AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE TIJOLOS PRENSADOS COM USO DE RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL

Ana Luiza Fontes Carvalho[1], Aline Gomes de Oliveira[2], Lanara Ferreira de Meirelles[3], Gustavo de Castro Xavier[4], Jonas Alexandre[4].

[1]Bolsista de Iniciação Científica do PIBIC/UENF, [2]Bolsista de Extensão UENF, [3]Bolsista de Universidade Aberta UENF, [4]Professor do LECIV/CCT/UENF
Laboratório de Engenharia Civil – LECIV
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Av. Alberto Lamego, 2000, Horto, Campos dos Goytacazes – RJ – Brasil, CEP: 28000-000 Fone: (0xx22) 2739-7372

Resumo

A indústria de rochas ornamentais no Brasil está em desenvolvimento, com produção de 9,3 milhões de toneladas em 2012 (1). O grande desafio deste setor é compatibilizar os benefícios gerados e os impactos ambientais, principalmente devidos ao volume de resíduo sólido gerados no beneficiamento de rochas. A reciclagem destes resíduos como material de construção é uma alternativa para mitigar os impactos ambientais. Neste sentido, este trabalho visa à avaliação da durabilidade devido à incorporação do resíduo de rocha ornamental e calcário em misturas com agregado miúdo para produção de blocos prensados. O resíduo constitui-se de quartzo, albita e cordierita, segundo a difração de Raios X. Os ciclos de umidade durante 90 dias nos blocos com 5% de cimento provocou uma perda de resistência a compressão de 3,02 MPa para 2,09 MPa. Conclui-se que o material perde 30,79% de resistência devido a pouca quantidade de cimento responsável pela formação da matriz cimentícia.

Palavra Chave: Resíduo de rocha ornamental, Blocos prensados, impacto ambiental, durabilidade.

Introdução

Os principais países responsáveis pela produção mundial de rochas ornamentais, segundo dados do Departamento Nacional de Pesquisas Minerais citado por [1] são: Itália, China, Espanha, Índia, Brasil, Grécia, entre outros. Essa produção compreende desde materiais brutos a rochas processadas. O Brasil é o centro produtor de rocha ornamental mais rico em granito [2] e se destaca porque apresentar uma espetacular "geodiversidade" mineral.

No ano de 2011, as exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento totalizaram US$ 999,65 milhões, correspondentes a um volume físico comercializado de 2.188.929,59 t, ou, em números redondos, US$ 1 bilhão e 2,2 milhões t, frente ao ano de 2010, registrou-se variação positiva de 4,22% no faturamento [1], devido ao incremento do preço médio dos principais produtos exportados, destacando-se: Blocos de Mármore, Ardósias, quartzos Foliados, Chapas Polidas de granito. Isso mostra a pujança do setor.

Neste contexto, o Espírito Santo é um grande produtor de rochas ornamentais, que contribuiu com 47% da produção nacional de rochas ornamentais em 2007, alcançando 6,9 milhões de toneladas [1]. Para o uso destas rochas na construção civil, é necessário o seu desdobramento para obtenção de blocos e chapas brutas. Este processo de desdobramento e beneficiamento gera enormes quantidades de resíduos na forma de lama. Segundo [3] estimaram que as operações de serragem, corte e polimento, produzem cerca de 0,10 m^3 de lama por tonelada de rocha beneficiada, sendo 0,08 m^3 no processo de serragem do bloco e 0,02 m^3 nas operações de polimento e cortes das chapas. Considerando a estimativa de 61% da capacidade de serragem do Estado do Espírito Santo [4], onde 90% deste total estão em Cachoeiro de Itapemirim, sugere-se que são produzidos aproximadamente 496 mil toneladas de resíduo/ano.

Nesse trabalho buscou-se confeccionar e estudar um produto que aliasse os problemas de déficit habitacional do Estado do Espírito Santo, com os impactos ambientais e a sustentabilidade do setor. Apresenta-se então, o bloco de encaixe prensado (Figura 1), para ser usado na construção civil, confeccionado com cimento, resíduo de rocha ornamental, calcário, areia e água.

