

# AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE ARGAMASSAS COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL EM DIFERENTES PORCENTAGENS\*

*Thaís Pirovane Miguel<sup>1</sup>  
Jonas Alexandre<sup>2</sup>  
Afonso Rangel Garcez Azevedo<sup>3</sup>  
Euzébio Barnabé Zelanato<sup>4</sup>  
Giovanni Bruzzi Guarçonir<sup>5</sup>  
Markssuel Teixeira Marvila<sup>6</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>7</sup>*

## Resumo

A engenharia civil, com suas obras e construções, gera um grande impacto no meio ambiente, tanto em termos de retirar seus insumos naturais como matéria prima, como a areia por exemplo, quanto em causar diversos problemas ambientais, como poluição do solo, atmosférica, contaminação de rios, e inúmeros outros problemas. Paralelo a isso, indústrias de diversos ramos têm gerado cada vez mais resíduos sólidos, o que provoca elevados custos para descarte adequado, e por isso, acabam sendo muitas vezes descartados no meio ambiente, o que acarreta inúmeros prejuízos a este. Dessa forma, o presente trabalho tem objetivo de avaliar a absorção de água por capilaridade e densidade de argamassas de cimento e cal para assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos, com substituição de areia por resíduo de rochas ornamentais, em diferentes porcentagens. O resíduo de rocha ornamental foi coletado em forma de lama úmida, diretamente nos parques de beneficiamento. Em laboratório, o resíduo foi devidamente tratado para seu uso em argamassas, a areia foi peneirada - #10 a Cal Hidratada utilizada foi a tipo III (CHIII) e Cimento Portland tipo II (CPII). A quantidade de água de cada traço foi determinada através do ensaio de consistência. Foi realizado um traço de referência (1:1:6 em volume). E posteriormente traços com substituição de areia por resíduo em 20%, 40%, 60%, 80% e 100%, para produção dos corpos de prova prismáticos (40 x 40 x 160)mm. Os corpos de prova confeccionados foram submetidos a ensaios de absorção de água por capilaridade. Os resultados mostraram que, como o esperado, o resíduo cumpre o papel de efeito filler na argamassa em até 40% de substituição, sendo, portanto, o traço ideal de incremento de resíduo, com suas propriedades melhoradas.

**Palavras-chave:** Argamassa, resíduo, capilaridade.

## EVALUATION OF ABSORPTION OF WATER BY CAPILLARITY OF MORTAR WITH INCORPORATION OF ORNAMENTAL ROCK RESIDUE IN DIFFERENT PERCENTAGES

### Abstract

Civil engineering, with its works and constructions, has a major impact on the environment, both in terms of withdrawing its natural inputs as raw material, such as sand for example, and in causing various environmental problems, such as soil pollution, atmospheric pollution, contamination of rivers, and numerous other problems. Parallel to this, industries in various sectors have been generating more and more solid waste, which causes high costs for proper disposal, and therefore, are often discarded in the environment, which entails numerous damages to this. Thus, the present work has the objective of evaluating the water absorption by capillarity and density of cement and lime mortars for laying blocks and covering

walls and ceilings, with replacement of sand by ornamental rock residue, in different percentages. The ornamental rock residue was collected in wet mud form, directly in the processing parks. In the laboratory, the residue was properly treated for use in mortars, the sand was sieved - # 10 the Hydrated Lime used was type III (CHIII) and Portland cement type II (CPII). The amount of water in each trace was determined by the consistency test. A reference trace (1: 1: 6 by volume) was performed. Then, traces of sand substitution by residue in 20%, 40%, 60%, 80% and 100% were used for the production of prismatic specimens (40 x 40 x 160 mm). The prepared specimens were submitted to capillary water absorption tests. The results showed that, as expected, the residue fulfills the role of effect filler in the mortar by up to 40% of substitution, being, therefore, the ideal trait of increment of residue, with its improved properties.

