

BLOCOS SOLO-CAL INCORPORADOS COM RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Aldo Andrade de Sousa (1); Suélen Silva Figueiredo (2); Cibelle Guimarães Silva Severo (3)

(1) *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB*, aldoandrade@gmail.com

(2) *Universidade Federal de Campina Grande - UFCG*, suelen.figueiredo@ufcg.edu.br

(3) *Universidade Federal de Campina Grande - UFCG*, cibelleguimaraes@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

No Brasil as indústrias da construção civil e de mineração, principalmente do beneficiamento de rochas ornamentais, geram grandes volumes de resíduos sólidos. Centenas de toneladas destes resíduos, por ano, são responsáveis pela poluição e contaminação do meio ambiente. Este quadro é agravado ainda mais pelos indicativos de crescimento da produção, despertando a preocupação de ambientalistas e da comunidade em geral, em vista de um cenário ainda mais perigoso e danoso ao meio ambiente e à saúde da população (FARIAS FILHO *et al.*, 2011). Estudos sobre reciclagem de resíduos de rochas ornamentais para uso em materiais de construção alternativos tem sido intensificados nos últimos anos, destacando-se Torres *et al.* (2009), Lima *et al.* (2010), Moura e Leite (2011) e Vijayalakshmi *et al.* (2013).

Nesse sentido, a reciclagem de resíduos pode tornar não só a construção civil um setor mais sustentável, como também proporcionar a redução dos custos com o desenvolvimento de materiais de construção diversificados. Tendo em vista que esses resíduos podem apresentar propriedades cimentícias, quando finamente moídos e em presença de água, que viabilizam sua utilização como substitutos aos aglomerantes tradicionais utilizados em materiais de construção, uma alternativa é a incorporação de resíduos industriais, como o resíduo de rochas ornamentais, aos blocos solo-cal (FIGUEIREDO *et al.*, 2012).

O bloco solo-cal é um material de construção composto de solo, cal e água. Possui diversas vantagens como a simplicidade de produção, podendo ser fabricado utilizando-se equipamentos simples e de baixo custo, não necessita mão de obra especializada e tem sua resistência à compressão semelhante à do tijolo convencional (Krishnaiah e Suryanarayana, 2008). Além disso, esse tipo de bloco pode ser fabricado no próprio local da obra, utilizando o

solo disponível na região, e não necessita de cozimento, evitando também os impactos causados por esse processo de fabricação.

Porém para que se tenha um material alternativo de qualidade, que haja confiabilidade em suas características tecnológicas e indicação deste como uma possibilidade técnica, a ser disponibilizada no mercado, é fundamental o conhecimento de suas propriedades mecânicas.

Esta pesquisa teve como objetivo estudar o comportamento mecânico dos blocos solo-cal incorporados com resíduos de rochas ornamentais, utilizando como parâmetros a absorção de água e a resistência à compressão simples dos corpos de prova.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados neste trabalho foram: resíduo de rochas ornamentais (RO), proveniente da indústria de beneficiamento GRANFUJI situada no distrito industrial de Campina Grande - PB; solo argiloso proveniente do Município de Lagoa Seca – PB; cal calcítica hidratada conhecida comercialmente como Carbomil, fabricada no Município de Limoeiro do Norte - CE e água potável fornecida pela concessionária local. Para os ensaios de caracterização, o solo foi destorroado e passado em peneira ABNT nº 200 (0,074 mm); o resíduo foi beneficiado e peneirado em peneira ABNT nº 200 (0,074 mm), em seguida os materiais foram colocados em sacos plásticos, lacrados e etiquetados. O solo utilizado nos ensaios tecnológicos foi seco ao ar, destorroado e peneirado em peneira ABNT n ° 4 (4,8 mm).

O traço utilizado para confecção dos corpos de prova foi de 1:10 em massa, sendo a proporção representativa de cal : solo e cal + resíduo : solo. Foram confeccionados corpos de prova de referência, sem adição de resíduo e corpos de prova com a incorporação de 15%, 30% e 50% de RO em substituição a parte do aglomerante (cal). Foram moldados 5 corpos de prova para cada composição, utilizando-se moldes cilíndricos, com dimensões de 5 x 10 cm (diâmetro x altura) tomando-se como referência os procedimentos estabelecidos pela norma ABNT NBR 12024/12. Após moldagem os corpos de prova foram submetidos a períodos de cura de 28, 60 e 90 dias em câmara úmida com 100% de umidade relativa.