Figura 1: Tijolos prensados e de encaixe.

Materiais e Métodos

Materiais

- Resíduo de rocha: proveniente do beneficiamento de blocos de rocha em uma indústria de Cachoeiro de Itapemirim-ES.
- Pó de rocha calcítica da CALPAR mineração, Italva-RJ.
- Areia lavada do rio Paraíba do Sul;
- Cimento CP II 32 adquirido no comércio local;
- Água tratada da rede pública de abastecimento local.

Programa experimental

O material foi coletado na empresa **Decolores** em Cachoeiro-ES e levado para o Laboratório de Engenharia Civil – LECIV/CCT/UENF, seco em estufa por 24 horas.

Preparação da amostra

O rejeito de rocha e o calcário foram secos em estufa. O rejeito de rocha foi peneirado na peneira 20 mesh (0,85mm), destorroado com auxílio de mão de grau e almofariz e em seguida, foram definidas as quantidades necessárias para os respectivos traços, por meio da pesagem com uma balança de laboratório, conforme a Tabela 3. O calcário passa por moagem na indústria, logo, pode ser usado conforme é fornecido.

Tabela 1: Misturas

Componentes (%)				**Umidade de moldagem (%)**	**Condição de Moldagem**
Cimento	**Areia**	**Granito (Resíduos)**	**Calcário**		
05	30	60	05	10	SIM (Traço 1)
05	27	65	03	10	SIM (Traço 2)

Em uma betoneira, foram realizadas as misturas do resíduo com o aglomerante, agregado miúdo e água. Os tijolos foram confeccionados

utilizando uma prensa manual de laboratório (Figura 2). Em seguida, foram deixados por 24 horas no ambiente para então serem imersos em um tanque com água para cura até a idade de 28 dias (Figura 3). Obtiveram 3 tijolos para uma média.

Figura 2: Prensa manual de laboratório do tipo MTS-10

Figura 3: Tijolos imerso em água para Cura.

Caracterização dos Materiais

Para análise, os materiais foram passados na peneira 200 mesh (0,075 mm) e secos em estufa a 110ºC por um período de 24 horas.

Caracterização Física

Foram realizados ensaios para a determinação das dimensões do tamanho de partículas da areia, resíduo de rocha e calcário, seguindo a NBR 7181(1984) [(5)].

Caracterização Química

A composição química do resíduo de rocha e calcário foi obtida no equipamento de energia dispersiva de Raios-X, modelo EDX-700 Shimadzu.

Caracterização Mineralógica

A composição mineralógica qualitativa foi obtida por difração de raios-X, em equipamento Shimadzu DXR 7000, operando com radiação Cu-Kα e 2Φ variando de 5º a 80º.

Ensaios Tecnológicos

Resistência a Compressão, Absorção de Água e de Durabilidade.

Os ensaios de resistência à compressão e absorção de água foram realizados nos laboratórios do LECIV atendendo as especificações da ABNT 10836 (1994) [6]. O ensaio de durabilidade foi realizado fazendo uma adaptação da ABNT 13554 (1996) [7], pois os ensaios levaram 90 dias de umidade e secagem. A saturação por imersão em tanque de água e secagem em estufa a 110ºC, ocorreram por 24 horas cada. Os resultados apresentam uma média de 3 determinações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização Física

A seguir, apresentam-se na Figura 4 as curvas da distribuição do tamanho de partículas do resíduo de rocha, do calcário e da areia.