**Keywords:** Mortar, residue, capillarity.

- <sup>1</sup> *Estudante de Engenharia Civil. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- <sup>2</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.,*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- <sup>5</sup> *Estudante de Engenharia Civil. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- <sup>6</sup> *Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- <sup>7</sup> *Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade da Flórida, Gainesville, Flórida, Estados Unidos..*

## 1 INTRODUÇÃO

Têm se discutido, cada vez mais, os grandes impactos ambientais causados pela construção civil. Esse ramo, tem sido causa de contaminação de rios, mares, solos, causam poluição atmosférica e inúmeros outros impactos ao meio ambiente. Esses prejuízos, tem levado pesquisadores a buscar alternativas e materiais sustentáveis, como forma de substituir os métodos convencionais, minimizando os impactos causados ao ambiente.

Essa realidade de prejuízos ambientais causados está presente não só a engenharia civil, mas também outros ramos, como é o caso da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais. O corte do mármore e granito, por exemplo, gera uma grande quantidade de resíduo, estima que ao ano, cerca de 800000 toneladas, só nos estados do Espírito Santo, Bahia, Ceará e Minas Gerais [1]

A constituição desse resíduo, depende da maneira do corte dessas rochas. Quando usa-se fios diamantados o resíduo é constituído por pó de rocha e água, e quando feito por lâminas metálicas, é constituído por cal, gralha e fragmentos metálicos-provenientes do desgaste das lâminas. [2]

Esses resíduos podem trazer inúmeras consequências se descartado de forma irregular, como por exemplo causar assoreamento se atingir rios, contaminar solos e lençóis freáticos, como podemos ver na Figura 1, o resíduo descartado num córrego.



Figura 1: Resíduo de rochas ornamentais descartado de forma irregular  
Fonte: Divulgação

A atividade de extração e beneficiamento de rochas ornamentais é muito consolidada no estado do Espírito Santo, em especial, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim, localizada ao sul do estado. Estima-se que, apenas nesse município, que possui cerca de 600 empresas, é gerado um volume de 4.000 ton/mês desses resíduos. [3]

A cidade é referência a nível internacional em beneficiamento de rochas ornamentais, sendo considerada a capital do mármore e do granito. Isso se deve graças a suas características geográficas e seu pioneirismo na extração das rochas,

como podemos ver na Figura 2 um de seus parques industriais, como a geografia da cidade propiciou essa atividade:



Figura 2: Parque de extração e beneficiamento de rochas em Cachoeiro  
Fonte: Divulgação

O resíduo, apresenta compatibilidade com as matrizes cimentícias, de acordo com sua composição química, e sua elevada finura o confere como um material em potencial de utilização como adição mineral em concretos e argamassas, podendo agir como filler (Gonçalves, 2000; Menezes et al., 2009; Aruntas et al., 2010; Corinaldesi et al., 2010). [4]

Buscando reutilizar o resíduo, sem a transformação do mesmo e almejando criar um material sustentável para o ramo da engenharia civil, o presente trabalho buscou reutilizar o resíduo das rochas ornamentais, em substituição da areia natural, avaliando a absorção de água dessa substituição em argamassas para assentamento.

Isso porque a areia é um recurso não renovável, muito utilizada como matéria prima nas construções civis, e sua exploração nos leitos dos rios, causa grande degradação ambiental. Assim, substituir o resíduo na areia é uma forma de diminuir o uso dessa matéria prima finita, além de utilizar um resíduo que até então, não tinha nenhuma aplicação.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### Materiais e métodos

Para a confecção da argamassa, foi utilizado areia natural média do Rio Paraíba do Sul, peneirada na peneira #10, Cimento Portland da marca Maúa do tipo CPII, cal hidratada da marca Super Cal tipo III (CHIII), e resíduo proveniente da cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES.

Primeiramente, o resíduo foi coletado, na forma de lama e seco ao sol na própria indústria para seu transporte até a universidade. Após chegar ao laboratório o mesmo foi triturado, e novamente seco em estufa a uma temperatura de 110 °C por

um período de tempo em que se observou a constância de sua massa, que ocorreu em geral em 24 horas.

