

CAPÍTULO 38

UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS DE RCD EM SUBSTITUIÇÃO TOTAL AOS NATURAIS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETOS ADENSADOS DE FORMA MANUAL E MECÂNICA

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081138

SARTORE; IGOR CARLESSO[1]; PAULINO; RAFAELLA SALVADOR[2]; TORALLES; BERENICE MARTINS[3]
[123]UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
RAFAELLASPAULINO@GMAIL.COM

RESUMO: A reutilização de RCD tem sido uma alternativa sustentável na indústria da construção civil. Este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade do uso de blocos de concreto fabricados com a incorporação de agregados de RCD em substituição total aos naturais. Foram produzidos blocos de dimensões de 19 x 19 x 39 cm, segundo os procedimentos de moldagem manual e mecânica, submetidos aos ensaios de absorção de água e resistência à compressão. Os resultados mostraram que os blocos fabricados de forma mecânica obtiveram melhor desempenho, podendo ser utilizados em alvenarias não estruturais com resistência superior a 2,0 MPa.

PALAVRAS-CHAVES: ENARC2021, sustentabilidade, reciclagem, agregados reciclados, vedação.

ABSTRACT: The reuse of RCD has been a sustainable alternative in the construction industry. This work had as objective to verify the viability of the use of concrete blocks manufactured with the incorporation of aggregates of RCD in total substitution to the natural ones. Blocks of dimensions 19 x 19 x 39 cm were produced, according to manual and mechanical molding procedures, subjected to water absorption and compression resistance tests. The results showed that the blocks manufactured mechanically had a better performance, being able to be used in non-structural masonry with resistance greater than 2.0 MPa.

KEYWORDS: ENARC2021, sustainability, recycling, recycled aggregates, sealing.

1 | INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da construção civil é responsável pela transformação do ambiente natural em ambiente construído. Embora este setor seja considerado um dos setores mais tradicionais, ainda apresenta alto consumo de matérias-primas e é considerado um dos que mais polui o meio ambiente (PASSUELLO, 2014; MELLO, AMORIM, 2009)[1, 2]. Os resíduos de construção e demolição (RCD) são definidos como todo rejeito oriundo das etapas necessárias para a construção civil, os quais, muitas vezes, são despejados de forma irregular, através de bota-fora clandestino, em margens de rios, córregos e em terrenos baldios, o que pode gerar problemas de contaminação no solo e na água subterrânea (LEITE, 2001; BARROS, FACULE, 2016)[3,4]. No Brasil, a importância do gerenciamento destes resíduos é abordada na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 307 (BRASIL, 2002)[5], que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos por meio de diretrizes, critérios e procedimentos para sua gestão (BARROS;

FACULE, 2016)[4]. Para minimizar o impacto ambiental provocado pelas construções, a reciclagem surge como uma das soluções para o controle do descarte excessivo de resíduos pelas indústrias e construtoras, assim como para evitar o acúmulo de lixo, principalmente em locais inadequados (JOHN; AGOPYAN, 2000; LOMASSO, 2015)[6,7].

Gomes et al. (2017)[8] a partir de seus estudos, confirmou a viabilidade de se produzir blocos de concreto estruturais com agregados reciclados oriundos do processo de produção desses blocos, os quais atenderam aos requisitos de resistência à compressão da ABNT NBR 6136:2016[9]. Os resultados da pesquisa de Souza, Soriano e Patino (2018)[10] mostraram que os blocos produzidos com a substituição de 80% do agregado miúdo por agregados oriundos do resíduo de tijolos cerâmicos apresentaram um elevado desempenho mecânico e comprovada viabilidade econômica. Guo *et al.* (2018)[11], demonstraram em sua pesquisa que é possível utilizar agregados reciclados de concreto para produção de blocos para construção civil, destacando os benefícios ambientais que esta medida traz. Zhao et al. (2020)[12] destaca que esta é uma rota de desenvolvimento interessante para diminuir o impacto ambiental da produção de blocos de concreto.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo verificar a viabilidade de fabricação e uso de blocos de concreto com a incorporação de RCD, compactados de forma manual e em mesa vibratória, a fim de ser uma alternativa sustentável de aplicação do material que contribua com a sustentabilidade na indústria da construção civil.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização dos materiais

O cimento utilizado para produção dos blocos foi do tipo Portland CP V-ARI, visando a evolução mais rápida das resistências do concreto às primeiras idades, para que a integridade na desforma e durante a movimentação da peça fosse garantida. Os RCD utilizados foram provenientes da reforma realizada na Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) na Universidade Estadual de Londrina (Figura 1). Foi realizada a triagem dos RCD, seguida de trituração em um britador de mandíbulas, obtendo-se duas frações distintas: uma composta por agregados maiores que 4,8mm e outra por agregados menores que 4,8mm.



