

TIJOLO PRODUZIDO COM RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A.C. de Albuquerque
J. Santos
M.D.S.H. Santos
Instituto Federal do Mato Grosso - Campus Cuiabá
Rua Zulmira Canavarros, 95, CEP 78.005-200, Centro, Cuiabá - MT
juzeliasc@gmail.com

Resumo

Nesse estudo foi avaliada a viabilidade de reaproveitamento dos RCDs (Resíduo de Construção e Demolição) como agregados artificiais, para a fabricação de tijolos. O agregado artificial foi obtido por cominuição dos resíduos em britador e moinho de bolas, seguido da classificação por peneiramento. Definiram-se composições de microconcreto, contendo RCD, adequadas à fabricação de tijolos de modo a atender às especificações requeridas pelas normas técnicas vigentes. Os tijolos assim produzidos apresentaram boa resistência, equivalente ou superior aos tijolos sem resíduo existentes no mercado. Os tijolos com RCD são de mais baixo custo e, conseqüentemente, mais acessível à população de baixa renda e aplicável em obras e habitações de interesse social. Aliada a essas vantagens, a utilização do resíduo também contribui para a vida útil dos aterros sanitários e para a mitigação dos impactos ambientais, o que vem comprovar a viabilidade do aproveitamento do resíduo da construção civil.

Palavras-chave: RCD - Resíduo de Construção e Demolição; agregado artificial; reciclagem; tijolo.

INTRODUÇÃO

O crescimento do setor da construção civil no Brasil potencializa a economia de forma positiva. Segundo a revista Exame⁽¹⁾, há uma previsão de crescimento em torno de 6% na indústria da construção civil a partir de 2011, devido às obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e aos eventos esportivos (Copa do Mundo e Olimpíadas).

As possibilidades de desenvolvimento trazem diversos desafios, entre eles a poluição do meio ambiente, em conseqüência de desperdícios de materiais de

construção civil e descartes de resíduos produzidos por reformas e demolições. Ambos ocorrem por má gestão e são fatos que vêm causando grande preocupação a pesquisadores das mais variadas áreas⁽²⁾.

A reciclagem surgiu na década de 1970, sendo uma maneira de aproveitar detritos, utilizando-os da mesma maneira como eram usados anteriormente ou passando a ter outra função. Essa é uma excelente alternativa para amenizar os impactos ambientais provenientes da construção civil.

O vocábulo *reciclagem* surgiu no final da década de 1980, quando foi constatado que as fontes de petróleo e de outras matérias primas não renováveis estavam se esgotando rapidamente, e que havia falta de espaço para a disposição dos rejeitos na natureza. A expressão vem do inglês *recycle* (*re* = repetir, e *cycle* = ciclo)⁽³⁾.

A reciclagem é o termo geralmente utilizado para designar o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto. O conceito de reciclagem serve apenas para os materiais que podem voltar ao estado original e ser transformados novamente em um produto igual em todas as suas características.

As indústrias recicladoras são chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Na maior parte dos processos, o produto reciclado é completamente diferente do produto inicial⁽²⁾.

Na construção civil também é possível a prática de reciclagem, reaproveitando resíduos provenientes do desperdício de materiais na hora de construir, reformar e/ou demolir. Os resíduos encontrados predominantemente e que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a dois grupos, o terceiro grupo serve para outras aplicações:

- Grupo I : materiais compostos de cimento, cal, areia e brita (concretos, argamassas e blocos de concreto);
- Grupo II : materiais cerâmicos (telhas, manilhas, tijolos, azulejos);
- Grupo III : materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são possíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem⁽²⁾.

O estudo aqui relatado sugere o reaproveitamento ou a reutilização dos Resíduos de Construção e Demolição - RCDs - (argamassa, concreto, blocos e telhas cerâmicas), com o intuito de reduzir a quantidade de resíduos depositados em lugares inadequados e diminuir a extração de minerais da natureza, visto que ambos causam grandes danos ao meio ambiente.

Os materiais oriundos de resíduos foram examinados por meio de ensaios padronizados pela ABNT, a fim de verificar a sua adequação ao uso como agregados artificiais, em substituição aos agregados naturais e, assim, determinar seu uso para a fabricação de tijolos (artefatos de cimento), com função estrutural e de vedação.

