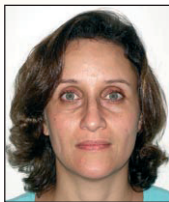


## Study of the reuse of construction residues in concrete employed by blocks manufacture

### *Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos*



R. C. C. LINTZ <sup>a</sup>  
rosacclintz@ft.unicamp.br

A. E. P. G. A. JACINTHO <sup>b</sup>  
ana@puc-campinas.edu.br

L. L. PIMENTEL <sup>c</sup>  
lialp@puc-campinas.edu.br

L. A. GACHET-BARBOSA <sup>d</sup>  
gachet@ft.unicamp.br

#### Abstract

The use of construction and demolition waste (CDR) comes as an alternative for recycling, for costs reduction and for raw material. The CONAMA Resolution 307 (National Council for the Environment) establishes that all cities should find an environmentally correct destination to CDR. In this research the mechanical properties of the concrete containing CDR were analyzed aiming its use in the production of concrete blocks. Here, increasing percentages of aggregates of CDR with the same granulometry an substitute the natural aggregate, and then concrete blocks were molded. Tests were then performed in order to determine the compression strength according to NBR 12118:2007, at ages of 14 days and 28 days. It was noticed that the values resulting from the compression strength test were also influenced by the increasing substitution of CDR percentages to the mixture. This research discusses the great potential of using this material in substitution to the natural aggregates used in the production of concrete based materials such as blocks.

**Keywords:** alternative materials, materials and construction components, constructive processes.

#### Resumo

A utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) apresenta-se como uma alternativa de reciclagem, de redução de custos e de matéria-prima. A Resolução 307 do CONAMA determina que todos os municípios devam dar uma destinação ambientalmente correta aos RCD. Nesta pesquisa foram analisadas as propriedades mecânicas do concreto contendo RCD objetivando seu emprego na fabricação de blocos de concreto. É realizada a substituição dos agregados naturais pelos agregados de mesma granulometria provenientes de RCD, em porcentagens crescentes, e moldados blocos de concreto. São realizados ensaios para a determinação da resistência à compressão segundo a NBR 12118:2007, aos 14 e 28 dias de idade. Os valores apresentados pelo ensaio de resistência à compressão são influenciados pelas porcentagens crescentes de RCD na mistura. Esta pesquisa aponta o grande potencial do aproveitamento desse material em substituição aos agregados naturais utilizados na fabricação de materiais à base de concreto como os blocos.

**Palavras-chave:** materiais alternativos, materiais e componentes da construção, processos construtivos.

<sup>a</sup> Professora da Faculdade de Tecnologia - UNICAMP, rosacclintz@ft.unicamp.br, Rua Paschoal Marmo, 1888, Limeira -SP, Brasil, CEP 13484-332

<sup>b</sup> Professora da Faculdade de Engenharia Civil - CEATEC - PUC-CAMPINAS, ana@puc-campinas.edu.br, Rod. Dom Pedro I, km 136, Parque das Universidades, Campinas-SP, Brasil, CEP 13086-300;

<sup>c</sup> Professora da Faculdade de Engenharia Civil - CEATEC - PUC-CAMPINAS, lialp@puc-campinas.edu.br, Rod. Dom Pedro I, km 136, Parque das Universidades, Campinas-SP, Brasil, CEP 13086-300

<sup>d</sup> Professora da Faculdade de Tecnologia - UNICAMP, gachet@ft.unicamp.br, Rua Paschoal Marmo, 1888, Limeira -SP, Brasil, CEP 13484-332

## 1. Introdução

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subproduto grande quantidade de resíduos de diversas naturezas. É também responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais provenientes de fontes não-renováveis (Boldrin *et al.* [1]).

Entretanto este é um dos setores que apresenta maior potencial para absorver os resíduos sólidos. A reciclagem dos resíduos de construção na forma de agregados é uma importante alternativa para a redução do impacto ambiental e para sua preservação (Oliveira *et al.* [2]; Levy e Helene [3]; John [4]).

A utilização do resíduo de construção e demolição na fabricação de blocos de concreto e argamassas de assentamento é viável tecnicamente, podendo ser utilizado na construção de habitação popular (Farias *et al.* [5]). Bastos *et al.* [6] também salientam o emprego do RCD em pavimentação de novas vias.