De acordo com a norma ABNT NBR 10833/13, o solo para ser empregado na fabricação de tijolos solo-cimento deve apresentar algumas características granulométricas e Limites de Atterberg específicos que proporcionem um melhor desempenho com menor consumo de aglomerante. Como não há norma que trate de

especificações para fabricação de blocos solo-cal, tomou-se como parâmetro as normas referentes à solo-cimento.

Nesta pesquisa a distribuição granulométrica do solo, em estado bruto, foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 7181/88. Os limites de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade, chamados de limites de Atterberg, fornecem informações sobre o material, quanto à sua trabalhabilidade, variação de volume e absorção de água. Nesta pesquisa os limites de Atterberg do solo, foram determinados de acordo com as metodologias propostas pelas normas ABNT NBR 6459/88 e NBR 7180/88.

O fator água/aglomerante foi estabelecido com base na umidade ótima de compactação, determinada de acordo com a norma ABNT NBR 7182/86.

A determinação da absorção de água foi realizada conforme a metodologia recomendada pela norma ABNT NBR 8492/12, modificada, e o ensaio para determinar a resistência à compressão simples foi realizado nos corpos de prova, seguindo as prescrições indicadas pela ABNT NBR 12025/12.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à distribuição granulométrica por peneiramento o solo, apresentou como resultado 36,74% de massa acumulada passante na peneira ABNT N° 200 (0,075mm) e 100% na peneira ABNT N° 4 (4,8mm). Estes valores estão de acordo com as especificações da norma ABNT NBR 10833/13, que estabelece para solos à serem utilizados na fabricação de tijolos solo-cimento porcentagem passante na peneira ABNT N° 4 (4,8mm) de 100% e na peneira ABNT N° 200 (0,075mm) de 10% a 50%.

A Tabela 1 apresenta os limites de Atterberg e atividade coloidal, obtidos para o solo utilizado neste trabalho de pesquisa.

Tabela 1: Limites de Atterberg e atividade coloidal do solo

Material	Solo
LL (%)	26,6
LP (%)	18,5

IP (%)	8,1
---------------	-----

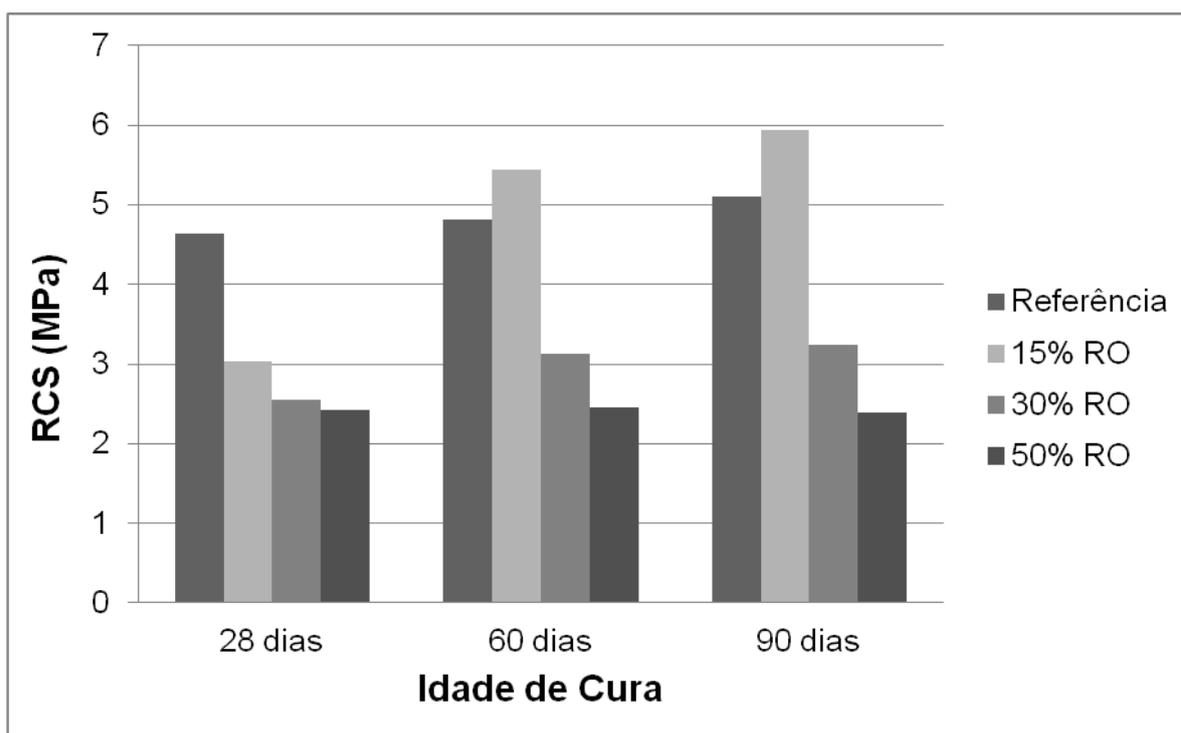
Analisando os valores contidos na Tabela 1, verifica-se que estão de acordo com o que estabelece a norma ABNT NBR 10833/13, que recomenda na confecção de tijolos solo-cimento, o uso de um solo que possua limite de liquidez máximo de 45% e índice de plasticidade máximo de 18%.