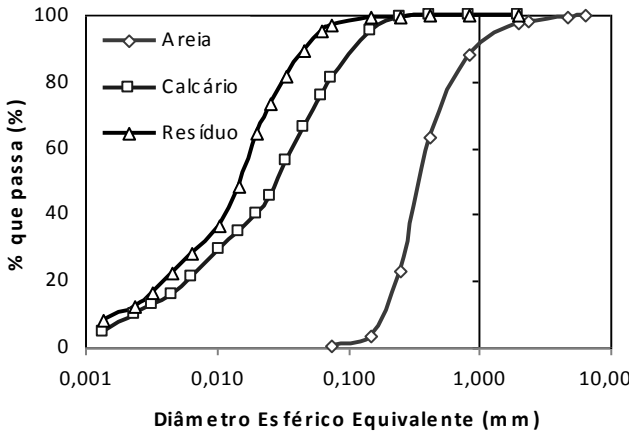

Figura 4 - Curva de distribuição granulométrica da areia, resíduo de rocha e calcário.

Verifica-se que a distribuição do tamanho de partículas da areia a caracteriza como uma areia média, com 70% nesta fração. A curva do resíduo de rocha é predominantemente de fração silte de 66%. A curva do calcário com 83% de fração silte caracteriza-a nesta faixa. Observa-se que a fração silte é predominante, embora o resíduo de rocha e calcário tenha 11% e 9% de fração argila respectivamente, significando que, na mistura dos componentes, poderá ter um empacotamento entre partículas mais compacto.

Caracterização Química

A Tabela 2 mostra a composição química da areia, do resíduo de rocha e do calcário.

Tabela 2 – Composição Química do calcário e do resíduo de rocha.

Óxido	Resíduo	Calcário
	Teor (%)	Teor (%)
SiO_2	68,31	5,71
Al_2O_3	19,53	-
K_2O	8,29	1,46
CaO	0,02	91,85
Fe_2O_3	1,90	-
SO_3	1,48	0,92
TiO_2	0,34	-
MnO	0,05	-

Observa-se que o teor de sílica (SiO_2) é superior a 68% e o de alumina (Al_2O_3) é de aproximadamente 19%. Pode-se concluir que as rochas de origem desse resíduo são silicatadas, na maioria das vezes granitos e gnaisses, contendo minerais como o quartzo, feldspatos e micas.

Os teores de K_2O (8,29%) e Fe_2O_3 (1,90%) são devidos, principalmente, à presença de albita e cordierita presente na rocha. O Fe presente pode ser também devido a pequenas partículas do fio diamantado usado no corte do bloco em chapa.

Caracterização Mineralógica

A Figura 5 apresenta o difratograma de raios-X dos materiais de estudo.

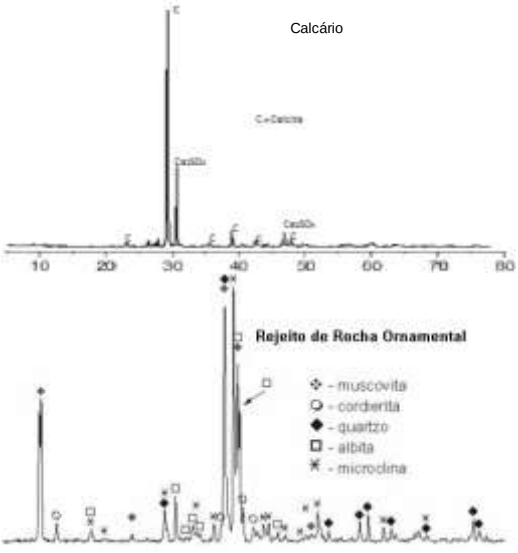

Figura 5 - Difratograma de raios X do e do calcário resíduo de rocha ornamental.

Verificam-se na Figura 5 picos característicos das fases cristalinas do pó de calcário, a calcita ($CaCO_3$) e gesso (Ca_2SO_4). Para o rejeito de rocha, picos cristalinos mostram o quartzo (sílica - SiO_2), microclina (feldspato potássico - $KAlSi_3O_8$), albita (feldspato sódico - $NaAlSi_3O_8$) e cordierita ($Mg_2FeAl_3(AlSi_5)O_{18}$).