Figura 1 – Resíduos de RCD oriundos da UEL.

Fonte: Os autores (2018).

Os ensaios realizados para a caracterização dos agregados de RCD, de acordo com as prescrições das normas técnicas, foram: determinação da composição granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003)[13]; determinação da massa unitária (ABNT NBR NM 45:2006) [14]; determinação da massa específica dos agregados miúdos (ABNT NBR NM 52:2009) [15]e graúdos (ABNT NBR NM 53:2009)[16]; teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46:2003)[17]; absorção de água dos agregados miúdos (ABNT NBR NM 30:2001)[18]e graúdos (ABNT NBR NM 53:2009)[16].

2.2 Produção do concreto

Preliminarmente à fabricação dos blocos, foram estudados diferentes traços de concreto, a partir de um traço referência baseado na literatura, substituindo-se totalmente os agregados naturais por agregados de RCD. O traço de referência foi ajustado (Traço 1), devido a ocorrência de exsudação no momento de moldagem dos corpos de prova, e a partir deste foram estudados outros dois traços (Traços 2 e 3), variando-se as quantidades de agregados graúdo e miúdo reciclados, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 1.

Nomenclatura	Cimento : Areia : Pedrisco : a/c
Traço Ref.	1,00 : 5,00 : 3,08 : 0,98
Traço 1	1,00 : 4,70 : 2,20 : 1,05
Traço 2	1,00 : 4,70 : 1,85 : 0,99
Traço 3	1,00 : 5,48 : 2,20 : 1,07

Tabela 1 – Traços dos concretos estudados (em massa).

A partir dos traços estabelecidos, os concretos foram produzidos utilizando-se betoneira de eixo inclinado. Moldaram-se quatro corpos de prova de dimensões de 10x20 cm para cada traço, segundo as recomendações da NBR 5738:2015[19]. No estado endurecido, os concretos foram avaliados quanto à massa específica e resistência à compressão axial, aos 3, 7, e 28 dias, conforme as normas ABNT NBR 9778:2009[20] e ABNT NBR NM 5739:2007[21], respectivamente.

2.3 Produção dos blocos

Procedeu-se a produção dos blocos de concreto utilizando-se o Traço 1 ajustado para 1:4,85:2,20:0,87, com redução da quantidade de água devido à consistência elevada e aumento da quantidade de finos, visando melhoria no acabamento da superfície da peça. Utilizando-se o concreto de RCD, moldaram-se doze blocos de RCD de forma manual e outros doze, com compactação em mesa vibratória, todos na dimensão de 19x19x39cm, enquadrando-os na família M-20, segundo a ABNT NBR 6136:2016[9]. A moldagem manual foi realizada da seguinte maneira: enchimento parte inferior da forma com concreto (Figura 2a), posicionamento da parte superior da forma, comprimindo a massa de concreto (Figura 2b), remoção da parte inferior da forma (base) através do apoio nas aletas laterais da parte superior da mesma (Figura 2c). A compactação foi realizada por um único operador, a fim de minimizar efeitos de variação da energia.

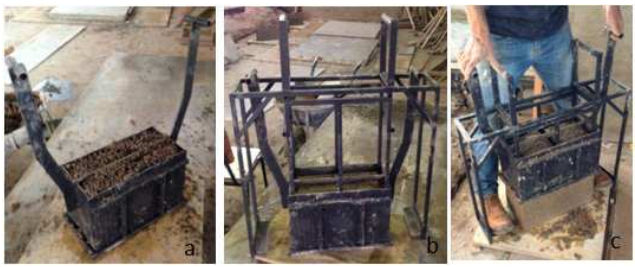

Figura 2 – Parte inferior da forma preenchida com concreto até a superfície.

Fonte: Os autores (2018).