MATERIAIS

O RCD (Resíduo de Construção e Demolição) sofreu inicialmente uma seleção dos materiais de interesse para a pesquisa, ou seja, argamassa, concreto e tijolo cerâmico. Para a preparação do microconcreto foram usados somente agregados provenientes do RCD, denominados de agregados artificiais. A granulometria adotada foi a passante na peneira de malha 4,8 mm, sendo todos os ensaios de caracterização realizados conforme as normas da ABNT. O cimento utilizado para a confecção dos tijolos foi o Cimento Portland CP IV – 32 RS, composto por silicatos de cálcio, alumínio e ferro, sulfato de cálcio, filler carbonático e pozolana.

METODOLOGIA

Os RCDs foram britados no britador de mandíbula, depois triturados em um moinho de bolas por 15 minutos, e peneirados até obter partículas passantes nas peneiras de abertura de malha 4,8mm, 2,4mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm, 0,15mm e 0,075mm. Em seguida esses materiais foram classificados a fim de obter três grupos granulométricos: pó: material passante nas peneiras de malha 0,075mm e 0,15mm ; areia: material passante nas peneiras de malha 0,6mm e 0,3mm; pedrisco: material passante nas peneiras de malha 4,8mm; 2,4mm e 1,2mm .

Nas Figuras 1 e 2 observa-se o RCD antes e após o processo de moagem, respectivamente.



Figura 1 - Resíduo de Construção e Demolição após britagem.



Figura 2 - Resíduo de Construção e Demolição após moagem .

Caracterização dos materiais

A caracterização dos materiais tem o intuito de avaliar previamente cada componente a ser utilizado na confecção dos tijolos, tendo como base as normas da ABNT. Após essa caracterização é possível iniciar a dosagem do microconcreto. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos seguintes ensaios de caracterização:

- Massa específica pelo frasco de Chapman⁽⁴⁾ (agregado miúdo – 0,6mm a 0,075mm);
- Massa específica pelo frasco de Le Chatelier⁽⁵⁾ (cimento e agregado miúdo – 0,6mm a 0,075mm);
- Massa específica do agregado miúdo⁽⁶⁾ (RCD total);
- Massa unitária compactada⁽⁷⁾;
- Absorção do agregado miúdo⁽⁸⁾;
- Determinação de materiais pulverulentos⁽⁹⁾;
- Pasta de consistência normal⁽¹⁰⁾;
- Determinação do tempo de pega⁽¹¹⁾.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização realizados nas amostras de RCD e de cimento.

Material	RCD (pedrisco)	RCD (areia)	RCD (pó)	RCV (pó)	RCD (total)	Cimento
Massa específica Chapman (g/cm ³)	2,25	---	---	---	---	---
Massa específica Le Chatelier (g/cm ³)	---	2,65	2,63	2,66	---	3,12
Absorção (%)	---	---	---	---	7,7	---
Material pulverulento (%)	---	---	---	---	3,3	---
Água de consistência (%)	---	---	---	---	---	35
Tempo de início de pega (hh:mm)	---	---	---	---	---	01:30
Tempo de final de pega (hh:mm)	---	---	---	---	---	04:50

Empacotamento

Após a classificação do RCD em diferentes granulometrias, foi realizado o empacotamento experimental dos mesmos; misturando os três grupos granulométricos em diferentes porcentagens, até determinar a combinação com maior massa unitária, ou seja, menor índice de vazios, para o desenvolvimento dos traços de microconcreto almejados. Na Tabela 2 encontram-se as proporções utilizadas no ensaio de empacotamento experimental.

Tabela 2: Proporções das misturas dos agregados realizadas no ensaio de empacotamento experimental - massa unitária compactada.

Ensaio	Pó %	Areia %	Pedrisco %	Pó (g)		Areia(g)		Pedrisco (g)		Massa unitária g/cm ³
				0,15 mm	0,075 mm	0,6 mm	0,3 mm	1,2 mm	2,4 mm	
1	10	25	65	500	500	1250	1250	3250	3250	1,50
2	15	30	55	750	750	1500	1500	2750	2750	1,53
3	20	30	50	1000	1000	1500	1500	2500	2500	1,49
4	25	35	40	1250	1250	1750	1750	2000	2000	1,46
5	15	25	60	750	750	1250	1250	3000	3000	1,50
6	10	20	70	500	500	1000	1000	3500	3500	1,48
7	15	65	20	750	750	3250	3250	1000	1000	1,46

