

## **Avaliação da variação da resistência mecânica de argamassas com incorporação do resíduo de rocha ornamental (RRO) em maiores tempos de hidratação**

### **Evaluation of the mechanical resistance variation of mortar with incorporation of the ornamental rock waste (ORW) in higher hydration times**

T. P. Miguell<sup>1\*</sup>, A.R.G. Azevedo<sup>2</sup>; J. Alexandre<sup>1</sup>; M.T. Marvila<sup>1</sup>; E.B. Zanelato<sup>1</sup>; G.C. Xavier<sup>1</sup>; T.L.E. Santo<sup>1</sup>; V.D. Pinheiro<sup>1</sup>; G. Bruzzi<sup>1</sup>; A.A. Siqueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF – Laboratório de Engenharia Civil  
Avenida Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ, Parque California, Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente

Rua Passo da Pátria, 156 – Bloco D (Escola de Engenharia), São Domingos, Niterói, RJ  
\*thaispirovanem@gmail.com

#### **Resumo**

*A construção civil é responsável pelo consumo de grande quantidade de insumos naturais, como a areia, além de grandes emissões de gases ao ambiente, que são extremamente prejudiciais. Paralelo a isso, as indústrias de maneira geral vem produzindo cada vez mais resíduos sólidos que quando descartados de maneira incorreta gera grandes danos ambientais, além de elevados custos. O presente trabalho tem objetivo de avaliar a resistência de argamassa 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, extremamente úmido, na etapa de lapidação dos blocos. Em laboratório, o resíduo foi homogeneizado para seu uso em argamassas, já 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 mecânicos de tração e compressão após 56 dias de cura, aumentando a eficiência das reações de hidratação. Os resultados mostraram que a resistência aumenta com o aumento da porcentagem de resíduo até a 40%. Depois, observa-se uma queda na resistência e redução na trabalhabilidade da argamassa, em substituições acima dessa porcentagem. Conclui-se, portanto, que 40% é a porcentagem ótima de substituição para argamassas visando assentamento de blocos e revestimento de paredes na construção civil.*

*Palavras chave : Argamassa, resíduo, resistência*

### **Abstract**

*Civil construction is responsible for the consumption of large quantities of natural inputs, such as sand, as well as large emissions of gases to the environment, which are extremely damaging. Parallel to this, industries in general have been producing a larger number of solid waste that when discarded incorrectly generates great environmental damages, in addition to high costs. The objective of this work is to evaluate the resistance of cement and lime mortar for block laying and wall and ceiling coating, with replacement of sand by ornamental rock residue, in different percentages. The ornamental rock waste was collected as a mud, extremely humid, in the lapidation stage of the blocks. In the laboratory, the residue was homogenized for use in mortars, and 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 to produce prismatic specimens (40 x 40 x 160)mm. The specimens were submitted to mechanical tensile and compression tests after 56 days of curing, increasing the efficiency of the hydration reactions. The results showed that the resistance increases with the percentage increase of residue up to 40%. Then, a decrease in the resistance and reduction in the workability of the mortar, in substitutions above this percentage, is observed. It is concluded, therefore, that 40% is the optimum percentage of substitution for mortars aiming at block settlement and wall cladding in civil construction.*

*Key words: Mortar, waste, resistance*

## **INTRODUÇÃO**

A preocupação ambiental tem sido uma pauta muito discutida no ramo da engenharia civil. O impacto ambiental gerado pela construção civil tem levado a busca, cada vez maior, de materiais e alternativas sustentáveis de se construir.

Em contrapartida, observa-se que, não só a engenharia civil, mas também outros ramos, enfrentam o problema de grande impacto ambiental causado por sua atividade, como é o caso da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais. Sua atividade de corte do mármore e granito, por exemplo, gera uma grande quantidade de resíduo. [1]

O resíduo é constituído por pó de rocha e água, quando usa-se fios diamantados, e cal, gralha e fragmentos metálicos- provenientes do desgaste das lâminas, quando o corte é feito por lâminas metálicas.[2]

Esse resíduo é produzido em grande quantidade, prejudicial ao meio ambiente, pode causar assoreamento se atingir rios, contaminar os solos, e quando seco, na forma de pó, pode causar problemas respiratórios ao ser inalado pelo ar. Por ser de difícil descarte, esse resíduo, encontrado na forma de lama, acaba sendo entulhado nos pátios das indústrias de beneficiamento, a céu aberto, causando todos os problemas já citados, além de ocupar uma área significativa da propriedade dessas empresas, como podemos ver na Figura 1.



Figura 1: Resíduo de rochas ornamentais nos pátios das indústrias de beneficiamento.

Fonte: Divulgação

A cidade de Cachoeiro de Itapemirim, localizada no sul do estado do Espírito Santo, é o maior polo de beneficiamento de rochas ornamentais do Brasil, sendo referência a nível internacional pela beleza e qualidade de suas pedras.

