

## **USO DO RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE MÚLTIPLO USO**

Alline Silveira Ribeiro Faial, Gustavo de Castro Xavier, Jonas Alexandre, Paulo César de Almeida Maia, Fernando Saboya Albuquerque Junior.

Laboratório de Engenharia Civil – LECIV

Universidade Estadual do Norte Fluminense

Av. Alberto Lamego, 2000, Horto, Campos dos Goytacazes – RJ – Brasil, CEP:

28013-600, Fone: (0xx22) 2726-1517

[gxavier@uenf.br](mailto:gxavier@uenf.br);

O município de Cachoeiro do Itapemirim-ES é o maior produtor de rochas ornamentais do Brasil. O beneficiamento dessas rochas para fabricação de pisos e revestimentos produz uma grande quantidade de resíduos aproximadamente 15 mil toneladas/mês, que ainda hoje são responsáveis por danos ao meio ambiente. Visando o aproveitamento deste resíduo, este trabalho visa o estudo experimental de produção de argamassas de múltiplo uso, fazendo a substituição do uso da cal hidratada, muito utilizada na confecção de argamassas na construção civil, pelo resíduo do beneficiamento do mármore de uma indústria de Cachoeiro do Itapemirim-ES. A argamassa com resíduo foi caracterizada e avaliada através de comparações de desempenhos com argamassa com adição de cal hidratada. Utilizou-se uma argamassa com cal como referência, isto é, foi confeccionado o traço de 1:1:8 (cimento:resíduo/cal:areia), onde a trabalhabilidade e as propriedades do estado endurecido foram avaliadas e comparadas com as argamassas confeccionadas com o resíduo de mármore. Os resultados da resistência a compressão mostraram que as argamassas com cal e resíduo foram de  $1,6\pm 0,5$  MPa e  $1,4\pm 0,6$  MPa respectivamente aos 28 dias de cura, ambas foram classificadas como P1 (ABNT 13279, 2005), podendo o resíduo substituir a cal, reduzindo o custo de confecção da argamassa.

Palavras-chaves: Resíduo de mármore, argamassa, cal.

## 1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos processos produtivos de corte e polimento de revestimentos, realizados por empresas que fabricam insumos para o setor da construção civil, são geradores de resíduos, os quais, em muitos casos, são altamente poluentes e provoca algum tipo de prejuízo ambiental; dentre essas empresas estão as de beneficiamento de rochas ornamentais.

Essas empresas geram uma enorme quantidade de resíduos que causam grandes transtornos ao meio ambiente, através do grande volume a ser depositado, muitas vezes ao ar livre ou mesmo em lagoas sem qualquer tipo de cuidado e/ou tratamento.

O beneficiamento dessas rochas gera aproximadamente 800.000t/ano de resíduos nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia e Ceará <sup>(1)</sup>. Por gerar uma enorme quantidade de detritos, sendo lançados muitas vezes no próprio ecossistema, sem qualquer tratamento, as indústrias do setor vêm sendo citadas pelos ambientalistas como fontes de contaminação e/ou poluição do meio ambiente <sup>(2)</sup>.

Duas boas alternativas podem ser empregadas para redução de impactos ambientais gerados pelos resíduos, estas são a reciclagem e a reutilização. De acordo com a resolução CONAMA 307 (2002) <sup>(3)</sup>, artigo 2º, suas definições são: Reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação; Reutilização é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.

A reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos, gerados no beneficiamento de mármore podem ser, técnico econômico, e ecologicamente viável. Reduzindo a quantidade de volume de resíduos nos aterros sanitários e “bota-foras”, onde muitos deles são clandestinos, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável do planeta <sup>(4)</sup>.

Visto a necessidade de se criar alternativas para o condicionamento dos resíduos. O presente trabalho optou por realizar um estudo de viabilidade técnica para adicionar este material, que é encontrado em larga escala no

Município de Cachoeiro do Itapemirim, em argamassas de múltiplo uso para construção civil.

