

TIJOLO ECOLÓGICO CONFECCIONADO COM CÉDULAS DE DINHEIRO SEM VALOR

ECOLOGICAL BRICK MADE WITH NON-CASH BANKNOTES

IZABELLA CHRISTYNNE RIBEIRO PINTO VALADÃO

Docente do Mestrado em Ciências do Meio Ambiente (UVA), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
izavaladao5@gmail.com

FRANCINE NEIVA DOMINGOS

Mestranda em Biossistemas pela Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil
francinend62@gmail.com

IZAQUE LOPES LAMIN QUEIROZ

Graduando em Engenharia Civil (UGB), Volta Redonda, RJ, Brasil
izaque_lamin@hotmail.com

KARINA NASCIMENTO PERES DA SILVA

Arquiteta e Urbanista (UGB), Volta Redonda, RJ, Brasil
kanascimento0@gmail.com

LARISSA ANDRADE LEAL

Arquiteta e Urbanista (UGB), Volta Redonda, RJ, Brasil
cissaa_andrade@hotmail.com

RESUMO

O aumento da produção mundial causa impactos negativos no meio ambiente. Como grande consumidor de recursos naturais e energéticos, o setor da construção civil no Brasil despertou para a sustentabilidade, impulsionado pela Lei 12.305, de Resíduos Sólidos, contribuindo assim para a diversificação de produtos. A confecção de blocos modulares, ou tijolos ecológicos, utilizando resíduos vem de encontro a esta proposta, ao serem compactados em prensa hidráulica eliminam a queima, diferenciando-se do tijolo tradicional. Apresentam maior uniformidade, quando comparados aos tijolos tradicionais. Seu design moderno, tipo modular, reduz tempo e valor de mão de obra, cerca de 30% de economia no custo final da construção. Este trabalho apresenta o desenvolvimento da confecção do tijolo que, além de solo, cimento e água, utilizam-se cédulas sem valor monetário, fornecidas pelo Banco Central do Brasil, como substituto do solo até 25%. O Banco Central do Brasil é a instituição responsável pelo saneamento do meio circulante, mantendo as cédulas em boas condições de uso em todo o terri-

tório nacional, recolhendo-as, fragmentando-as e descartando em aterro sanitário. Após moldagem e período de cura, os tijolos são submetidos aos ensaios de compressão, sendo avaliados quanto à resistência. Todos os resultados estão acima de 1,7 MPa, conforme recomendado pela norma NBR10834, demonstrando que a adição das cédulas contribui para o aumento da resistência mecânica do tijolo, além de possibilitar novo destino para os resíduos em questão, preservando o meio ambiente e diminuindo o passivo ambiental de sua disposição final em aterro sanitário.

Palavras-chave: Construção Modular. Construção Sustentável. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos. Tijolo Ecológico.

ABSTRACT

The increasing of the world's production causes negative impacts on the environment. As a big consumer of natural and energetic resources, the civil construction sector in Brazil awoke, in 2010, to the sustainability, pushed by the 12.305 Law, of Solid Wastes, contributing to the

diversification of products. The production of bricks with wastes comes from this proposition, to be compressed in a hydraulic press eliminates the burning, differentiating of the traditional brick. They present better uniformity, when compared to the traditional bricks. Its modern design, modular type, reduces the time and value of labor, around 30% of economy in the final cost of construction. This paper, presents brick's production development, which, despite of soil, cement and water, uses notes without monetary value, provided by the Brazilian Central Bank, as substitute of the soil up to 25%. The Brazilian Central Bank is the institution responsible for the sanitation of the currency, keeping the notes in good condition to the general use in the whole brazilian territory, collecting, fragmenting and discarding it in landfill sites. After casting and healing period, the bricks are submitted to compression test, being evaluated regarding their resistance. All the results are above 1,7 MPa, according recommend the by the NBR10834 standard, demonstrating that the adding of notes contributed to the mechanical resistance increase in the brick, beyond enabling a new destiny to the wastes presented, preserving the environment and diminishing the environment liabilities of its disposal in a landfill site.