Estima-se que essa atividade gera, apenas nesse município, que possui cerca de 600 empresas, um volume de 4.000 ton/mês de resíduos.[3]

Graças a suas características geográficas e seu pioneirismo na extração das rochas, a cidade é considerada a capital do mármore e do granito, como podemos ver na Figura 2 um de seus parques industriais.



Figura 2: Jazida rochas ornamentais em Cachoeiro

Fonte: Divulgação

O resíduo, em sua composição química, apresenta compatibilidade com as matrizes cimentícias, 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]

De acordo com a resolução CONAMA 307 (2002), artigo 2o, Reutilização é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo. [5]

A reutilização de resíduos em materiais de construção também pretende reduzir o consumo de areia natural, pois a exploração dos leitos dos rios, causa degradação ambiental, além de ser um recurso não renovável.

Dessa forma, o presente trabalho buscou reutilizar o resíduo das rochas ornamentais, em substituição da areia natural, em um material muito presente nas construções civis, a argamassa de assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos.

Essa seria uma forma de criar um material sustentável para o ramo da engenharia civil, além de reutilizar um resíduo que causa inúmeros prejuízos ao meio ambiente, reduz o uso de areia natural.

Avaliou-se os efeitos da incorporação do resíduo na argamassa, em substituição da areia, após um tempo de hidratação superior ao padrão de 28 dias, através de ensaios mecânicos.

## **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 observou-se 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 6 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 56 dias, os corpos de prova foram submetidos a ensaios mecânicos de compressão e flexão a três pontos, numa prensa EMIC 23-1MN DE 100.000 kgf com uma velocidade de carregamento de  $(50 \pm 10)$  N/s, seguindo padrões das normas técnica e coletados os resultados, que serão apresentados a seguir.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do ensaio de consistência, encontramos as seguintes quantidades de água:

Tabela I: Quantidade de água encontrada no ensaio de consistência

Traço	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Quantidade (em gramas)	252g	276g	289g	339g	396,5g	407,5 g

Como podemos observar na tabela I, a quantidade de água foi aumentando gradativamente com a adição de resíduo. Isso se deve pelas componentes químicas do resíduo, que apresenta uma reação a hidratação semelhante a da Cal.

A figura 3 mostra que os valores de resistência a compressão, aumentaram em todas as porcentagens, em relação à argamassa padrão (0%).

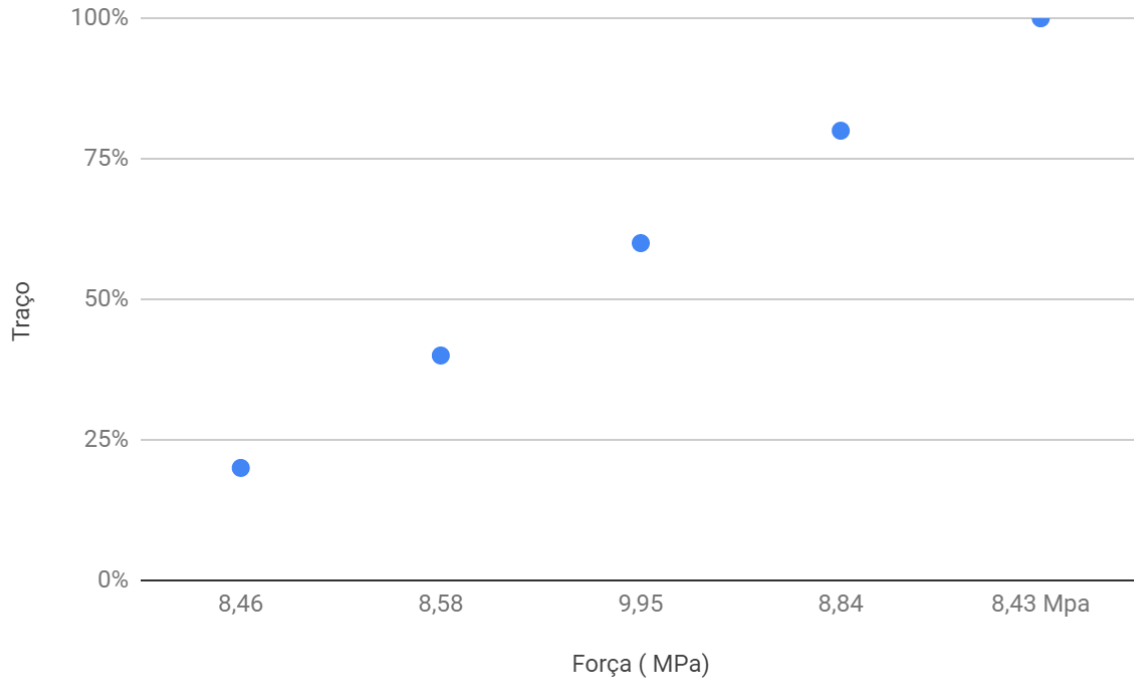


Figura 3 : Resistência a compressão - Traço (%) x Força (MPa)

Esse ganho na resistência à compressão axial se deu pelo efeito filler que o resíduo teve sobre a argamassa, ou seja, os vazios foram preenchidos, proporcionando ganho na resistência mecânica.

