

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO EM AREIA VERDE NA CONFECÇÃO DE BLOCOS SOLO-CIMENTO

Guilherme Moura Reis Coutinho
Graduando em Engenharia Mecânica, Centro Universitário Redentor – Itaperuna/RJ
guilherme-mecanica@hotmail.com
Lucas Xavier Pereira da Silva
Graduando em Engenharia Mecânica, Centro Universitário Redentor – Itaperuna/RJ
lucas-xavier-1995@hotmail.com
Niander Aguiar Cerqueira, D.Sc
Coordenador Engenharia Civil, Centro Universitário Redentor – Campos/RJ
prof.niander@gmail.com
Victor Barbosa de Souza, M.e.
Professor Engenharia Mecânica, Centro Universitário Redentor – Itaperuna/RJ
prof.victorbsouza@gmail.com

Resumo

O problema ambiental é cada vez mais discutido entre nações. A fundição em areia verde é um modelo de produção barato e eficiente para fabricação de peças, porém é uma atividade altamente poluidora. Depois de utilizada algumas vezes, essa areia vai perdendo suas propriedades se tornando um rejeito de fundição. A construção civil vem procurando aperfeiçoar os processos de fabricação, onde o bloco solo-cimento tem ganhado grande importância. Reutilizar esse rejeito como agregado na confecção de blocos solo-cimento pode minimizar os impactos ambientais. Este trabalho tem por objetivo a confecção de blocos solo-cimento, substituindo o solo por rejeito de fundição em areia verde em porcentagens correspondentes a 5%, 10%, 15% e 20%. A compressão é o um dos mais importantes ensaios mecânicos realizados, resistência a esse tipo de esforço é um parâmetro essencial para se verificar a viabilidade de sua utilização na alvenaria estrutural. O valores médios obtidos de resistência à compressão foram 3,06 MPa, 4,84 MPa, 5,48 MPa e 6,5 MPa, para as porcentagens de 5%, 10%, 15% e 20%, respectivamente, não apresentando nenhum valor inferior a 3,0 MPa, mínimo para ser aplicado estruturalmente. Sendo assim, verificou-se que é viável a utilização dos blocos com resíduo de fundição em areia verde em construções de pequeno e médio porte, sendo uma ótima alternativa tanto para a indústria geradora de rejeito, quanto para o setor de construção civil.

Palavras-Chave: Resíduo de Fundição. Areia Verde. Blocos solo-cimento.

Introdução

Segundo Siegel (1978), peças fundidas são produtos considerados básicos à maioria das cadeias produtivas. Devido a este fato, a fundição tem o papel de grande importância no crescimento industrial das nações, sendo adotada como um dos fatores indicativos de desenvolvimento. De acordo com o senso da ABIFA (Associação Brasileira de Fundidos), o Brasil já ocupou o posto de sétimo maior produtor mundial no setor de fundição, mas junto com a crise econômica, a produção sofreu uma queda, porém os números mostram resultados bem relevantes, chegando à marca de 194.275,00 toneladas produzidas em março do corrente ano (ABIFA, 2018).

A fundição é considerada uma atividade altamente poluidora devido aos grandes volumes de resíduos sólidos produzidos, sendo a areia de fundição um dos principais deles. Isso faz pensar onde irão parar todos os rejeitos, bem como, em uma maneira viável para reaproveitá-los para que o ambiente não sofra com esse impacto.

Este trabalho tem como objetivo encontrar uma possível solução para este problema através da utilização deste resíduo na alvenaria, mais especificamente em confecção de blocos do tipo solo-cimento. A produção dos blocos solo-cimento se dá pela prensagem de uma mistura homogênea entre solo, cimento portland e água, seguindo as proporções adequadas para mistura, segundo a NBR 10833:2012. Neste estudo, serão utilizadas diferentes proporções do resíduo de fundição em areia verde em substituição ao solo na produção dos blocos.

O estudo visa: realizar a caracterização física, química, mineralógica e térmica das matérias prima; confeccionar os blocos estruturais prensados solo-cimento; realizar a determinação da forma de ruptura dos blocos; Executar os ensaios mecânicos nos blocos, como por exemplo, compressão, absorção de água e flexão.