O resíduo selecionado para utilização em argamassa foi proveniente da Indústria de Beneficiamento de Mármore Polita Ltda. Essa escolha deveu-se ao fato da mesma beneficiar apenas mármore, diferenciando de outras que beneficiam mármore e granitos, onde os resíduos se encontram misturados. Os resíduos foram estudados em substituição a cal hidratada utilizada em argamassa de múltiplo uso, onde algumas de suas propriedades foram confrontadas com argamassa de cal padrão sem substituição.

O objetivo deste trabalho foi verificar se o resíduo de calcário proveniente de uma empresa de beneficiamento de mármore do município de Cachoeiro do Itapemirim (ES) pode substituir a cal hidratada em argamassas de múltiplo uso, que é um produto muito comercializado no mercado da construção civil. E também, classificar as argamassas produzidas segundo os requisitos da ABNT 13281 (2005)<sup>(5)</sup>.

Avaliaram-se as características mecânicas produzidas pela argamassa com resíduo e fazer uma comparação de desempenhos com argamassas com adição de cal hidratada de uso comercial, do ponto de vista da resistência a tração na flexão, compressão, aderência à tração e degradação por névoa salina.

## **2 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Materiais**

Utilizou-se um resíduo de mármore proveniente do desdobramento de rocha ornamental de Cachoeiro de Itapemirim-ES da Polita Ltda. Foi utilizada uma areia lavada oriunda do rio Paraíba do Sul, cal hidratada, cimento CII E32 adquiridos no comércio local e água tratada da concessionária local.

### **Métodos**

Realizaram-se a caracterização física e química do resíduo de mármore. A cal hidratada e a areia foram caracterizadas fisicamente. Posteriormente foi fixado um traço em massa onde as argamassas de cal hidratada e resíduo de mármore (1:1:8 – [cimento:resíduo/cal:areia]), apresentassem uma boa

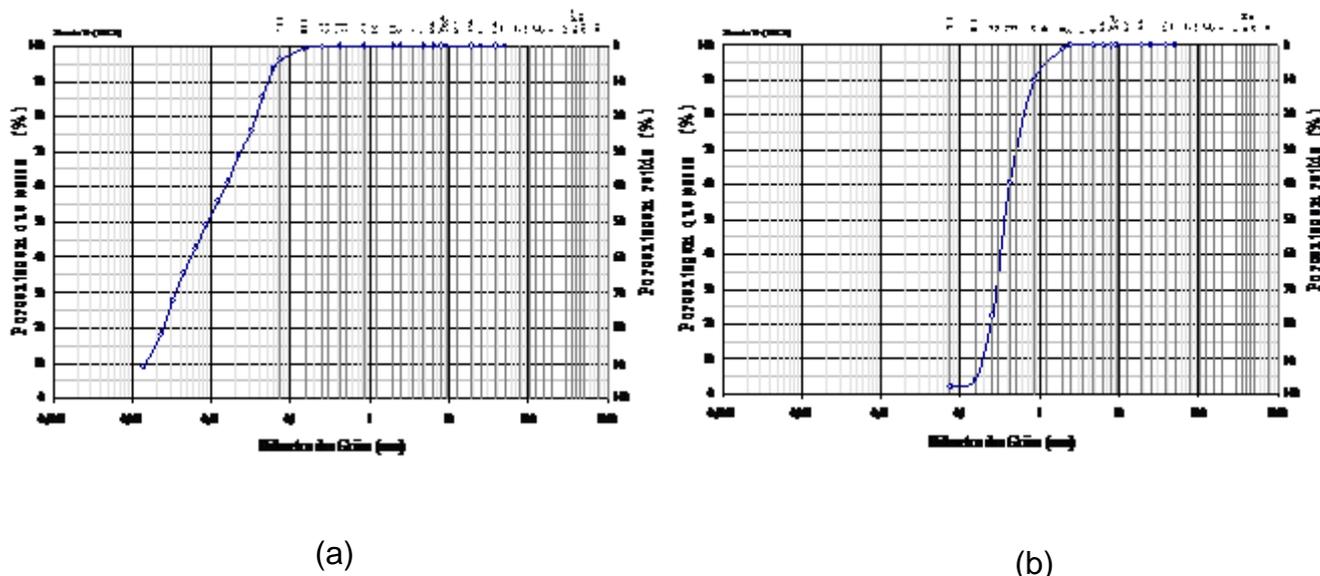
trabalhabilidade e consistência (ABNT 13276, 2005) <sup>(6)</sup> para a otimização dos ensaios mecânicos. Os ensaios realizados determinaram as distribuições do tamanho de partículas do resíduo de mármore, da cal e da areia, via úmido por peneiramento e sedimentação, segundo a ABNT 7181 (1984) <sup>(7)</sup>. O resíduo de mármore foi passado na peneira de abertura 0,045 mm (#325) e seco em estufa a 110°C. Utilizou-se o equipamento de energia dispersiva de Raios-X, modelo EDX-700 Shimadzu para análise química semi-quantitativa.