Segundo Ajdukiewicz e Kliszczewics [7] os resíduos provenientes da reconstrução de rodovias e pontes feitas de concreto armado e protendido, no Leste Europeu, depois de reciclados são empregados como agregados.

Segundo estudos desenvolvidos por Buttler *et al.* [8] sobre blocos estruturais de concreto com agregados reciclados pode-se notar que os blocos com agregados reciclados apresentaram menores valores de massa específica e maiores taxas de absorção e índice de vazios comparativamente aos valores obtidos pelos blocos de referência. Com relação à taxa de absorção inicial todos os blocos satisfizeram os requisitos e os limites recomendados pela literatura.

Fonseca e Junior [9] notaram que os agregados reciclados com dimensão máxima inferior a 9,5mm podem ser utilizados não apenas em concretos com consistência plástica, mas em artefatos de concreto com abatimento nulo e boa resistência, com baixo consumo de cimento.

Segundo Boldrin *et al.* [1] a substituição crescente dos agregados naturais pelos agregados reciclados de construção civil, em concretos empregados na fabricação de blocos, afeta a consistência das misturas, havendo uma diminuição da fluidez. O agregado miúdo reciclado apresentou uma absorção de água superior ao agregado miúdo tradicional afetando diretamente as propriedades mecânicas dos concretos. Concretos com porcentagens de até 60% de resíduos de construção parecem ser os mais indicados para a utilização na fabricação de blocos de concreto.

Segundo Dafico *et al.* [10] os blocos de concreto produzidos com agregados reciclados de construção apresentam uma variabilidade muito grande quanto aos resultados da resistência à compressão, entretanto observaram que, a melhor mistura é aquela em que o cimento é misturado com o agregado na condição saturado superfície seca, seguido pela introdução e mistura da água de amassamento contendo aditivo incorporador de ar.

A Resolução nº 307 do CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, visando proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental. Em 16 de agosto de 2004, entrou em vigor a Resolução nº 348 do CONAMA que altera o art. 3º, item IV, da Resolução CONAMA nº 307.

Considerando-se que os resíduos dessa natureza representam

um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas e que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental, os Municípios são os responsáveis pela gestão e destinação ambientalmente correta de tais resíduos buscando a efetiva redução dos impactos ambientais.

Segundo as Resoluções nº 307 e nº 348 os resíduos da construção civil são classificados em quatro classes:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

No Brasil, as empresas de reciclagem separam dos resíduos de construção, os seus contaminantes como madeira, plásticos e metais não ferrosos manualmente e empregam o agregado reciclado geralmente na construção de base para pavimentação e blocos de concreto de vedação. Países como Japão, Inglaterra e Holanda substituem parcialmente ou totalmente os agregados naturais pelos reciclados, devido a maior remoção dos teores de contaminantes dos resíduos de construção (Angulo e John[11]).

### 1.1 Justificativa

Neste trabalho foi analisada a incorporação de resíduos de construção e demolição (RCD) em concretos empregados na fabricação de blocos vazados de concreto simples para alvenaria. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da substituição crescente de RCD, pela massa de agregados naturais presentes na mistura de concreto, nas propriedades mecânicas dos blocos de concreto segundo as especificações das normas brasileiras.

## 2. Materiais e programa experimental

Todos os materiais empregados na parte experimental da pesquisa foram fornecidos pelas empresas da Região Metropolitana de Campinas, tais como: cimento Portland CPV-ARI, areia de origem quartzosa, brita de origem basáltica e resíduos de construção civil reciclados na forma de agregados.



Figura 1 – Resíduos de construção civil



Na usina recicladora o RCD antes de ser britado e separado em diferentes granulometrias, passou por um processo de triagem para a retirada de impurezas como ferro, borracha, plástico e materiais de origem orgânica [Figura 1]. As Figuras 2 e 3 apresentam os agregados miúdo e graúdo reciclados respectivamente, empregados nesta pesquisa.

O RCD escolhido para ser utilizado foi aquele material proveniente de resíduos de compósitos de cimento (argamassas e concretos) denominado “cinza”.