De acordo com os resultados da análise granulométrica e limites de Atterberg o solo foi classificado como SC: areia argilosa e mistura de areia e argila mal graduada, de acordo com a Classificação Unificada dos Solos (The Unified Soil Classification System – USCS).

O fator água/aglomerante foi de $1,98 \pm 2\%$ (variação de acordo com a quantidade de resíduo incorporado), determinado por meio da umidade ótima de compactação. O ensaio de compactação do solo foi realizado conforme proposto pela norma da ABNT NBR 7182/88, utilizando-se a energia Proctor normal.

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados da absorção de água e resistência à compressão simples, respectivamente, dos corpos de prova de referência e incorporados com RO, nos períodos de cura de 28, 60 e 90 dias.

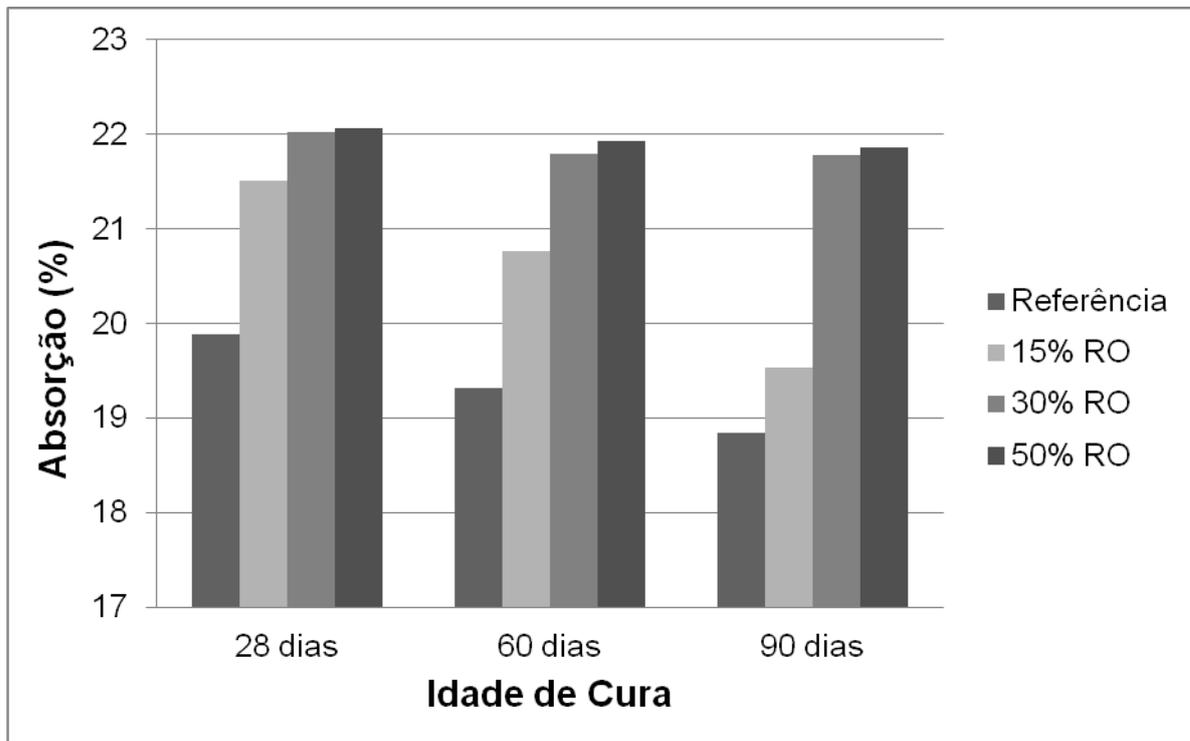
Figura 1: Resistência à compressão simples dos corpos de prova de referência e solo-cal incorporados com resíduo de rochas ornamentais