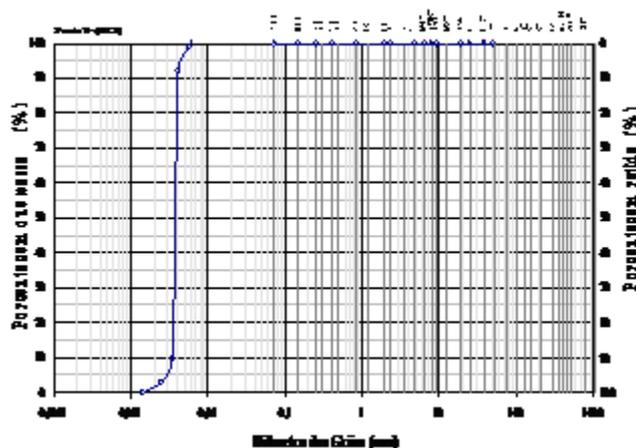
A retenção de água e aderência por tração das argamassas contendo resíduo de mármore e com a cal foram determinadas pela ABNT 13277 (1995) <sup>(8)</sup>, ABNT 13281 (2001) <sup>(9)</sup> e ABNT 14084 (2004) <sup>(10)</sup>. Foram realizados ensaios em corpos de prova prismáticos para a comparação da resistência a tração a flexão e resistência a compressão em 7, 14 e 28 dias de cura (ABNT 13279, 2005) <sup>(11)</sup> e os resultados são apresentados a seguir.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Distribuição do Tamanho de Partículas do Resíduo, da Areia e da cal.

A seguir, apresentam-se na Figura 2 as curvas da distribuição do tamanho de partículas via úmida por peneiramento e sedimentação segundo a ABNT 7181 (1984) <sup>(7)</sup>.





(c)

**Figura 1** – Curvas de distribuição do tamanho de partículas do resíduo (a), da areia (b) e da cal hidratada (c).

Analisando a Figura 1 observa-se que o resíduo de mármore se classifica como fração silte de 78% com a presença de partículas da fração argila de 15% (Figura 1a). A areia é média (60%) e tem módulo de finura 2,77mm, sendo assim, com dimensão máxima dos agregados miúdos de 2 mm de diâmetro (Figura 1b e Tabela 3). A cal tem distribuição de partículas na fração silte de 98%(Figura 1c). A granulometria da cal mostra que passou por processo de moagem.

Apresentam-se na Tabela 1 os componentes químicos da cal e do resíduo de mármore.

Tabela 1 – Componentes químicos da cal e do resíduo de mármore.

ANÁLISE QUÍMICA						
Compostos Químicos (%)	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	SrO	K <sub>2</sub> O
Cal	85,9	2,01	3,54	0,05	-	0,78
Resíduo de mármore	78,93	15,03	4,38	0,71	0,02	0,91

A análise química do resíduo de mármore apresenta 15,03% de MgO podendo ter efeito deletério a argamassa, porém, possui 0,91% de K<sub>2</sub>O podendo formar cristais resistentes. A composição da cal e do resíduo de mármore são semelhantes, isso pode indicar que a reação de hidratação destes dois materiais pode ser semelhantes.