#### Caracterização Física dos Agregados

Foram realizados ensaios de caracterização física dos agregados, tais como: determinação da massa específica segundo

Figura 2 – Agregado miúdo reciclado



Figura 3 – Agregado graúdo reciclado



as especificações da NBRNM52:2009 [12] para os agregados miúdos e da NBRNM53:2009 [13] para os agregados graúdos, determinação da massa unitária dos agregados conforme as especificações da NBRNM45:2006 [14], e classificação dos agregados de acordo com a composição granulométrica conforme a NBR7211:2009 [15]. Os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados obtidos estão descritos na Tabela 1.

#### Escolha das Dosagens dos Concretos sem e com RCD

O traço, em massa, do concreto selecionado para este estudo foi: 1:3,5:3,0:2,5:0,80 (cimento:areia fina:areia média:brita:água). A partir do traço considerado “de referência” foram produzidos con-

Figura 4 – Blocos de concreto moldados



Tabela 1 - Caracterização física dos agregados

Material	Massa Específica (Kg/l)	Massa Unitária (Kg/l)	Dimensão máxima Característica (mm)	Módulo de Finura	Classificação Granulométrica
Agregado miúdo natural	2,62	1,47	2,4	1,93	zona 2 areia fina
Agregado miúdo natural	2,90	1,63	4,8	2,74	zona 3 areia média
Agregado graúdo natural	2,86	1,64	9,5	6,67	brita 0
Agregado miúdo reciclado	2,34	1,33	4,8	2,38	zona 3 areia reciclada média
Agregado graúdo reciclado	2,55	1,46	9,5	3,36	brita 0 reciclada

cretos com incorporações crescentes de RCD em substituição aos agregados nas seguintes proporções:

E0 - mistura de concreto de referência;

E1 - mistura de concreto com substituição de 20% dos agregados naturais pelo RCD;

E2 - mistura de concreto com substituição de 50% dos agregados naturais pelo RCD;

E3 - mistura de concreto com substituição de 80% dos agregados naturais pelo RCD;

E4 - mistura de concreto com substituição de 100% dos agrega-

dos naturais pelo RCD;

Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de concreto, de dimensões de 10 x 20 cm, para a realização dos seguintes ensaios: determinação da resistência à compressão (NBR5739:2007 [16]), resistência à tração por compressão diametral (NBR7222:1994[17]) e determinação da absorção de água por imersão (NBR9778:2009[18]).

Foram também fabricados blocos de concreto utilizando-se vibro-prensas. A dimensão dos blocos de concreto selecionada foi 14x19x39 cm (Figura 4). Os blocos foram submetidos aos ensaios

Figura 5 - Resultados das resistências à compressão médias dos corpos-de-prova cilíndricos

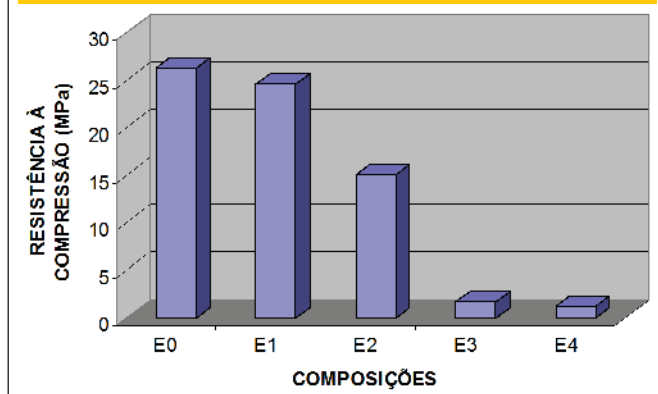
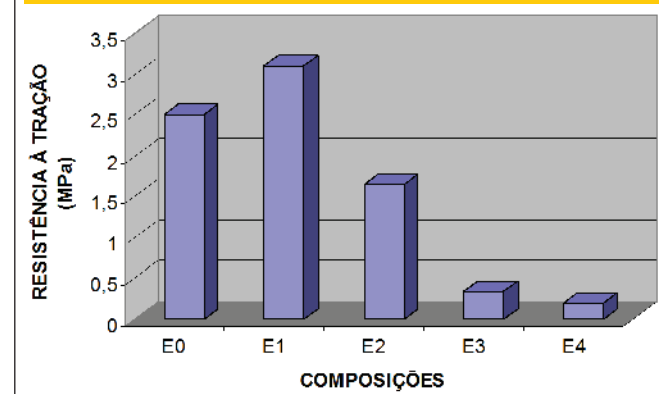
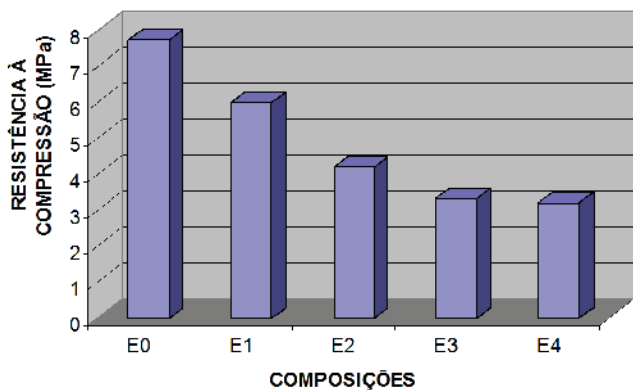