Resistência a Compressão, Absorção de Água e de Durabilidade.

Os ensaios foram feitos para 2 traços com diferentes quantidades de resíduo de rocha. Estes apresentaram os resultados exigidos pela ABNT 10836 (1994) [6] de resistência mínima de 2 MPa aos 28 dias e absorção de água inferior a 20%. A média de 3 determinações dos resultados é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3: Resumo das médias dos ensaios de resistência à compressão e absorção de Água.

Traço	Cura (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Absorção de Água (%)
1	28	3,02± 0,20	18,02
2	28	2,00 ± 0,30	19,55

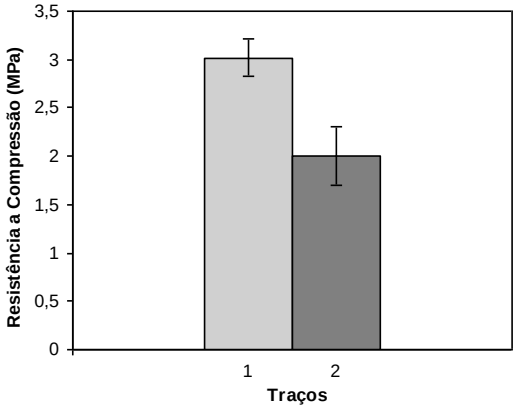

Figura 6 – Gráfico das médias dos traços.

Os resultados apresentados de compressão simples (RC) e absorção de água (AA) atende a recomendação da [6] (RC>2MPa e AA<20%). O traço 1 apresenta menor absorção (18,02%) e maior resistência (3,02± 0,20 MPa), significando maior empacotamento na mistura. Os valores encontrados são semelhantes aos de [8] para o mesmo traço e condições de moldagem. Isso indica uma homogeneidade desta mistura.

Na Figura 7 mostra as curvas de durabilidade dos tijolos após 90 dias de ciclos de umidade e secagem.

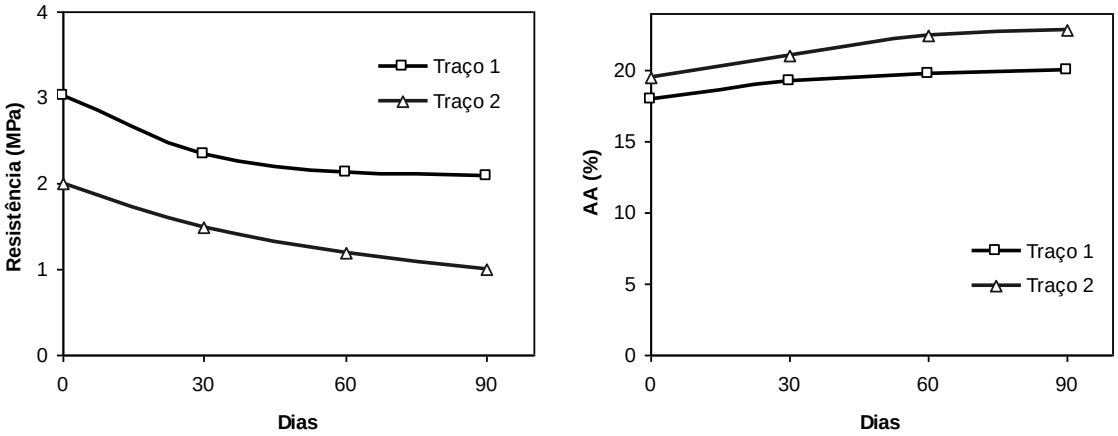

Figura 7 – Perda de resistência e absorção de água após 90 dias de ciclagem.

Na Figura 7 é apresentada à perda de resistência mecânica dos traços 1 e 2. Observa-se que o traço 1 tende a estabilizar a perda de resistência entre 60 e 90 dias de ciclo. O mesmo acontece para a curva de aumento de absorção. O traço 2 apresenta a tendência de continuar perdendo a resistência e aumentar a absorção de água em níveis não aceitáveis (RC<2MPa e AA>20%).

