

Blocos de Concretos de RCD sem Função Estrutural prensados de Forma Manual e Mecânica

RCD Concrete Blocks without Structural Function pressed manually and mechanically

Caio Vinicius Carvalho Trindade de Souza ¹  orcid.org/0000-0002-1312-1421

Rafaella Salvador Paulino ²  orcid.org/0000-0002-4881-114X

Berenice Martins Toralles ³  orcid.org/0000-0001-8828-7250

¹²³ Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná Brasil,

¹²³ Departamento de Construção Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

E-mail do autor principal: **Rafaella Salvador Paulino** rafaellaspaolino@gmail.com

Resumo

A utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) como matéria-prima para a fabricação de outros materiais, de modo a minimizar os impactos causados devido à sua deposição, tem sido uma alternativa sustentável dentro do setor da construção civil. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo verificar a viabilidade do uso de blocos de concreto fabricados com a incorporação de RCD, em substituição total aos agregados naturais, para fins de vedação de edificações. Para isso, foram produzidas as unidades de blocos de dimensões de 19 x 19 x 39 cm, segundo os procedimentos de moldagem manual e compactação em mesa vibratória, os quais foram submetidos aos ensaios para determinação da absorção de água e resistência à compressão axial, aos 3, 7 e 28 dias, de acordo com a normativa técnica. Os resultados obtidos mostraram que os blocos fabricados de forma mecânica obtiveram melhor desempenho em comparação ao processo manual, enquadrando-se na Classe D, segundo a classificação da NBR 6136 (ABNT, 2016), como blocos de concreto para uso em alvenarias não estruturais com resistência superior a 2,0 MPa. Concluiu-se que os blocos de RCD apresentam-se como uma alternativa de produção e uso sustentável, quando fabricados pelo processo mecânico.

Palavras-Chave: Resíduos, Reciclagem; Agregados reciclados; Vedação.

Abstract

The use of construction and demolition waste (RCD) as raw material for the manufacture of other materials, in order to minimize the impacts caused by its deposition, has been a sustainable alternative within the construction sector. In this sense, this study aimed to verify the feasibility of using concrete blocks manufactured with the incorporation of RCD, in total substitution to natural aggregates, for the purpose of sealing buildings. For this, units of blocks of dimensions 19 x 19 x 39 cm were produced, according to the procedures of manual molding and compacting on a vibrating table, which were subjected to tests to determine water absorption and resistance to axial compression, to 3, 7 and 28 days, according to technical regulations. The results obtained showed that the blocks manufactured mechanically obtained better performance in comparison to the manual process, falling into Class D, according to the classification of NBR 6136 (ABNT, 2016), as concrete blocks for use in non-structural masonry with resistance greater than 2.0 MPa. It was concluded that the RCD blocks are presented as an alternative of production and sustainable use, when manufactured by the mechanical process.

Key-words: Waste, Recycling; Recycled aggregates; Seal.

1 Introdução

A cadeia produtiva da construção civil é responsável pela transformação do ambiente natural em ambiente construído, o qual precisa ser permanentemente renovado. 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 [1, 2].

Os resíduos de construção e demolição (RCD) gerados neste setor, são definidos como todo rejeito oriundo das etapas necessárias para a construção civil, como a infraestrutura, reformas, reparos, demolições, assim como fragmentos e restos de areia, material cerâmico, aço, madeira, entre outros [3], os quais, muitas vezes, são despejados de forma irregular.

Em grande parte dos municípios brasileiros, o descarte desses resíduos ocorre através de botafora clandestino, em margens de rios, córregos e em terrenos baldios, o que pode gerar problemas de contaminação no solo e na água subterrânea [4, 5]. No Brasil, a importância do gerenciamento destes resíduos é abordada na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 307 [5], que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos por meio de diretrizes, critérios e procedimentos para sua gestão [4].

O principal e mais visível impacto da correta reciclagem dos resíduos é o prolongamento da vida útil das reservas naturais nas quais se baseiam a construção civil. Mesmo sendo uma atividade responsável pelo exacerbado consumo de recursos naturais, esse setor da engenharia apresenta um grande potencial para o reaproveitamento dos recursos sólidos [6].

2 Blocos de Concreto com Resíduos

O conceito de sustentabilidade como a busca de um equilíbrio entre proteção ambiental, justiça social e viabilidade econômica é um tema bastante discutido, dada a demanda crescente de novas moradias e os novos padrões e requisitos de qualidade impostos pela sociedade [6], o que induz o setor a buscar alternativas para alcançar a sustentabilidade em forma de inovações, seja de materiais, políticas ou gestão.

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 [7]. Desse modo, tendo em vista a alta demanda por blocos de concreto na construção civil associada ao grande volume de resíduos gerados na construção civil, surge a possibilidade de produção de novos blocos utilizando agregados provenientes de RCD [3].

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 NBR 6136 [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.