Materiais e Métodos

Na execução da presente pesquisa foram realizados ensaios para determinar as características da matéria-prima (massa argilosa). Após as caracterizações do material, foram confeccionados Blocos Solo-Cimento, que consistem na moldagem dos blocos cerâmicos por prensagem com uso de cimento. Essa etapa foi realizada em parceria com a empresa Arte Cerâmica Sardinha, situada no distrito de São Sebastião, município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Caracterização da matéria-prima

Foram coletados 15 kg de amostra de argila na jazida utilizada na Cerâmica Sardinha para caracterização em laboratório. O material foi colocado em sacos, para manter a umidade característica da mesma. No laboratório, a amostra foi seca ao ar livre, destorroada, homogeneizada e quarteada para ser utilizada nos ensaios, conforme prescreve a NBR 6457:1986.

Com as amostras preparadas, foram realizados os ensaios de caracterização da matéria prima utilizando equipamentos disponíveis no Laboratório de Engenharia Civil (LECIV) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), para se definir parâmetros importantes para a produção dos blocos.

Análise Granulométrica

Para a caracterização granulométrica da amostra, foi realizado o ensaio de peneiramento no Laboratório de Solos do LECIV, para determinação das curvas de distribuição granulométrica da argila empregada na fabricação dos blocos, segundo a NBR 7181:1984.

Limites de Atterberg

Foram realizados ensaios para determinação da consistência da matéria-prima, através da determinação dos Limites de Atterberg para determinação da umidade ótima para a prensagem da matéria prima disponível.

Os índices que definem a consistência do material são o limite de liquidez (LL), o limite de plasticidade (LP) e o índice de plasticidade (IP), que foram

determinados, no Laboratório de Solos do LECIV, segundo o prescrito nas normas NBR 6459:1984 e NBR 7180:1980.

Massa específica real dos grãos

Foi determinada a massa específica real dos grãos da amostra da argila, no Laboratório de Solos do LECIV, de acordo com as normas NBR 6508:1984.

Para calcular a densidade real do solo em determinada temperatura t (δt) aplica-se a equação 1:

$$\delta t = P2 - P1 / [(P4 - P1) - (P3 - P2)] \quad (1)$$

onde

$P1$: peso do picnômetro vazio e seco (g); $P2$: peso do picnômetro mais amostra (g); $P3$: peso do picnômetro mais amostra e água (g); $P4$: peso do picnômetro mais água (g);

Análise Química

A determinação da composição química das matérias primas foi realizada na Oficina de Microanálise do Laboratório de Engenharia Civil (LECIV-UENF) com equipamento Shimadzu EDX-700.

Análise Mineralógica

A determinação da composição mineralógica das matérias primas foi realizada no Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV) da UENF utilizando o equipamento de Difração de raios X, Modelo XRD-7000, da marca SHIMADZU.

Confecção dos Blocos

Os blocos prensados do tipo solo cimento foram confeccionados no laboratório de solos do Centro Universitário Redentor de Itaperuna. Foram produzidos blocos com quatro diferentes porcentagens de rejeito de fundição em sua composição, substituindo o solo na mesma proporção, sendo elas: 5%, 10%, 15% e 20%.

A porcentagem de mistura utilizada foi na proporção de uma medida de cimento portland CP-II para oito medidas de solo, sendo a água adicionada gradualmente até se atingir o ponto de uma massa com boa liga. A figura 1 apresenta a etapa de prensagem do bloco.



Figura 1: Prensagem do Bloco.

Depois de prensados, os blocos passavam para o processo de cura, que consistiu em armazená-los sob uma lona, para que não perdessem umidade para o ambiente, durante 7 dias. Neste período, realizou-se a molhagem dos blocos 4 vezes ao dia. Após esse período, os blocos foram retirados da lona e armazenados em local seco por 28 dias, tempo em que atingem sua resistência máxima.

Absorção de Água (AA) dos blocos

Foram realizados ensaios para determinação da absorção de água nos blocos segundo a norma NBR 15270-3:2005. Foram escolhidas 3 amostras de cada porcentagem confeccionada para secagem em estufa a uma temperatura de 110°C por período de 24 horas. Em seguida, foram realizadas pesagens consecutivas dos blocos, sendo que quando não se apresentou variação de massa definiu-se esta

como a massa seca (m_s). Após resfriarem até a temperatura ambiente, os blocos foram pesados e, posteriormente, imersos em água, à temperatura ambiente, por um período de 24 horas. Depois de retirado o excesso de água, foi realizada a pesagem dos blocos em balança de precisão e determinada sua massa úmida (m_u).