Keywords: Modular Construction. Sustainable Construction. Reutilization of Solid Residues. Ecologic brick.

1. INTRODUÇÃO

A partir de 1990 a sustentabilidade se evidência na construção civil pela diversidade de qualificações e certificações existentes que corroboram a expressão “construção sustentável”, caracterizada por uma nova modalidade denominada Green Building. A confecção de tijolos com resíduos vem de encontro a esta proposta, ao serem compactados em prensa hidráulica eliminam a queima, diferenciando-se do tijolo tradicional. Apresentam maior uniformidade, quando comparados aos tijolos tradicionais.

Construções feitas com solo-cimento resultam em ambientes com ótimo conforto térmico, bom comportamento acústico, além de apresentar aspectos ligados à reciclagem da construção, já que não há produção de entulhos (PEREIRA; PEZUTO, 2010).

Souza et al. (2008) afirma que a produção de tijolos de solo-cimento condiz com a diretrizes do desenvolvimento sustentável, uma vez que utiliza baixo

consumo de energia, não passa pelo processo de queima e tem a vantagem de poder produzir com o solo do próprio local da obra.

Seu design moderno, tipo modular, reduz tempo e valor de mão de obra, cerca de 30% de economia no custo final da construção (CARNEIRO et al., 2001). Apresenta ainda economia com revestimento, devido ao acabamento liso das paredes (SILVA, 2013).

O tijolo solo-cimento é uma mistura de solo, cimento e água, homogêneos e prensados (MIELI, 2009), onde ocorre um processo físico-químico de estabilização, com estruturação resultante da reorientação das partículas sólidas com a deposição de substâncias cimentadas nos contatos entre os grãos, alterando assim, a qualidade relativa de cada uma das três fases que constituem o solo.

O sistema de encaixe macho/fêmea permite seu rápido assentamento (PRESA, 2011) e os dois orifícios circulares de seu interior formam dutos que podem ser utilizados para a confecção de vigas e pilares (FONSECA et al., 2014) diminuindo o uso de madeira no canteiro de obras, como câmaras de ar que oferecem isolamento térmico e acústico ou ainda como dutos para instalação das redes hidráulica e elétrica, minimizando assim a geração de resíduos na obra.

Para a confecção dos tijolos ecológicos, além de solo, cimento e água, utilizam-se cédulas sem valor monetário, fornecidas pelo Banco Central do Brasil. Este trabalho propõe a confecção de tijolos com estas cédulas em substituição ao barro ou cimento em até 25%.

Após moldagem e período de cura, os tijolos são submetidos aos ensaios de compressão, sendo avaliados quanto à resistência, conforme recomendado pela norma NBR10834, com o objetivo de possibilitar novo destino para os resíduos em questão, preservando o meio ambiente e diminuindo o passivo ambiental de sua disposição final em aterro sanitário.

1.2 A Problemática das Cédulas sem Valor

O Banco Central do Brasil é a instituição responsável pela emissão das cédulas, lançamento das moedas nacionais e atividade de saneamento do meio circulante. As duas ações, emissão e saneamento, visam manter o dinheiro que está em circulação no país, em boas condições de uso (VALENTIM et al., 2014).

No Brasil, são descartadas, por ano, mais de R\$ 56 bilhões, em notas (JN, 2013), cerca de 2,3 bilhões de cédulas, que depois de recolhidas pelo Banco Central do Brasil, são fragmentas em pedacinhos de

dois milímetros, conforme observado na Figura 1, e posteriormente descartadas em aterro sanitário.

Figura 1 - Cédulas trituradas e fragmentas, em 2mm, cedidas pelo Banco Central do Brasil.



De acordo com a AGÊNCIA BRASIL (2010) se gasta mais na troca destas notas do que na produção de cédulas novas, cerca de 80% do orçamento, R\$ 232 milhões, somente em 2009. Sendo assim, este trabalho apresenta a confecção de tijolos ecológicos com estas cédulas de dinheiro como alternativa para o seu aproveitamento, dentro da construção civil.