Vale ressaltar que devido ao maior empacotamento do traço 1, maiores são os níveis de resistência e menor é a porosidade refletida na absorção após 90 dias, comparando com o traço 2. Observa-se que o valor da absorção não atinge o valor limite de 20% para o traço 1.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que:

- A areia é média por apresentar tamanho de partícula equivalente de 70%, o resíduo de rocha ornamental e calcário possuem 66% e 83% respectivamente de fração silte. O resíduo de rocha e o calcário tem 11% e 9% respectivamente de fração argila, indicando que na mistura, as partículas de areia, resíduo e calcário terão melhor arranjo;
- Quando analisados os resultados da análise química e da mineralogia por difração de raios X, pode-se concluir o resíduo é constituído de quartzo, microclina, albita e cordierita. O calcário é constituído de calcita e gesso;

- Os resultados da resistência mecânica e absorção de água para os dois traços utilizados atenderam as especificações (RC>2MPa e AA<20%), porém, não é suficiente para afirmar que se pode utilizar qualquer destes traços;
- Na avaliação da durabilidade, ou seja, quando submeteram os tijolos em ciclos de umidade e secagem durante 90 dias, o traço 1 mostrou-se mais estável do que o traço 2, inclusive, entre 60 e 90 dias, houve a tendência de estabilização tanto da perda de resistência quanto do incremento de absorção de água. Mesmo assim, a perda de resistência foi de 30,79%, indicando que o material possui pouca quantidade de cimento (5%).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ABIROCHAS (2012), Balanço das exportações e importações de Rochas em Janeiro de 2012, Acessado em 22/03/2012.

(2) CHIODI, C.F. Seminário de Especificação e Aplicação de Rochas Ornamentais. ABIROCHAS (2008).

(3) FIGUEIREDO, J.M.; RODRIGUES, F.; CORREIA, A.E.; CHAMBINO, M.T.; “Sector da Pedra Natural”, Guia Técnico, INETI, Lisboa, 2001. Disponível em: http://www.netresiduos.com/cont/file/SectorPedraNatural.pdf.

(4) BARROS, R. L. P. Diagnóstico da Situação da Gestão Ambiental nas Indústrias do Setor de Mármores e Granitos. CETEMAG/SEBRAE-ES. Cachoeiro de Itapemirim, 2004. 34p.

(5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Análise Granulométrica de Solos - NBR 7181, 1984.

(6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – NBR 10836, 1994.

(7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Solo Cimento – Ensaio de Durabilidade por Molhagem e Secagem - NBR 13554, 1996.

(8) ARAÚJO, P. H. V.; XAVIER, G. C.; ALEXANDRE, J.; SABOYA, F. A. J.; MAIA, P. C. A.; QUEIROZ, L. F. Blocos Prensados e de Encaixe a Base de Cimento com Rejeito de Rocha Ornamental. Anais do 54º Congresso Brasileiro de Cerâmica, (2010).

Evaluation of the Durability of Brick Pressed Used Rock Ornamental Waste

Abstract: *The dimension stone industry in Brazil is a rapidly developing area, with an estimated production of 9.3 million tonnes in 2012. The great challenge of the dimensional stone sector is reconcile the benefits generated by the industry and the environmental impacts, mainly due to the large volume of solid waste from the beneficiation processes of rocks. The recycling of this waste as a building material is an alternative to mitigate environmental impacts by promoting the sustainability of the sector. This study aims the incorporation of waste improvement of ornamental rocks in mixtures for the production of pressed blocks and masonry plug in order to evaluate the various proportions of the constituents. The evaluation of the durability occurred during 90 days of wetting and drying cicles in blocks with 5% of cement. This procedure provoke decrease in strength of 3.02MPa to 2.09MPa. The conclusion is that the material decrease 30.79% of strength due the less amount cement.*