A figura 2 apresenta os blocos imersos em água.



Figura 2: Blocos imersos em água.

O índice de absorção de água foi então determinado com a utilização da equação aplicando a equação 2:

$$AA = [(m_u - m_s)/m_s] \cdot 100 \quad (2)$$

Compressão dos blocos

Esse é o principal parâmetro de uma unidade para uso como alvenaria estrutural. A resistência característica é estabelecida por meio de ensaios de resistência à compressão individual, e foi determinada com relação à área bruta dos

blocos, de acordo com a norma NBR 15270-3:2005, a qual estabelece um valor mínimo de 3,0 MPa para resistência a compressão.

Os blocos foram rompidos à compressão simples uniaxial em prensa hidráulica, com regulagem de velocidade de aplicação de carga e célula de aquisição de dados referentes à força aplicada ao longo do tempo.

Foram ensaiados blocos solo-cimento cortados ao meio e capeados com pasta de cimento, utilizando uma relação água/cimento de 0,3, para se obter regularização das faces.

A Figura 3 mostra a realização do ensaio de compressão.



Figura 3: Ensaio de compressão.

Resultados e discussão

Caracterização da matéria-prima

Análise Granulométrica

A curva obtida através da análise granulométrica da amostra está apresentada na Figura 4.

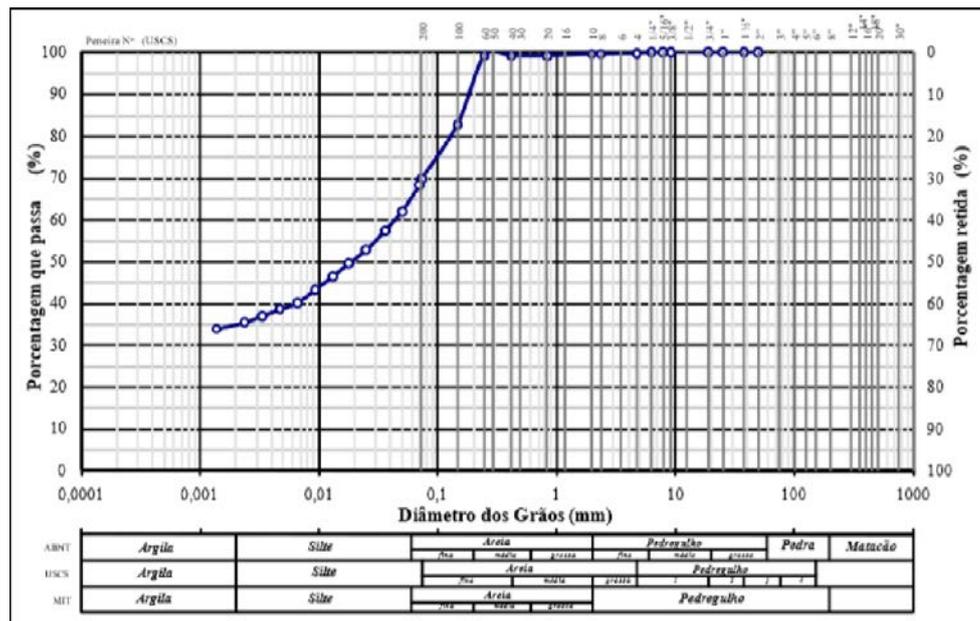


Figura 4: Curva granulométrica – Solo.

A amostra de solo apresenta 34,8% de argila, 30,1% de silte e 30,3% de areia em sua composição. Comparando o resultado com o que foi apresentado por Alexandre (2000) [10] e Vieira (2001) [11], a massa argilosa pode ser empregada na confecção de materiais cerâmicos, pois o percentual de argila está na faixa de 30% a 70%, valor considerado ideal.