Os resultados da consistência padrão estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Consistência das argamassas com resíduo de mármore e cal.

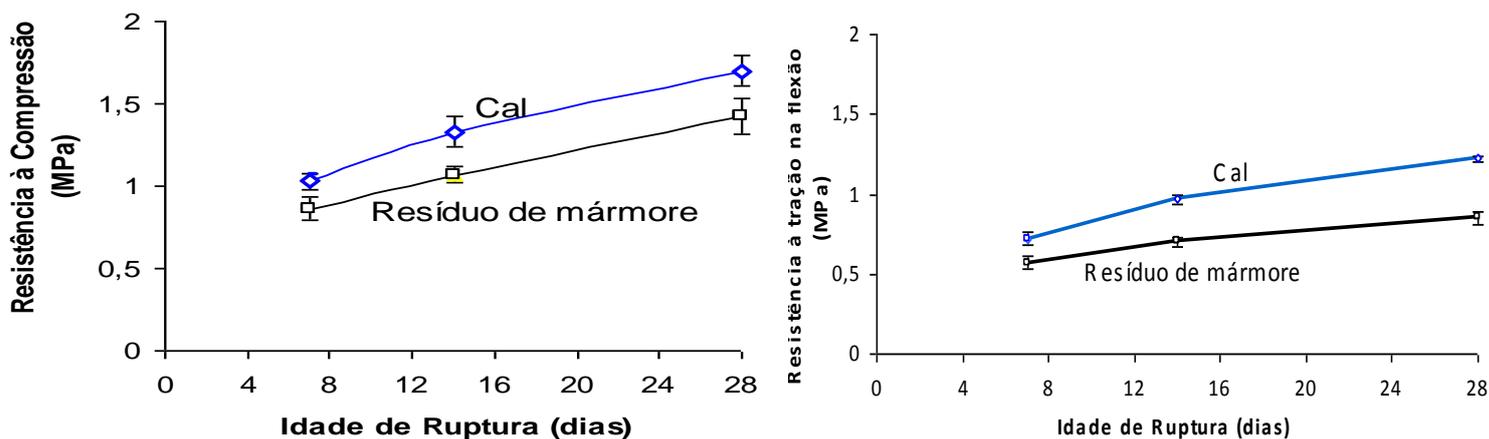
Consistência (ABNT 13276, 2005)			
Resíduo de Mármore		Cal	
Média (mm)	Desvio Padrão	Média (mm)	Desvio Padrão
249	0,2	246	0,2

A consistência da argamassa com resíduo de mármore de  $249\pm 0,2$ mm, mostra que está na faixa de trabalhabilidade esperada, utilizando 510 ml de água para cada 2530 gramas de material. A argamassa com adição de cal também atingiu um valor de consistência de trabalhabilidade ( $246\pm 0,2$ mm). Do ponto de vista da consistência, as argamassas são semelhantes.

A aderência por tração da argamassa contendo resíduo de mármore foi de  $0,43\pm 0,03$  MPa classificando-a como AC-II exterior. A argamassa contendo a cal classifica-se como AC-III pois a aderência foi de  $0,53\pm 0,02$ MPa.

A retenção de água da argamassa com resíduo de mármore foi de 82% e a argamassa contendo cal foi de 93%. Este resultado indica que para o resíduo, a argamassa classifica-se como normal e com a cal, como alta capacidade de retenção de água.

A resistência a compressão e tração na flexão estão apresentadas na Figura 2.



e resíduo de mármore.

Observando as resistências a flexão e compressão das argamassas estudadas, as curvas têm as mesmas tendências, porém, a argamassa com mármore apresentou menores resultados do que com adição de cal, isso pode ser devido a presença de MgO detectado na análise química. Os resultados da

resistência a compressão mostraram que as argamassas com cal e resíduo de mármore foram de  $1,6\pm 0,5$  MPa e  $1,4\pm 0,6$  MPa respectivamente aos 28 dias de cura, ambas foram classificadas como P1 <sup>(11)</sup>, podendo o resíduo substituir a cal, reduzindo o custo de confecção da argamassa. Da mesma forma, as resistências à flexão da cal e do resíduo de mármore foram de  $1,2\pm 0,05$  MPa e  $0,9\pm 0,1$  MPa respectivamente aos 28 dias de cura classificando-as como M1 <sup>(11)</sup>.