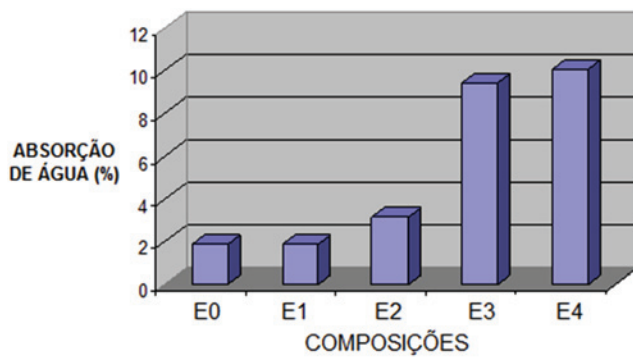
Figura 6 - Resultados das resistências à tração por compressão diametral médias dos corpos-de-prova cilíndricos



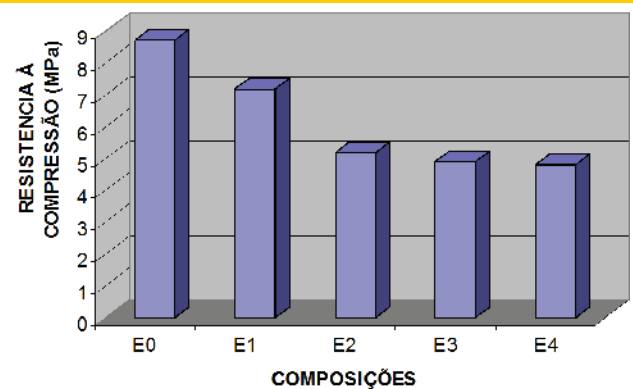
**Figura 7 – Resultados das resistências à compressão médias, aos 14 dias, dos blocos de concreto**



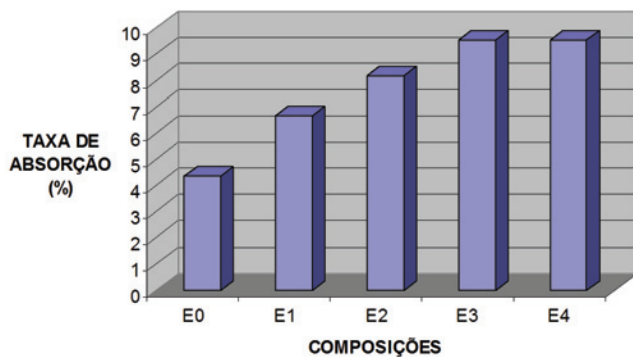
**Figura 9 – Resultados dos ensaios de absorção de água por imersão dos corpos-de-prova**



**Figura 8 – Resultados das resistências à compressão médias, aos 28 dias, dos blocos de concreto**



**Figura 10 – Resultados dos ensaios de absorção de água dos blocos de concreto**



para a determinação da resistência à compressão e da capacidade de absorção de água, conforme a NBR12118:2007 [19].