Verifica-se que o Ensaio 2 é o que apresenta a combinação de materiais com maior massa unitária. Entretanto, para chegar a uma combinação ótima, foi utilizado também como parâmetro o cálculo do índice de vazios e da massa específica da mistura pelo método de empacotamento teórico⁽¹²⁾. Esse método consiste em determinar a maior massa específica e o menor índice de vazios através das massas unitárias compactadas, obtidas pelo empacotamento experimental, conforme equações (A) e (B), e cujos resultados encontram-se na Tabela 3.

$$\rho_T = \Sigma (\%A \times \rho_A + \%B \times \rho_B + \%C \times \rho_C) / 100 \quad (A)$$

Onde:

ρ_T = Massa específica da mistura

%A,B, C = percentual do agregado A, B, C na mistura

ρ_A, B, C = massa específica do agregado A, B C

$$I_v = \{(\rho_T - \rho_A) / \rho_T\} \times 100 \quad (B)$$

Onde:

I_v = índice de vazios da mistura

%A = percentual do agregado A na mistura

ρ_A = massa específica do agregado A

Tabela 3: Cálculos do peso específico e do índice de vazios pelo método do empacotamento teórico⁽¹²⁾.

Ensaio	% empacotamento (pó/areia/pedrisco)	Massa específica (g/cm ³)	Massa Unitária (g/cm ³)	Massa específica da mistura (g/cm ³)	Índice de vazios da mistura (%)
1	10 / 25 / 65	2,63 / 2,65 / 2,25	1,50	2,388	37,18
2	15 / 30 / 55	2,63 / 2,65 / 2,25	1,53	2,427	36,95
3	20 / 30 / 50	2,63 / 2,65 / 2,25	1,49	2,446	39,08
4	25 / 35 / 40	2,63 / 2,65 / 2,25	1,46	2,485	41,33
5	15 / 25 / 60	2,63 / 2,65 / 2,25	1,50	2,407	37,68
6	10 / 20 / 70	2,63 / 2,65 / 2,25	1,48	2,368	37,50
7	15 / 65 / 20	2,63 / 2,65 / 2,25	1,46	2,567	43,46

Determinação do traço de microconcreto:

Verifica-se que os Ensaios 2 e 7 apresentaram, respectivamente, as combinações de materiais com menor índice de vazios e maior massa específica da mistura. Optou-se, portanto, por utilizar uma combinação intermediária entre essas duas para realizar a moldagem dos tijolos.

A combinação a ser utilizada foi 15/47/38 (pó/areia/pedrisco) cujo índice de vazios e massa específica são, respectivamente, 40,25% e 2,497 g/cm³.

Para execução de três traços experimentais de microconcreto nas relações (cimento: agregado total) 1:3,5; 1:5 e 1:11 e tomando como base a combinação média entre os agregados 15/47/38, tem-se os seguintes traços unitários (cimento: pó: areia: pedrisco):

Traço A (1:3,5) = 1: 0,53: 1,64: 1,33

Traço B (1:5,0) = 1: 0,75: 2,35: 1,90

Traço C (1:11,0) = 1: 1,65: 5,17: 4,18

Dosagem do microconcreto

Os materiais utilizados para a produção dos artefatos foram: cimento Portland CP IV – 32, areia artificial do RCD (Resíduo de Construção e Demolição) e água. Os mesmos foram misturados nas proporções pré-determinadas no ensaio de empacotamento e pelo método do empacotamento teórico⁽¹²⁾. nas quantidades necessárias de modo a atender a cada traço experimental (1:3,5; 1:5 e 1:11). A

quantidade de água em cada traço foi determinada por meio de teste táctil-visual de modo a se observar a formação de uma mistura homogênea e coesa ao ser pressionada na mão (Figura 3).



Figura 3 – Determinação da umidade ótima por meio de teste táctil visual.

Após o teste táctil visual, obteve-se a quantidade de água necessária (umidade ótima) para a moldagem de cada traço de concreto, resultando nos seguintes traços unitários (cimento: pó: areia: pedrisco: relação água / cimento):

Traço A (1:3,5) = 1: 0,53: 1,64: 1,33: 1,05

Traço B (1:5,0) = 1: 0,75: 2,35: 1,90: 1,32

Traço C (1:11,0) = 1: 1,65: 5,17: 4,18: 2,64

A mistura foi realizada manualmente e, em seguida, foi depositada em uma prensa hidráulica para moldagem dos tijolos (Figura 4). Os tijolos assim produzidos (Figura 5) foram molhados diariamente e cobertos por lona durante 7 dias e depois mantidos em cura em câmara úmida até o dia determinado para a realização dos ensaios de resistência à compressão, os quais foram realizados após 7 e 28 dias da moldagem (Figura 6).