Foram confeccionados 6 traços de diferentes porcentagens, sendo que para cada um foram moldados 3 corpos de prova em unidades de volume, respeitando a norma ABNT NBR 13279:2. O primeiro traço, chamado 0%, foi utilizado como traço referência, sem a presença do resíduo, e após, foram feitas substituições graduais de areia por resíduo, nas seguintes porcentagens: 20%,40%,60%,80% e 100%.

A quantidade de água em todos os traços foi encontrada através do ensaio de consistência. Foram fabricadas as argamassas, e em uma Mesa de fluidez para refratário Ø 300mm da Solo Teste, inseridas num molde rígido de tronco cônico e colocadas em três camadas, aproximadamente da mesma altura. Com um soquete, foram aplicados 15,10 e 5 golpes uniformes, respectivamente na primeira, segunda e terceira camada. O ensaio foi repetido até que a argamassa atingisse o espalhamento ideal. A média do diâmetro de uma argamassa em consistência ideal deve estar entre 250,5 e 260,5 mm. [6]

Após a determinação da quantidade de água ótima foram moldados corpos de provas prismáticos, nas dimensões 160x40x40 mm, para todas as porcentagens. A moldagem foi feita em laboratório, em condições controladas. Foi usado na forma de moldagem metálica, desmoldante da marca Desmol - Vedacit, e a argamassa foi despejada em duas camadas de aproximadamente mesma altura, e entre elas, foi aplicada, na mesma mesa do ensaio de consistência, 30 golpes para assentamento da massa na forma, e homogeneização. [7]

Após uma idade de ruptura de 28 dias, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de absorção de água por capilaridade e densidade. Os corpos de prova de cada traço foram lixados, limpos com pincel e foi determinada a q massa inicial, M0. Em seguida, foram colocados em um recipiente com (5+/-1) mm de altura de água, mantida constante, e deixada lá primeiramente por 10 minutos. Após esse tempo, foram novamente pesados e recolocados no recipiente com água até atingir o tempo de 90 minutos, sendo repetido o procedimento. [8]

Os resultados foram coletados e serão apresentados a seguir.

## Resultados

Os resultados obtidos no ensaio de capilaridade serão apresentados na tabela 1 a seguir:

**Tabela 1.** Média dos pesos dos corpos de prova nos respectivos tempos

Traço	Peso inicial (m <sub>0</sub> )	Peso após 10 minutos	Peso após 90 minutos
0%	355,29 g	367,27 g	379,36 g
20%	441,58 g	449,95 g	459,48 g
40%	482,22 g	491,08 g	500,62 g
60%	430,59 g	440,17 g	453,58 g
80%	384,09 g	400,22 g	415,09 g
100%	342,54 g	357,78 g	378,64 g

Através da fórmula:

$$At = \frac{mt - m0}{16}$$

Onde:

$A_t$  é absorção de água por capilaridade para cada tempo, em g/cm<sup>2</sup>

$m_0$  é a massa inicial do corpo de prova, em gramas

$m_t$  é a massa do corpo de prova em cada tempo, em gramas

16 é a área do corpo de prova, em cm<sup>2</sup>

Os coeficientes encontrados após 10 minutos e após 90 minutos serão apresentados na Figura 3 e 4, respectivamente