2. METODOLOGIA

Para a confecção dos tijolos, adiciona-se ao solo da Região Sul Fluminense (RJ), cimento, água e resíduo, os quais precisam estar secos e no tamanho adequado. A amostra de solo foi coletada a uma profundidade de 0,40 metros, para determinação granulométrica e verificação quanto ao atendimento à norma NBR 10.833 (ABNT, 2012). O ensaio foi realizado segundo a norma NBR 7.181 (ABNT, 1984), utilizando-se um agitador de peneiras e aparelho de dispersão. O solo coletado foi destorroado, peneirado e armazenado em local seco e protegido para posterior uso. Os solos mais apropriados para a fabricação de tijolos solo-cimento são os que possuem teor de areia entre 45% e 50% (SOUZA et al., 2006).

Os resíduos utilizados neste trabalho são as cédulas sem valor monetário, que chegam ao laboratório, fragmentadas a 2mm, compactadas e embaladas a vácuo, necessitando de processamento prévio, conforme procedimentos apresentados nas fotos da Figura 2.

Figura 2 - Preparação prévia das cédulas trituradas, fragmentadas e compactadas.



A proporção de solo e cimento utilizada é de 8:1. Sendo 8 partes de solo para 1 parte de cimento. A utilização de cédulas dentro da massa do tijolo interfere apenas na parte referente ao solo, representando uma diminuição de sua utilização, conforme aumenta a proporção das cédulas, que chega a 25% da massa de tijolo.

Para a homogeneidade da mistura é utilizada uma betoneira, com adição de 12% de umidade sobre a massa total de tijolo. A sequência é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Sequência de homogeneização da mistura com 12% de umidade.



Em seguida a massa de tijolo segue para prensa hidráulica ECO PREMIUM, modelo 2700 (ECO MÁQUINAS, 2014), que possui matriz metálica aquecida (Figura 4), responsável pela conformidade mecânica quase perfeita das paredes do tijolo, que são lisas, apresentam arestas vivas e quase sempre livre de imperfeições (SANTOS et al., 2014). Quando comparados com o tijolo tradicional, fabricado por extrusão, apresentam diferença significativa quanto à qualidade de fabricação.

Figura 4 - Prensa hidráulica ECO PREMIUM modelo 2700 com matriz metálica aquecida.



A prensa hidráulica possui a caixa molde (30x15cm) com matriz aquecida, acoplada à parte móvel, responsável por imprimir a força necessária para realizar a compactação e formato final do tijolo e também uma caixa carregadora. Esta caixa carregadora possui movimento horizontal e é responsável pelo transporte da massa de tijolo, do recipiente de armazenamento para a caixa molde. Esta por sua vez, recebe a massa de tijolo, e através de um movimento vertical, recebe uma compactação de 6 toneladas. Para Grande (2003) a compactação adequada é essencial para a obtenção de uma resistência mecânica apropriada. Esta sequência está apresentada na figura 5.

Figura 5 - Sequência de confecção do tijolo na Prensa Hidráulica.



A altura do tijolo pode chegar até 7,5 cm, única dimensão variável, a qual é diretamente proporcional às características do solo e seu teor de umidade juntamente com as propriedades físicas das cédulas utilizadas (tamanho e porcentagem). Portanto é importante a realização do controle da altura do tijolo a cada batelada de ensaio, através de ajuste na máquina, conforme apresentado na Figura 6. Durante a execução dos ensaios é utilizado o mesmo solo, apenas a porcentagem de cédulas varia dentro da massa do tijolo.

Figura 6 - Ajuste da altura do tijolo na Prensa hidráulica ECO PREMIUM modelo 2700.