Limites de Atterberg

Os resultados deste ensaio são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Índices de Consistência

Índice	Valores obtidos
Limite de Liquidez – LL (%)	51,5
Limite de Plasticidade – LP (%)	30,3
Índice de Plasticidade – IP (%)	21,2

Sendo o Limite de Liquidez de 51,5%, o material pode ser classificado como Argila Pouco Plástica (CL) com presença de Areia na massa pelo Sistema de Classificação Unificada dos Solos (S.U.C.S).

Massa específica real dos grãos

Através deste ensaio, os resultados encontrados para Densidade Real dos Grãos, Umidade Higroscópica e Atividade Coloidal foram de 2,59 g/cm³, 1,3% e 0,61, respectivamente.

O padrão ideal da densidade real dos grãos em argilas é de 2,55 a 2,77 g/cm³. O valor encontrado está dentro do intervalo, portanto, analisando este parâmetro, a amostra apresentou boa qualidade para produção de blocos.

Análise Química

A Tabela 2 apresenta a composição química, obtida através do ensaio, da argila utilizada na confecção dos blocos solo-cimento.

Tabela 2: Composição Química do solo

Elemento	Quantidade (%)
SiO ₂	51,80
Al ₂ O ₃	17,60
CaO	10,45
Fe ₂ O ₃	10,33
K ₂ O	5,20
Outros	4,62

Como se verifica, o que é uma característica da região, as argilas são predominantemente constituídas de SiO₂ e Al₂O₃ (68,40%), o que indica o caráter refratário da matéria-prima.

Análise Mineralógica

O resultado da análise da composição mineralógica da argila está apresentado na Figura 5.



Figura 5: Difratoograma de raio-X.

A composição mineralógica mostra a presença de picos de Caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Quartzo (SiO_2), Mica Muscovita ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e Gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Na composição de argilas empregadas na produção de peças cerâmicas, é comum se encontrar o argilomineral caulinita, pois tem ligação direta na propriedade plástica do material, diferente do quartzo, que é considerado uma impureza.

Ensaio nos blocos

Absorção de Água (AA)

A média do índice de absorção de água para as amostragens de 5, 10, 15 e 20% foram de 22,33%, 22,92%, 24,9% e 25,5%, respectivamente.

O índice ideal de absorção de água para blocos do tipo solo-cimento é de até 20%. Os valores médios ficaram um pouco acima, isso pode ser explicado pela presença do resíduo de fundição na composição dos blocos, pois este é pouco argiloso, absorvendo mais água. Devido a este fato, é possível verificar que

conforme aumenta a porcentagem do rejeito, aumenta também a média do índice de absorção de água.

Compressão dos blocos

Os resultados médios obtidos através da realização dos ensaios de compressão nos blocos estão apresentados na figura 6.

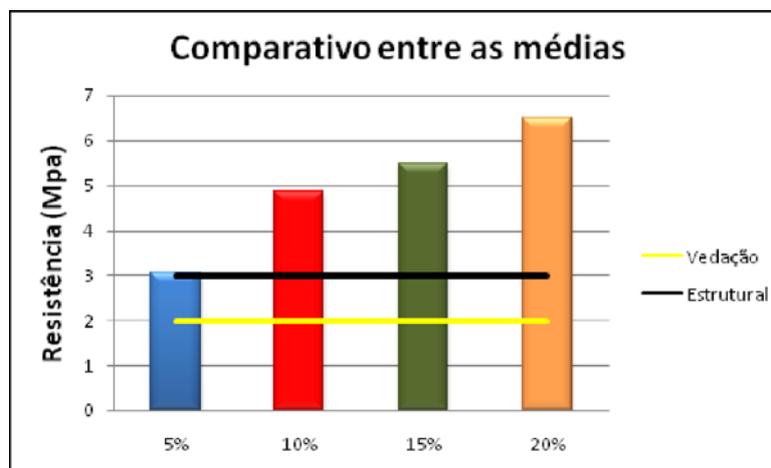


Figura 6: Média das resistências a compressão.

Analisando o gráfico acima, é possível verificar que os resultados obtidos foram satisfatórios, pois as médias ficaram acima do mínimo de resistência necessária para alvenaria de vedação e estrutural, 2 MPa e 3 MPa, respectivamente.

Pode-se observar que, conforme maior era a quantidade de rejeito na composição, a resistência à compressão aumentava. Isso pode ser explicado pelo fato de o resíduo de fundição possuir grãos menores, fazendo com que o bloco tenha uma melhor compactação na etapa de fabricação, gerando um melhor produto final.