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que:

- o resíduo de mármore se classifica como fração silte não uniforme; A areia é média e tem módulo de finura 2,77mm; A cal tem distribuição de partículas na fração silte uniforme mostrando que passou por processo de moagem;
- A análise química do resíduo de mármore apresenta 15,03% de MgO podendo ter efeito deletério a argamassa. Observa-se que a composição da cal e do resíduo de mármore são semelhantes;
- A consistência da argamassa com resíduo de mármore de  $249\pm 0,2$ mm, mostra que está na faixa de trabalhabilidade esperada. A argamassa com adição de cal também atingiu um valor de consistência de trabalhabilidade ( $246\pm 0,2$ mm). Do ponto de vista da consistência, as argamassas são semelhantes;
- A aderência por tração da argamassa contendo resíduo de mármore classificou-se como AC-II exterior. A argamassa contendo a cal classifica-se como AC-III;
- A retenção de água da argamassa com resíduo de mármore foi de 82% e a argamassa contendo cal foi de 93%. Este resultado indica que para o resíduo, a argamassa classifica-se como normal e com a cal, como alta capacidade de retenção de água;
- Os resultados da resistência à compressão mostraram que as argamassas com cal e resíduo de mármore foram classificadas como P1 ( $\leq 2$  MPa), da

mesma forma, as resistências à flexão da cal e do resíduo de mármore foram classificadas como M1 ( $\leq 1,5$  MPa). Isso indica que o resíduo de mármore poder substituir a cal, reduzindo o custo de confecção da argamassa e agregando valor a um material inservível para a indústria de rochas ornamentais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] REIS, Alessandra Savazzini ; Tristão, Fernando Avancini . ANÁLISE DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO DE CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS. In: II CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 2007, LISBOA. II APFAC, 2007.

[2] NUNES, R.L.S.; FERREIRA, H.S.; NEVES, G.A.; FERREIRA, H.C. Reciclagem de resíduos de granito para uso na indústria de revestimentos cerâmicos. In: 46º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA. São Paulo. 2002.

[3] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, Resolução nº 307, Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 2002.

[4] ALVES, M. S. Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos. Belo Horizonte, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais. 132 p. 2008.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 13281. Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos - Requisitos. 2005.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. 2005.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 7181. Análise granulométrica de solos. 1984.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 13277. Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos:

determinação da retenção de água: método de ensaio: Rio de Janeiro, 3p. 2005.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 13281. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. 2001.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 14084. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Determinação da resistência de aderência à tração. 2004.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 13279. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e a compressão. 2005.

## **USE OF THE ORNAMENTAL ROCK WASTE IN MORTAR MULTIPLE-USE**

### **ABSTRACT**

The municipal district of Itapemirim-ES is the largest producer of ornamental stones in Brazil. The processing of these rocks for the manufacture of floor and produces a large amount of waste approximately 15,000 tons/month, which still are responsible for damage to the environment. Aiming at the use of this waste, this paper studies experimentally the production of mortars of multiple use, making the replacement of the use of hydrated lime, widely used in the manufacture of mortars in construction, by the waste of the processing of a marble industry Itapemirim -ES. The mortar waste was characterized and evaluated by comparing performance with mortar with the addition of hydrated lime. We used a slurry with lime as a reference, ie the mixture was made of 1:1:8 (cement: waste / lime sand), where the workability and the properties of the hardened condition were evaluated and compared with the mortars made with the waste of marble. The compressive strength results showed that the waste with lime mortars were  $1.6 \pm 0.5$  MPa and 1.4 MPa respectively  $\pm 0.6$  after 28 days of curing, two were classified as P1 (ABNT 13279, 2005), can replace the waste lime, thereby reducing the cost of manufacture of the mortar.

Keywords: Waste of marble, mortar, lime.