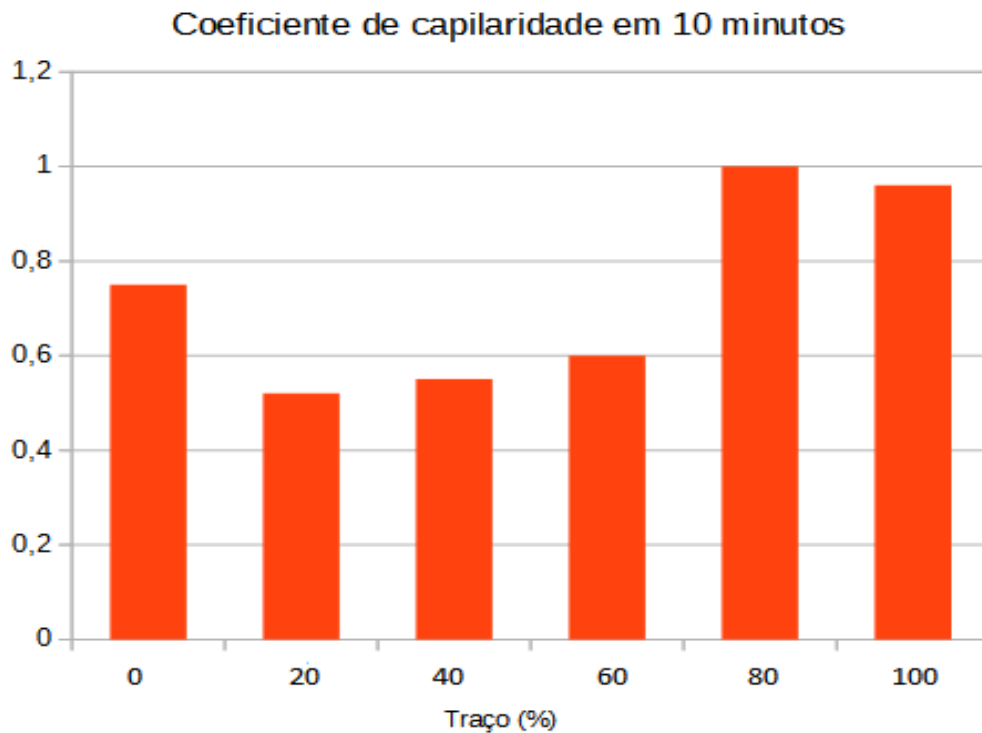


Figura 3: Resultados do coeficiente de capilaridade para o tempo de 10 min.