Conclusão

Constatou-se a importância do reaproveitamento do rejeito de fundição no Brasil, devido à grande produção desse setor no cenário nacional, o que gera uma grande quantidade de poluição ao ambiente.

O método construtivo de alvenaria por meio dos blocos de encaixe solocimento se apresenta como um avanço quando comparado aos meios convencionais, como por exemplo, o de concreto armado.

Notou-se a importância de se realizar a caracterização do material usado para fabricação dos blocos, para verificar se as características necessárias, como a porcentagem de argila e densidade real dos grãos, apresentam valores dentro do ideal. O solo coletado para ser empregado na confecção dos blocos apresentou boas propriedades, com teor de argila de 34,8%, quando o ideal está entre 30 e 70% e densidade dos grãos de 2,59 g/cm³, compreendido entre os valores de 2,55 e 2,77 g/cm³ que é a referência.

A respeito do ensaio de absorção de água, foi observado que, conforme aumentava a quantidade de resíduo na amostra ensaiada, ocorria também um aumento no índice de absorção. O fato de a areia verde ter apresentado uma umidade menor nos ensaios de caracterização, fez com que absorvesse maior quantidade de água quando imersa. Os índices de absorção obtidos foram de 22,33, 22,92, 24,9 e 25,5 % para as respectivas porcentagens de 5, 10, 15 e 20%.

Em relação à compressão, principal propriedade mecânica que o bloco deve apresentar, a norma estabelece que o mínimo de resistência necessária seja de 2 MPa para vedação e de 3 MPa para uso estrutural. Com este parâmetro, os resultados de todas as porcentagens foram satisfatórios, apresentando valores superiores a 3 MPa, sendo que a resistência à compressão cresceu de acordo com o aumento de porcentagem do resíduo na composição.

O bloco com este rejeito pode ser fabricado em larga escala em cerâmicas, desde que seja adotada uma parceria com uma fundição que gera este resíduo, ocasionando vantagens, tanto para uma quanto para outra. A primeira, pelo fato de se utilizar uma quantidade menor de solo na composição propiciando uma economia, e a segunda por ter um meio sustentável de se desfazer do rejeito.

Portanto, de acordo com a avaliação dos resultados, o bloco solo-cimento com rejeito de fundição em areia verde mostrou ser viável para utilização em imóveis com porte de pequeno a médio, pois apresentou resistência mecânica para sua utilização com segurança.

Referências

ALEXANDRE J.; **ANÁLISE DE MATÉRIA-PRIMA E COMPOSIÇÕES DE MASSA UTILIZADA EM CERÂMICAS VERMELHAS** [TESE DE DOUTORADO]. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO. CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. SÃO PAULO: **ABIFA**, 2018. [ACESSO EM 13 ABR. 2018]. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.ABIFA.COM.BR](http://www.abifa.com.br)>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10833:2012 - FABRICAÇÃO DE TIJOLO E BLOCO DE SOLO-CIMENTO COM UTILIZAÇÃO DE PRENSA MANUAL OU HIDRÁULICA - PROCEDIMENTO**. RIO DE JANEIRO, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15270-3 – COMPONENTES CERÂMICOS - PARTE 3: BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO – MÉTODOS DE ENSAIO**. RIO DE JANEIRO, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6457 - AMOSTRAS DE SOLOS - PREPARAÇÃO PARA ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO**. RIO DE JANEIRO, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6459 – SOLO – DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ**. RIO DE JANEIRO, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6508 – DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA**. RIO DE JANEIRO, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7180 – SOLO – DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE**. RIO DE JANEIRO, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7181 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SOLOS**. RIO DE JANEIRO, 1984.

SIEGEL M.; **PROCESSOS DE FUNDIÇÃO: GENERALIDADES, CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ESCOLHA DO PROCESSO, IMPORTÂNCIA RELATIVA DOS DIVERSOS PROCESSOS**. 10ª ED., ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS – ABM, 1978.

VIEIRA C.M.F; **CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS DE CAMPOS DOS GOYTACAZES VISANDO À FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTO CERÂMICO SEMIPOROSO** [TESE DE DOUTORADO].
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF. 2001.