A compactação em mesa vibratória se deu com preenchimento da forma com concreto em duas camadas, seguido da vibração da forma na mesa, em dois ciclos de 4s a 6s. Foi feito o posicionamento da parte superior da forma e realizou-se o último ciclo de vibração da mesa, e por fim, a desforma de forma análoga ao primeiro procedimento. Após a desmoldagem foram tomados os devidos cuidados no transporte e manuseio dos blocos recém-fabricados, os quais foram colocados em ambiente protegido e curados com aspersão de água durante os dois primeiros dias. Entre 3 e 28 dias os blocos foram curados ao ar, em ambiente de laboratório, até o momento da realização dos ensaios de caracterização.

2.4 Ensaios de caracterização

Os blocos de RCD foram submetidos aos ensaios para determinação do índice de absorção de água aos 28 dias e da resistência à compressão axial, aos 3, 7 e 28 dias de idade, seguindo as prescrições da ABNT NBR 12118:2013[(22)].

3 | APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1 Agregados de RCD

Os resultados de caracterização física dos agregados de RCD estão apresentados na Tabela 2.

Ensaios realizados	A.M.	A.G.
Módulo de finura	2,74	5,89
Dimensão máxima característica (mm)	4,75	9,60
Massa unitária (g/cm³)	1,33	1,10
Massa específica (g/cm³)	2,47	2,29
Teor de material pulverulento (%)	2,50	3,50
Absorção de água (%)	5,50	7,00

Tabela 2 – Índices físicos dos agregados de RCD.

Os valores de dimensão máxima característica (DMC) apresentados na Tabela 2 mostram que o agregado graúdo está compreendido dentro do limite estabelecido pela ABNT NBR 6136:2016[9], que recomenda que este valor não ultrapasse metade da menor espessura da parede do bloco, neste caso, de 20mm, tendo em vista o valor mínimo aceitável para a família M-20 ser de 15mm. Estudos mostram que as massas específicas e unitárias dos agregados de RCD são em torno de 5 a 10% mais baixos que os valores dos agregados naturais, podendo os números variarem um pouco de acordo com a origem e granulometria do material (LINTZ *et al.*, 2012)[23]. Os teores de material pulverulento dos agregados de RCD apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela norma de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil, não ultrapassando 10% para o agregado miúdo e 20%, para o graúdo.

3.2 Concretos de RCD

Os resultados dos ensaios de caracterização dos concretos de RCD encontram-se na Tabela 3.

Ensaios	Ref.	Traço 1	Traço 2	Traço 3
Massa específica (kg/m³)	1800	1780	1830	1790
Resistência à compressão aos 7 dias (MPa)	3,70	6,25	6,80	3,55

Tabela 3 – Caracterização do concreto.

Os valores de massa específica apresentados na Tabela 3 indicam, para os três traços, que o concreto produzido com RCD pode ser caracterizado como leve, de acordo com a classificação da ABNT NBR 12655:2015[24] uma vez que possuem massa específica inferior a 2000 kg/m³. Isso ocorre, possivelmente, devido à menor massa especifica dos agregados reciclados que o compõem, bem como por um maior teor de vazios incorporado ao concreto. Com relação à resistência à compressão, os resultados apresentados mostram que os concretos de traços 1 e 2 obtiveram desempenhos mais satisfatórios e isto justifica o fato do traço 1 ter sido escolhido para a produção dos blocos, tendo em vista possuir ainda menor consumo de cimento (310,81 kg/m³) que o traço 2 (323,62kg/m³). Os baixos valores de resistência à compressão dos concretos podem ser justificados pelo aumento na quantidade de água de amassamento necessária para a produção dos concretos, uma vez que há diminuição da trabalhabilidade devido possivelmente às irregularidades de formatos dos agregados de RCD, advindas do processo de fabricação pela britagem de resíduos maiores, que conduzem a diferentes áreas superficiais e à sua elevada absorção de água (LINTZ *et* al., 2012; GONÇALVES, 2011)[23,25].

3.3 Blocos de RCD

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão axial dos blocos de RCD, compactados de forma manual e em mesa vibratória.

Idade	Forma Manual			Mesa Vibratória		
	Resist. (MPa)	Desv. Pad.	CV (%)	Resist. (MPa)	Desv. Pad.	CV (%)
3 dias	0,45	0,06	14,30	1,17	0,06	4,95
7 dias	0,56	0,08	14,01	1,57	0,15	9,75
28 dias	0,66	0,06	8,57	2,07	0,21	10,07

Tabela 4 – Resultados do ensaio de resistência à compressão aos 3, 7 e 28 dias.