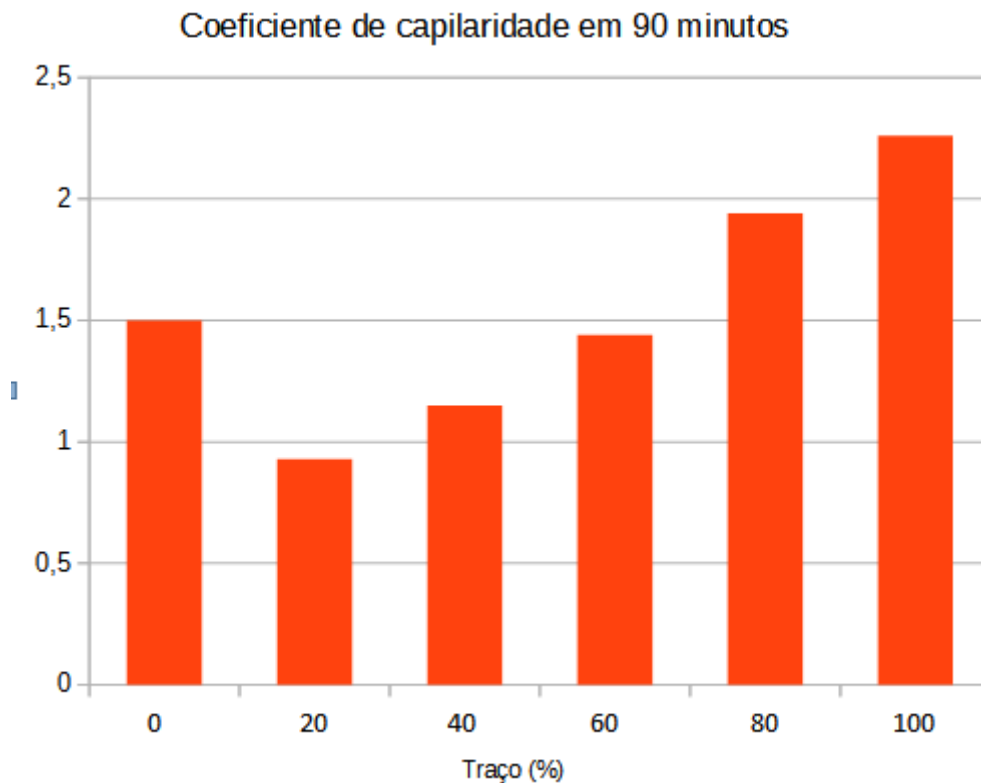


Figura 4: Resultados do coeficiente de capilaridade para o tempo de 90 min.

## Discussão

Determina-se o coeficiente de capilaridade pela diferença da massa dos corpos de prova após 10 e 90 minutos. Através desse coeficiente é possível avaliar a capacidade de penetração da água nos poros da argamassa, que por serem materiais geralmente porosos, espera-se que através dos poros capilares, haja absorção de água. Esse resultado mostra o desempenho e durabilidade das argamassas, que influenciam também em sua resistência mecânica, assim, quanto maior o valor do coeficiente, mais poroso é o material. [9]

Verificou-se que com a adição do resíduo, houve uma diminuição do coeficiente até 40%, como era o esperado, pois o resíduo age como filler na argamassa, isso é, preenche os vazios. Em 60%, os coeficientes se aproximam do valor da argamassa de referência e acima dessa porcentagem, aumentam além do traço referência. Isso se deve ao fato de até 40% de substituição o resíduo desempenhar uma função de preenchimento de poros, culminando em menos acúmulo e transporte de água e CO<sub>2</sub> favorecendo a durabilidade [10].

## 3 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados e nas discussões acima sobre a absorção de água por capilaridade em argamassas com substituição de areia por resíduo, pode-se

concluir que o melhor traço, em que as propriedades da argamassa são melhoradas, é o traço de 40% de substituição.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem as agências de fomento, CNPQ, CAPES e FAPERJ pelo apoio financeiro a pesquisa.

### **REFERÊNCIAS**

- 1 Azevedo, A.R.G.; Alexandre, J.; Zanelato, E.B.; Marvila, M.T. -Effect of Granite Residue Incorporation on the Behavior of Mortars, 2019. Materials, v. 12, p. 1449, 2019.
- 2 Reis A. S.; Tristão, F.A. - ANÁLISE DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO DE CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS
- 3 Bahiense, A. V; Alexandre, J. - INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL EM ARGAMASSAS UTILIZANDO PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS EM REDE SIMPLEX, 2007
- 4 A. K. C. NOBREGA, M. V. V. A. de SÁ, R. A. AMARAL , S. E. GOIS, G. M. DANTAS - CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE PÓ DE PEDRA ORNAMENTAL ADICIONADO À ARGAMASSA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO.
- 5 Faial, A.S.R; Xavier, G.C; Alexandre, J., Maia, P.C.A. - USO DO RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE MÚLTIPLO USO, 2012.
- 6 ABNT NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência, Rio de Janeiro, 2002.
- 7 ABNT NBR 13281. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, Rio de Janeiro, 2001.
- 8 ABNT NBR 15259. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, Rio de Janeiro, 2005.
- 9 Azevedo, A.R.G.; DESENVOLVIMENTO DE PLACAS CIMENTÍCIAS REFORÇADAS COM INCORPORAÇÃO DO LODO PRIMÁRIO DA INDÚSTRIA DE PAPEL DE CELULOSE. Tese de Doutorado, 2018.
- 10 DE AZEVEDO, AFONSO.R.G.; ALEXANDRE, JONAS ; XAVIER, GUSTAVO DE C. ; PEDROTI, LEONARDO G. . Recycling paper industry effluent sludge for use in mortars: A sustainability perspective. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, v. 192, p. 335-346, 2018.