Após a moldagem dos tijolos, deve-se assegurar a sua umidade, para que ela não se perca de acordo com as características do ambiente. Também é necessário seu repouso, processo caracterizado como cura (28 dias), necessário para garantir a reatividade do cimento e a obtenção da máxima resistência à compressão, conforme recomendado pela norma NBR 10834 (ABNT, 1994). Depois, eles devem ser molhados nas primeiras 6 horas, e periodicamente por 7 dias. Até o momento do ensaio, eles devem ser cobertos com superfície plástica, mantendo a umidade, evitando a perda de água, por evaporação. Para a determinação da resistência, através da realização dos ensaios de compressão é necessário que o tijolo seja lixado eliminando-se toda a parte em relevo de seu encaixe macho/fêmea, tornando a superfície perfeitamente lisa. Após este preparo, ele recebe, com o auxílio de uma superfície vítrea, uma fina camada de pasta de gesso, lisa e livre de ondulações, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Preparo dos tijolos para ensaio de Compressão.



A composição é deixada em repouso por 24 horas e depois, para receber o carregamento de maneira uniforme, é centralizado sobre o prato inferior da Prensa de Compressão até o momento de ruptura (Figura 8), quando é possível obter o valor do suporte de carga de cada tijolo, comparando-os com o apresentado pela norma.

Figura 8 - Ensaio de Compressão e apresentação de fissuras nos tijolos após rompimento.



4. RESULTADOS

Ao ser retirado da prensa hidráulica o tijolo já possui seu formato final, onde pode ser verificada sua homogeneidade, com suas faces lisas e uniformes. A pigmentação diferenciada é característica da adição das cédulas e varia de acordo com a porcentagem de cédula adicionada, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Forma final do Tijolo fabricado com cédulas de dinheiro.



Após o período de cura (28 dias), os tijolos são preparados e seguem para os ensaios, fornecendo os resultados de resistência à compressão, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Resultados do Ensaio de Compressão do tijolo ecológico com cédulas sem valor.

Tijolo	Cédula (L)	Solo (L)	Cimento (L)	Água (L)	Resistência à 28 dias
0% cédula	-	40	5,0	4,8	2,0 MPa
10% cédula	4	24	3,4	1,2	2,9 MPa
15% cédula	6	34	5,0	4,3	3,0 MPa
25% cédula	15	45	7,5	4,6	3,9 MPa

Os resultados de resistência estão acima de 1,7MPa, como recomendado pela norma NBR10834 (ABNT, 1994). E aumentam de acordo com a porcentagem de cédulas pre-

sentes no tijolo, sendo proporcional ao resíduo adicionado. Devido à característica mecânica das fibras das cédulas, fabricadas especialmente para resistir as intempéries e ao desgaste do tempo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fabricação de tijolos com adição das cédulas até 25% demonstrou ser viável tecnicamente, resultando em valores de resistência conforme recomendado pela norma NBR10834 e o aumento da utilização de resíduos contribuiu para o aumento de resistência, assim como Oliveira et al. (2014) que ao avaliar as características mecânicas de tijolos solo-cimento incorporados com resíduos, verificaram o aumento de resistência à compressão simples em função da incorporação de resíduo na mistura.

Apresentaram bom comportamento mecânico, após compactação de 6 toneladas e período de cura. A interferência das fibras presentes nas cédulas foi positiva no comportamento mecânico, possibilitando um novo destino para os resíduos em questão, preservando o meio ambiente, diminuindo o passivo ambiental de sua disposição final em aterro sanitário.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.181:** Análise granulométrica do solo. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.833:** Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10834:** Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2013.

AGÊNCIA BRASIL, 2010. Edição do dia 14/03/10 - 16:09. Trocar cédulas velhas sai mais caro que fabricar novas. Disponível em: <<http://www.cidadeverde.com>>. Acesso em 21 de agosto de 2015.

BRASIL. LEI Nº 12.305 DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;** altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

CARNEIRO, A. P.; CASSA J. C. S.; BRUM, I. A. S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção** – Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

ECO MÁQUINAS. **Apresentação Técnica.** LINHA: ECO PREMIUM 2600 E 2700 CH-MA. 2014