A mistura dos concretos foi feita em betoneira intermitente de eixo inclinado (NBR5738:2008[20]), e posteriormente os corpos-de-prova foram moldados sobre a mesa vibratória e curados submersos em tanque de água saturado com cal, durante 28 dias, de acordo com as especificações da NBR5738:2008[20]. Após a cura, os corpos-de-prova cilíndricos foram retificados para a execução dos ensaios e os blocos capeados.

### 3. Resultados e discussões

As Figuras 5 e 6 mostram os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão e à tração por compressão diametral para os corpos-de-prova cilíndricos, aos 28 dias. As Figuras 7 e 8 mostram os resultados provenientes dos ensaios de compressão dos blocos de concreto, aos 14 e 28 dias. As Figuras 9 e 10 apresentam as taxas de absorção de água por imersão para os corpos-de-prova cilíndricos e os valores da capacidade de absorção de água dos blocos de concreto, respectivamente. Ambos en-

saio de absorção foram realizados aos 28 dias de idade de cura. Pela análise dos dados provenientes dos ensaios de caracterização, pôde-se observar que os agregados naturais possuem maiores massas específicas e unitárias que os agregados reciclados, confirmando os resultados encontrados pelos pesquisadores BOLDRIN *et al.* [1]; LINTZ e SIMONETTI [21] para estas características físicas.

**Tabela 2 – Requisitos para resistência característica à compressão de blocos de concreto (NBR6136)**

Classe	Resistência Característica ( $f_{bk}$ ) MPa
A	$\geq 6,0$
B	$\geq 4,0$
C	$\geq 3,0$
D	$\geq 2,0$



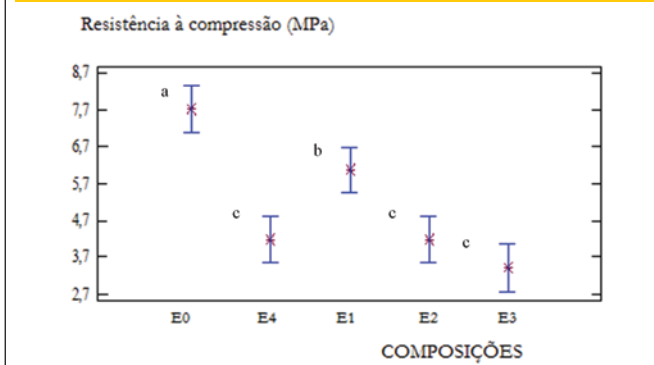
**Tabela 3 – Resultado do Teste de Múltipla Comparação para resistência à compressão aos 14 dias de idade**

Teste de Múltipla Comparação		
Traço	Média	Grupos homogêneos
E 4	4,165	X
E 3	3,4083	X
E 2	4,180	X
E 1	6,07	X
E 0	7,742	X

**Tabela 4 – Resultado do Teste de Múltipla Comparação para resistência à compressão aos 28 dias de idade**

Teste de Múltipla Comparação		
Traço	Média	Grupos homogêneos
E 4	4,771	X
E 3	4,936	X
E 2	5,244	X
E 1	7,181	X
E 0	8,751	X

**Figura 11 – Média de Resistência à compressão aos 14 dias**



Quanto às resistências à compressão dos corpos-de-prova de concreto as composições E1, E2 corresponderam a 94% e 58% do valor apresentado para a mistura de referência (E0). Para as demais misturas a queda para esta propriedade foi bastante acentuada.

Para as resistências à tração por compressão diametral as composições E0, E1 e E2 apresentam valores dentro dos limites de resistência de blocos de concreto.