Analisando-se os resultados de resistência à compressão aos 28 dias, verifica-se que apenas os blocos fabricados em processo mecânico atendem os requisitos da ABNT NBR 6136:2016[9], enquadrando-se na Classe D, como blocos de concreto para uso em alvenarias não estruturais com resistência superior a 2,0 MPa. Os resultados também demonstraram que a resistência à compressão dos blocos conformados de forma mecânica apresentou valores superiores aos fabricados de forma manual, isto ocorre, possivelmente devido à energia de compactação utilizada na vibração, sendo o desempenho da vibro-prensa responsável pela qualidade final dos elementos fabricados (FRASSON JUNIOR, 2000)[26].

Relacionado à absorção de água, os blocos de concreto de RCD apresentaram o valor médio de 16,0%, o qual encontra-se um pouco acima do limite especificado pela norma ABNT NBR 6136:2016[9], que admite um valor médio máximo de 13,0%. No entanto, analisando-se de forma individual, alguns blocos se enquadrariam na especificação da norma, que admite um valor máximo de 16,0%. Os altos valores de absorção de água podem estar relacionados, possivelmente, às características dos agregados reciclados que constitui os blocos, em especial à maior absorção de água dos mesmos em comparação aos naturais, pois geralmente apresentam argamassa e materiais cerâmicos aderidos à sua superfície (LEITE, 2001)[3].

4 | CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu concluir que a heterogeneidade do RCD pode afetar diretamente as propriedades físicas, mecânicas e visuais das peças, e que o processo de produção dos blocos é um fator limitante para se obterem resultados positivos. Verificou-se que apenas os blocos de RCD fabricados com compactação em mesa vibratória podem ser utilizados para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, sem função estrutural, classificados como Classe D, segundo a ABNT NBR 6136:2016[9]. Concluiu-se ainda que a reutilização de RCD para a produção de blocos de concreto dentro do processo produtivo de uma Universidade mostra-se como grandioso, uma vez que alia as vertentes sustentável e econômica, reduzindo os custos com deposição de resíduos e propiciando o reuso como matéria-prima de um novo produto, de valor agregado.

REFERÊNCIAS

1. PASSUELLO, A. C. B. et al. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 7–20, 2014.

2. MELLO, L. C. B. DE B.; AMORIM, S. R. L. DE. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Production**, v. 19, n. 2, p. 388–399, 2009.

3. LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

4. BARROS, E.; FUCALE, S. O Uso De Resíduos Da Construção Civil Como Agregados Na Produção De Concreto. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1, 2016.

5. BRASIL. Resolução **CONAMA Nº 307**, de 5 de julho de 2002, Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, de 17 de jul. de 2002, Brasília, DF, seção1, páginas 95-96. p. 95–96, 2002.

6. JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. p. 12, 2000.

7. LOMASSO, A. L. et al. Estudo De Caso No Centro Mineiro De Referência Em Resíduos (CMRR). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, p. 1–18, 2015.

8. GOMES, P. C. C. et al. Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 267–280, 2017.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136** - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

10. SOUZA, M. F. DE; SORIANO, J.; PATINO, M. T. O. Resistência à compressão e viabilidade econômica de blocos de concreto dosado com resíduos de tijolos cerâmicos. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, n. 3, 2018.

11. GUO, Z. et al. Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of concrete building blocks incorporating recycled concrete aggregates. **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 136–149, 2018.

12. ZHAO, Z. et al. Use of recycled concrete aggregates from precast block for the production of new building blocks: An industrial scale study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 157, n. February, 2020.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados -Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios," *Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778** - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

21. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118** - Blocos vazados de concretos simples para alvenaria - Metódos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

23. LINTZ, R. C. C.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; L. A., GACHET-BARBOSA. Study of the reuse of construction residues in concrete employed by blocks manufacture. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 2, p. 166–181, 2012.

24. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

25. GONÇALVES, R. D. C. **Agregados Reciclados De Resíduos De Concreto - Um Novo Material Para Dosagens Estruturais**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

26. FRASSON JUNIOR, A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** Dissertação de mestrado, 146 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.