A maior resistência à compressão foi observada na argamassa de 60% de substituição de resíduo por areia, e acima disso, perda gradual da resistência em relação a essa porcentagem. Porém, observou-se que, porcentagens acima de 40%, obtiveram piora na trabalhabilidade, dificultando muito na confecção das argamassas.

Na figura 4, a resistência a tração, houve um comportamento de ganho de resistência gradual até 40 e acima disso, observa-se queda na resistência.

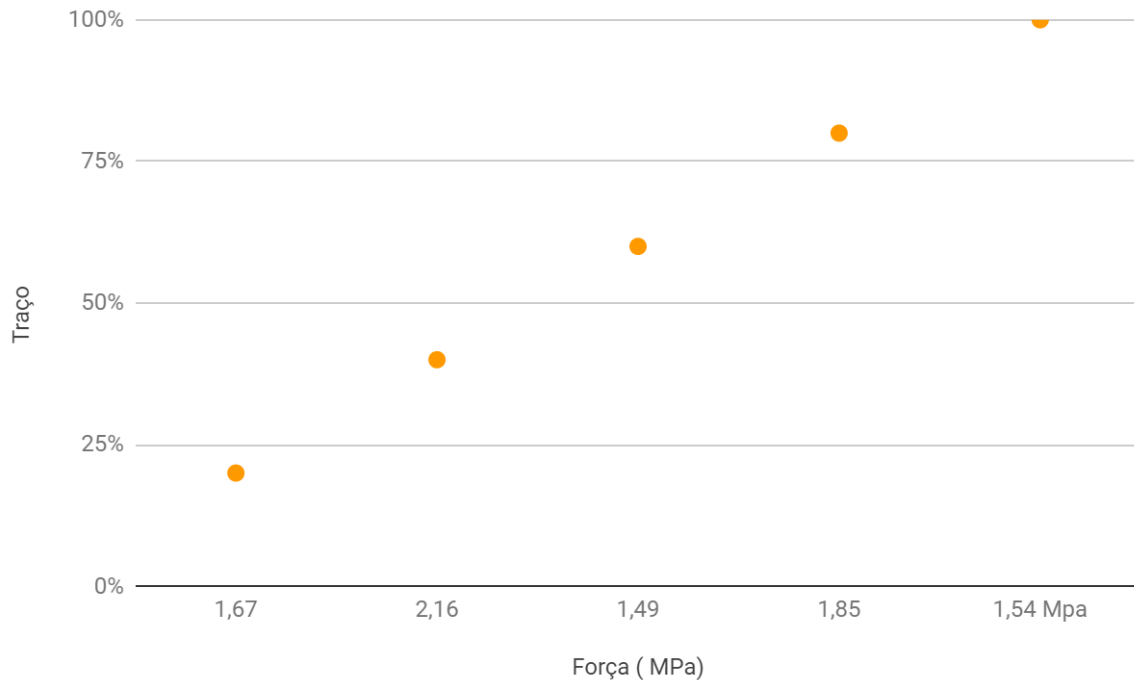


Figura 4 : Resistência á tração - Traço (%) x Força ( MPa)

Observou-se uma queda considerável em 60% de substituição, relativo ganho em 80% e novamente, queda em 100%. Novamente, o ganho de resistência até 40% de substituição, se deu pelo preenchimento de vazios. Já o comportamento de queda de resistência não gradual, acima dessa porcentagem, foi justamente dada pela perda de trabalhabilidade da argamassa, que dificultou na confecção e gerou diferença nas resistências à tração.

## CONCLUSÕES

Estudando os resultados obtidos podemos perceber que todas as porcentagens de substituição de resíduo obtiveram ganho em sua resistência mecânica, em relação a argamassa referência 0%.

Como o esperado, o resíduo cumpriu o objetivo de preencher os vazios presentes na argamassa, proporcionando um melhoramento na resistência. Porém, observou-se também, que acima de 40% de substituição por resíduo, a trabalhabilidade da argamassa teve significativa piora, alterando características como textura, cor e densidade.

Avaliando os resultados e levando em consideração a viabilidade e trabalhabilidade da confecção das argamassas, podemos concluir que a porcentagem ótima de substituição para argamassas visando assentamento de blocos e revestimento de paredes na construção civil, é de 40%.

## 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
- [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<sup>1</sup> , M. V. V. A. de SÁ<sup>2</sup> , R. A. AMARAL<sup>3</sup> , S. E. GOIS<sup>4</sup> , 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.