tornam-se como uma onda, com comprimento de onda inversamente proporcional a sua velocidade. Quando acelerado através de grandes voltagens, os elétrons podem ter comprimento de onda da ordem de 0,003 nm. As grandes ampliações e o poder de resolução desses microscópios são consequência de pequenos comprimentos de onda dos feixes de elétrons. A superfície da amostra é varrida por um feixe de elétrons e esta interação produz a imagem por reflexão. Este feixe refletido ou retroespalhado é coletado pelos detectores, sendo então mostrados em um tubo de raios catódicos, a exemplo de uma tela de um televisor. A imagem que aparece na tela pode ser fotografada e representa a superfície característica da amostra. A nitidez da imagem depende do grau de polimento de sua superfície. A existência de equipamentos acessórios-EDS-espectrometria de dispersão de energia permite que se obtenha análise qualitativa e semiquantitativa da composição de elementos das áreas superficiais muito localizadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 ilustra os resultados de resistência à compressão simples da argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó.

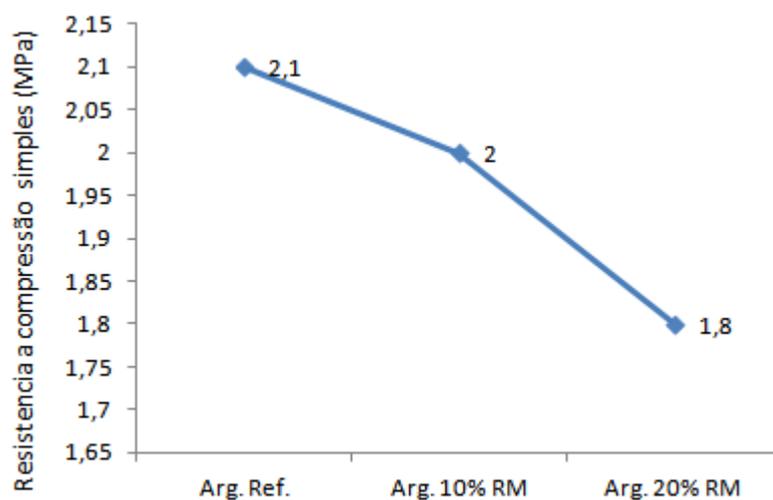


Figura 4: Resistência à compressão simples da argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó aos 28 dias de cura.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que a incorporação de resíduo de mármore em pó a argamassa ocasionou a redução da resistência, evidenciando que quanto maior o teor de substituição maior será a redução.

Para a argamassa com 10% de resíduo de mármore obteve-se uma resistência com x% inferior a argamassa de referencia, e para argamassa com 20% de resíduo de mármore, verificou-se uma redução de x%.

De acordo com a NBR 13281/2005, os resultado de resistência à compressão de 2,0MPa e 1,8MPa, respectivamente para argamassa com incorporação de 10% e 20% aos 28 dias, permite classifica-las como sendo do tipo (P1) para assentamento e revestimento.

A Figura 5 ilustra as micrografias da argamassa de referência (a) e da argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó nos teores de 10% e 20% (b e c, respectivamente).

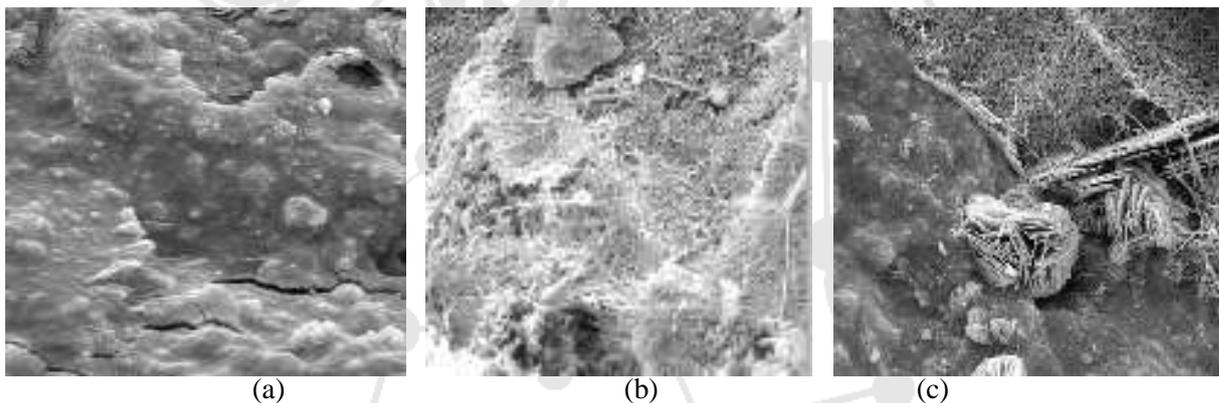


Figura 5: Micrografias da argamassa

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que a argamassa de referencia apresenta uma matriz densa e homogênea com poucos poros, conforme ilustra a Figura 5 (a). Para a argamassa incorporada com 10% de resíduo de mármore em pó (Figura 5(b)), verifica-se a ocorrência de uma estrutura irregular com presença de poros e partículas dispersas na matriz que provavelmente seja o resíduo de mármore que não reagiu com a pasta de cimento. Para a argamassa incorporada com 20% de resíduo de mármore (Fig. 5(c)), observa-se uma estrutura com presença de partículas dispersas e poros, além de estrutura irregular e heterogênea, comprovando desta forma a redução da resistência da argamassa quando

comparada aos resultados obtidos para argamassa de referencia.

Neste sentido, a microestrutura da argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó, possibilita justificar os resultados obtidos para a resistência a compressão simples, indicando que o resíduo favorecendo a formação de poros e conseqüentemente o aumento da absorção e a geração de vazios, ocasionando a redução da resistência, indicando que estes percentuais de incorporação de resíduo de mármore para produção de argamassa irá gerar um produto com restrições de uso.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde concluir que:

- A incorporação do resíduo de mármore a argamassa promoveu a redução da resistência para os teores em estudo, para todas as idades;
- A microestrutura da argamassa incorporada com resíduo de mármore indica que não houve interação química entre a pasta de cimento e o resíduo promovendo a geração de poros, vazios na estrutura e a presença de partículas dispersas.
- A utilização do resíduo em componentes da construção civil, contribuirá para minimizar o descarte no meio ambiente, agregará valor ao resíduo e contribuirá para a redução da extração de matérias-primas convencionais utilizadas na produção de argamassas.

5. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - procedimentos. Rio de Janeiro/RJ, 2000.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregado para concreto. Rio de Janeiro/RJ, 1983.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro/RJ, 1996.

CAPELLO, G. **Cimento ecológico – produto tem nível de CO₂ reduzido em sua fórmula, causando menos impacto ao meio ambiente.** Disponível em:

http://planetasustentavel.abril.uol.com.br/inc/pop_print.html. Acesso em 30 abr. de 2017.

NÓBREGA, A. Gerenciamento de borras oleosas provenientes de refinaria de petróleo. 2007. 61 f. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba. 2007.

SILVA, Cristiano Guilherme da Câmara. **A responsabilidade da indústria petrolífera frente a poluição ambiental gerada pelos resíduos (borra oleosa): uma exigência sócio ambiental.**, 2013. 21f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás)- Universidade Potiguar, UnP, Natal, 2013.