Quanto às resistências à compressão dos blocos de concreto, a NBR6136:2007[22] classifica os blocos de concreto simples para alvenaria, em quatro classes, conforme indica a Tabela 2, sendo classificados quanto ao uso em:

Classe A – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

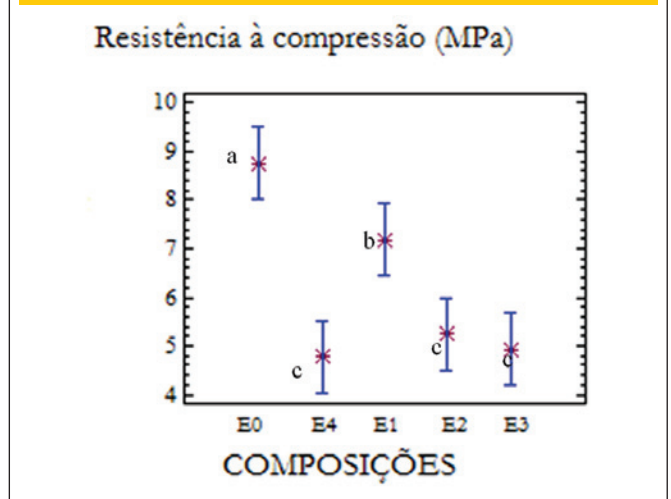
Classe B – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Classe C – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Classe D – Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Pode-se observar que, para todas as misturas de concreto utilizadas na fabricação dos blocos os valores de resistência à com-

**Figura 12 – Média de Resistência à compressão aos 28 dias**



pressão estão dentro das limitações da norma brasileira para o emprego como elemento de alvenaria.

Os blocos executados com os traços de referência E0 e o traço E1, apresentaram resistência acima de 6 MPa aos 28 dias, podendo ser classificados na “classe A” e os demais traços atendem as características de resistência da “classe B”.

Os resultados de resistência à compressão simples aos 14 dias foram analisados estatisticamente por meio de Análise de Variância – ANOVA, em função do fator porcentagem de substituição do agregado natural por RCD. Aos 14 dias de idade (R14), o fator porcentagem de substituição é estatisticamente significativo ao nível de 95% de significância (pvalue = 0,0025).

Através do procedimento de múltipla comparação [Tabela 3] aplicado em função do fator porcentagem de substituição, observam-se três grupos estatisticamente diferentes, estes grupos são indicados pelas letras a, b e c no gráfico da Figura 11, que apresenta a resistência média dos blocos aos 14 dias.

Os resultados de resistência à compressão simples aos 28 dias foram analisados estatisticamente por meio de Análise de Variância – ANOVA, em função do fator porcentagem de substituição do agregado natural por RCD.

Aos 28 dias de idade (R28), o fator porcentagem de substituição é estatisticamente significativo ao nível de 95% de significância (pvalue = 0,0025).

Através do procedimento de múltipla comparação [Tabela 4] aplicado em função do fator porcentagem de substituição, observam-se três grupos estatisticamente diferentes, estes grupos são indicados pelas letras a, b e c no gráfico da Figura 12, que apresenta a resistência média dos blocos aos 28 dias.

Pelas análises estatísticas com múltipla comparação dos resultados de resistência à compressão dos blocos de concreto, apresentadas nas Tabelas 3 e 4, e Figuras 11 e 12, observa-se que, para os traços com substituição de 50%, 80% e 100% de agregados naturais pelo RCD, os valores de resistência à compressão não diferem entre si estatisticamente, com menos de 5% de significância, aos 14 dias e também aos 28 dias de idade.

Para os corpos-de-prova cilíndricos de concreto a resistência à compressão limita a incorporação de RCD em 50%.

A substituição de 50% de agregado natural por resíduo de construção reciclado permitiu a obtenção de blocos com resistência à compressão que atendem a especificação da NBR6136:2007[22] para a classe B.

Quanto à absorção de água dos blocos de concreto, de acordo com a NBR6136:2007[22], o teor aceito para blocos vazados de concreto utilizando agregados normais, deve ser menor ou igual a 10%. Dessa forma nota-se que, para todas as dosagens estudadas dos blocos de concreto este quesito é atendido.

#### 4. Conclusões

Para as misturas de concreto, sem e com resíduos de construção civil, empregadas na fabricação de blocos, estudados nesta pesquisa, pôde-se notar que:

- Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos-de-prova cilíndricos mostraram que é possível substituir parcialmente os agregados naturais pelos reciclados de RCD na fabricação de concretos;
- A absorção de água dos blocos de concreto e dos corpos-de-prova aumenta de acordo com a incorporação crescente de agregados reciclados de RCD, mas ambas atendem os limites da norma brasileira para todas as dosagens estudadas;
- Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos blocos comprovam a viabilidade técnica do produto para utilização como elemento de alvenaria dentro do setor da construção civil.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio humano e material oferecido pelo Laboratório de Materiais de Construção e Estruturas da Faculdade de Engenharia Civil da PUC-CAMPINAS, onde os ensaios foram realizados.