Figura 4 – Moldagem dos tijolos em prensa hidráulica.



Figura 5 – Tijolo após 28 dias de cura.



Figura 6 – Ensaio de resistência à compressão dos tijolos.

RESULTADOS

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados conforme a norma ABNT NBR 12118:2011 ⁽¹³⁾ nas idades de 7 e 28 dias. Na Tabela 2 os resultados dos tijolos moldados com os traços 1:3,5 , 1:5 e 1:11.

Tabela 5: Resistência à compressão dos tijolos confeccionados com RCDs.

traço	Resistência à compressão (MPa)	
	7 dias	28 dias
1:3.5	-	3,12
1:5	3,45	3,43
1:11	-	2,24

O ensaio de resistência à compressão é de fundamental importância, pois, com base nos resultados determina-se onde o tijolo pode ser empregado, sendo o mesmo estrutural ou de vedação.

Para os traços 1:3,5 e 1:11 só foram realizados ensaios aos 28 dias, que é a idade padrão para avaliação da resistência do concreto.

Conforme a norma NBR 6136⁽¹⁴⁾ os tijolos moldados com os traços 1:3,5 e 1:5 podem ser classificados como classe C e aqueles moldados com o traço 1:11 como classe D. Os tijolos classe C (M12,5) encontram função na alvenaria estrutural, acima do nível do solo, para edificações até dois pavimentos e os tijolos classe D podem ser utilizados para alvenaria de vedação.

CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um estudo das propriedades e desempenho dos agregados reciclados, originados dos Resíduos de Construção e Demolição – RCDs (argamassas, tijolos cerâmicos e concreto), para a confecção de tijolos (artefatos de cimento) com função estrutural e vedação.

O estudo determinou que os tijolos produzidos com RCD podem ser empregados para uso em alvenaria estrutural ou de vedação, conforme a classe em que se enquadra.

A produção de artefato (tijolos) com RCDs, além de boa qualidade e baixo custo, reduz os impactos ambientais da construção e possibilita a acessibilidade à população de baixa renda.

REFERÊNCIAS

- (1) <http://exame.abril.com.br>. Revista Exame. 11/02/20011 (acesso em 02/04/2012)
- (2) FAVINI, A.C., COSTA, J.S. Avaliação do concreto produzido com agregado de rejeito de telha cerâmica vermelha usada. Revista Profiscientia. No. 4. IFMT. 2009
- (3) pt.wikipedia.org/wiki/reciclagem. (acesso em 02/04/2012)
- (4) ABNT NBR 9776. Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - Método de ensaio.1988.
- (5) ABNT NBR NM 23 - Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica
- (6) ABNT NBR NM 52. 2009 Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente

- (7) ABNT NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 2006.
- (8) ABNT NBR NM 30 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. 2001.
- (9) ABNT NBR NM 46 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. 2003.
- (10) ABNT NBR NM 43 - Cimento portland - Determinação da pasta de consistência normal. 2003
- (11) ABNT NBR NM 65 - Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. 2003
- (12) O'REILLY DÍAZ, V.A. Método para dosificar hormigón de elevado desempenho. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Notas de aula. 2005
- (13) ABNT NBR 12118 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. 2011.
- (14) ABNT NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. 2007.

BRICKS MADE FROM WASTE CONSTRUCTION

A.C. de Albuquerque
J. Santos
M.D.S.H. Santos
Instituto Federal do Mato Grosso - Campus Cuiabá
Rua Zulmira Canavarros, 95, CEP 78.005-200, Centro, Cuiabá - MT
juzeliasc@gmail.com

Summary

In this study it was evaluated the feasibility of reuse of CDW (Construction and Demolition Waste) as artificial aggregates for the manufacture of bricks. The artificial aggregate was obtained by crushing and grinding, followed classification by screening. Were defined microconcrete compositions containing CDW, suitable for manufacturing of bricks to meet the specifications required by the current technical standards. The bricks produced had good strength, equivalent or superior to bricks with no waste on the market. The bricks with RCD are lower cost and therefore more accessible to low-income and applicable in social housing. Coupled with these advantages, the use of the residue also contributes to the life of landfills and the mitigation of environmental impacts, which confirms the feasibility of using waste construction.

Keywords: CDW - Construction and Demolition Waste; artificial aggregate, recycling bricks.