Analisando a Figura 1 pode-se verificar que a RCS foi decrescendo em relação à incorporação de resíduo e crescendo, de maneira geral, em relação à idade de cura, porém os valores da RCS foram superiores ao exigido pela norma ABNT NBR 8491/12, que é de 2,0MPa.

Observa-se ainda que para o período de cura de 28 dias, os corpos de prova de referência apresentaram um melhor desempenho em relação às demais composições. Já para os períodos de cura de 60 e 90 dias a composição que apresentou um melhor desempenho quanto à RCS foi a com incorporação de 15% de RO.

Figura 2: Absorção de água dos corpos de prova de referência e solo-cal incorporados com resíduo de rochas ornamentais



Na Figura 2 verifica-se que os valores de absorção de água dos corpos de prova foram decrescendo em relação ao tempo de cura e crescendo em relação à incorporação de resíduo. Analisando os resultados apresentados observa-se que os corpos de prova de referência tiveram um melhor desempenho quanto à absorção de água, em relação às demais composições.

Os corpos de prova de referência em todas as idades de cura e a incorporação de 15% de RO aos 90 dias de cura, apresentaram absorção de água inferior a 20%, que é o valor máximo estabelecido pela ABNT NBR 8491/12.

Portanto, por meio dos resultados de resistência à compressão simples e absorção de água obtidos, a composição solo-cal com RO que apresentou melhor comportamento mecânico foi a incorporada com 15% de RO, para o período de cura de 90 dias.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos no estudo pôde-se concluir que os corpos de prova solo-cal incorporados com 15% de resíduos de rochas ornamentais, nos períodos de cura de 60 e 90 dias apresentaram valores de RCS superiores aos corpos de prova de referência e às demais incorporações; dentre as composição com incorporação de resíduo de rochas ornamentais, o teor de 15% aos 90 dias de cura foi a única que atendeu as especificações da norma; o aumento no teor de resíduo incorporado comprometeu o desempenho mecânico dos blocos, dentre as composições avaliadas a que apresentou potencial para utilização na construção civil foi a substituição de 15% na idade de cura de 90 dias.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

_____. **NBR 6459:** Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 7180:** Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 7181:** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 7182:** Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 8491:** Tijolo maciço de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 8492:** Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 10833:** Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 12024:** Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 12025:** Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

FARIAS FILHO, J.; MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. **Estudo da durabilidade de argamassas alternativas contendo resíduos.** Cerâmica. Vol. 57. Nº 344. São Paulo – SP. Oct/Dec, 2011.

FIGUEIREDO, S. S.; SILVA, C. G.; BEZERRA, I. M. T.; DIAS, S. L.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R.; SANTANA, L. N. L. Materials Science Forum 727-728, (2012) 1422-1427.

KRISHNAIAH, S.; SURYANARAYANA, R. P. Anais The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), Índia (2008) 4362.

LIMA, R. C. O.; NEVES, G. A.; CARVALHO, J. B. Q. **Durabilidade de tijolos de solo-cimento produzidos com resíduo de corte de granito.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos. v.5, n.2, 2010.

MOURA, W. A.; LEITE, M. B. **Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação.** Rem: Revista Escola de Minas. Ouro Preto, v.64, n.2, p.147-154, 2011.

TORRES, P.; FERNANDES, H. R.; OLHERO, S.; FERREIRA, J. M. F. **Incorporation of wastes from granite rock cutting and polishing industries to produce roof tiles.** Journal of the European Ceramic Society. Vol. 29. Issue 1, p. 23-30. Jan, 2009.

VIJAYALAKSHMI, M.; SEKAR, A. S. S.; GANESH PRABHU, G. **Strength and durability properties of concrete made with granite industry waste.** Construction and Building Materials. Vol. 46. Nº 1, p. 77-90. Jan/Mar, 2013.