#### 6. Referências bibliográficas

[01] BOLDRIN, A. J.; MACHADO, R. L.; CAMPOS, M. A.;

LINTZ, R. C. C. Estudo das Propriedades Mecânicas do Concreto com Resíduos de Construção e Demolição Empregados na Produção de Blocos de Concreto. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 48º, Rio de Janeiro, 2006, Anais, 48CBC0237.

[02] OLIVEIRA, D.F.; SANTOS, V.S.; LIRA, H.L.; MELO, A.B.; NEVES, G.A. Durabilidade de compósitos de concreto de cimento portland produzidos com agregados reciclados da construção civil. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.1, n.2, 2006; p.30-36.

[03] LEVY, S. M.; HELENE, P.R.L. Utilização de Agregados Reciclados de Concreto Para Produção de Novos Concretos. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 48º, Rio de Janeiro, 2006, Anais, 47CBC0488.

[04] JOHN, V. M.; Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento, São Paulo, 2000, Tese (livre docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 102 p.

[05] FARIAS, R. S.; LIMA, F. B.; VIEIRA G. L.; BARBOZA, A. S. R.; GOMES, P. C. C. Análise de propriedades de resistência à compressão e módulo de elasticidade em prismas de blocos de concreto produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 47º, Pernambuco, 2005, Anais, 47CBC0398.

[06] BASTOS, G. D. A.; BASTOS, I. D. A.; FIOR, L.; HILDEBRAND, L.; CERRI, J. A.; ARAÚJO M. S. Desenvolvimento em escala industrial de composições para blocos de solo-cimento utilizando fração cerâmica de entulho da construção civil – Um estudo de caso. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, São Paulo, 2004, Anais, v. 1. p. 18-21.

[07] AJDUKIEWICZ, A. e KLISZCZEWICS, A. Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. Cement and Concrete Composites, v.24, 2002; p. 269-279.

[08] BUTTLER, A. M.; PRADO, D. M.; CORRÊA, M. R. S. (3); RAMALHO, M. A. Blocos Estruturais de Concreto Com Agregados Reciclados de Concreto – Caracterização das Propriedades Físicas. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis, 2006, Anais, p. 3540-49.

[09] FONSECA, F. B.; JUNIOR E. F. M. Desempenho Estrutural de Paredes de Alvenaria de Blocos de Concreto Com Agregados Reciclados de Rejeitos de Construção e Demolição. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 44º, Belo Horizonte, 2002, Anais.

[10] DAFICO, D.A.; SILVA, A.L.A.; CALIXTO, R.J. Blocos de Concreto a Partir de Entulho de Construções: Influência do Modo de Preparo das Misturas. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 47º, Recife, 2005, Anais, 47CBC0400.

[11] ANGULO, S. C. ; JOHN, V. M. . Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e

- demolição reciclados para concretos e a variabilidade. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 2002, Anais, p. 1613-1624.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente - NBRNM52, Rio de Janeiro, 2009.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água - NBRNM53, Rio de Janeiro, 2009.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios - NBRNM45, Rio de Janeiro, 2006.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado para concreto - Especificação - NBR 7211, Rio de Janeiro, 2009.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - NBR5739, Rio de Janeiro, 2007.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos - NBR7222, Rio de Janeiro, 1994.
- [18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica - NBR9778, Rio de Janeiro, 2009.
- [19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio - NBR12118, Rio de Janeiro, 2007.
- [20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova - NBR5738, Rio de Janeiro, 2008.
- [21] LINTZ, R. C. C.; SIMONETTI, F. C. incorporação de resíduos de construção em compósitos de cimento empregados na fabricação de blocos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECiMat, 18º, Porto de Galinhas, 2008, Anais, p. 213-222.
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos - NBR6136, Rio de Janeiro, 2007.