Lintz et al. (2012) [13] apontaram o grande potencial do aproveitamento de RCD em substituição aos agregados naturais para fabricação de materiais à base de concreto como os blocos e concluíram que os resultados de resistência à compressão dos blocos de concreto são influenciados pelas porcentagens crescentes de RCD na mistura. Soutsos, Tang e Millard (2011) [14] verificaram que as características físicas dos agregados de RCD podem afetar adversamente as propriedades mecânicas dos blocos, no entanto, em teores adequados podem não conferir efeitos prejudiciais significativos na resistência à compressão dos blocos.

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

3 Materiais e Métodos

3.1 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. As suas especificações, de acordo com o fabricante, constam na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades físicas e químicas do Cimento CP V-ARI.

Nome	Dimensão	Unidade	
Tempo de início de pega	≥ 1	horas	
MgO	≤ 6,5	%	
Perda ao fogo	≤ 4,5		
Resíduo insolúvel	≤ 1,0		
So ₃	-	MPa	
Resistência à compressão	1 dia		≥14,0
	3 dias		≥24,0
	7 dias		≥34,0
	28 dias	-	

Fonte: o fabricante.

Os RCD utilizados foram provenientes da reforma realizada na Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) na Universidade Estadual de Londrina (Figura 1). Primeiramente, 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 (fração graúda) e outra por agregados menores que 4,8mm (fração miúda).



Figura 1: Resíduos de RCD oriundos da UEL. Fonte: 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) [15]; determinação da massa unitária (ABNT NBR NM 45, 2006) [16]; determinação da massa específica dos agregados miúdos (ABNT NBR NM 52, 2009) [17] e graúdos (ABNT NBR NM 53, 2009) [18]; teor de material pulverulento (ABNT NBR NM 46, 2003) [19]; absorção de água dos agregados miúdos (ABNT NBR NM 30, 2001) [20] e graúdos (ABNT NBR NM 53, 2009) [18].

3.2 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) 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 2.

Tabela 2: Traços dos concretos estudados.

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

A partir dos traços estabelecidos, concretos foram produzidos utilizando-se betoneira de eixo inclinado, os quais foram avaliados, no estado fresco, quanto o índice de consistência, de acordo com a NBR NM 9833 [21]. Moldaram-se então quatro corpos de prova de dimensões de 10x20 cm para cada traço, segundo as recomendações da NBR 5738 [22], e 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 NBR 9778 [23] e NBR NM 5739 [24], respectivamente.

3.3 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. A Tabela 3 apresenta o consumo de materiais utilizado para a produção dos blocos.

Tabela 3: Consumo de materiais para produção dos blocos.

Traço 1 ajustado	
Cimento (kg)	24,86
Areia (kg)	120,57
Pedrisco (kg)	54,69
Água (l)	21,62

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 NBR 6136 [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) ataravés 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.

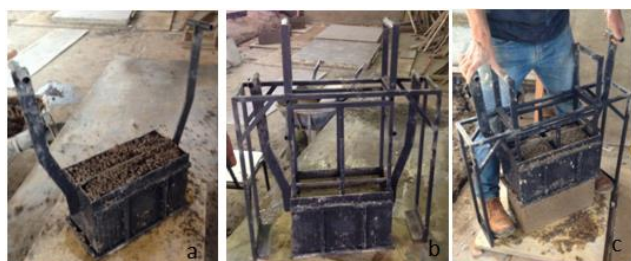


Figura 2: Parte inferior da forma preenchida com concreto até a superfície.
Fonte: Autores (2018).

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, onde ficaram protegidos das intempéries até o momento da realização dos ensaios de caracterização.

3.4 Ensaios de Caracterização dos Blocos

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 NBR 12118 [25].

Para a determinação da resistência mecânica, os blocos foram capeados nas duas faces com uma pasta de cimento CP V-ARI, de espessura inferior a 3 mm. Após 24 horas da aplicação da regularização, os blocos foram imersos em água por mais 24 horas, sendo posteriormente a esse período ensaiados.



Figura 3: Capeamento de uma face do bloco com pasta de cimento.
Fonte: Autores (2018).

Para a execução do ensaio, foram colocadas placas rígidas monolíticas de espessura igual a 50mm para dar apoio aos blocos na prensa. O posicionamento e marcações das placas foram feitos de modo que, ao posicionar os blocos sobre as placas, o centro da prensa coincidissem com o centro geométrico do bloco, conforme Figura 4.



Figura 4: Posicionamento das bases rígidas e do bloco para ensaios à compressão.
Fonte: Autores (2018).

Os blocos foram submetidos à aplicação de uma carga de compressão axial, de $0,05 \pm 0,01$ MPa/s, na direção paralela aos eixos dos furos, conforme determina a NBR 12118 [25], até a ruptura dos mesmos.

4 Resultados e Discussões

4.1 Agregados de RCD

Os resultados de caracterização física dos agregados de RCD estão apresentados na Tabela 4 e as suas curvas granulométricas, com limites de distribuição, conforme a NBR 7211 [26], nas Figuras 5 e 6.

Tabela 4: Índices físicos dos agregados de RCD.

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

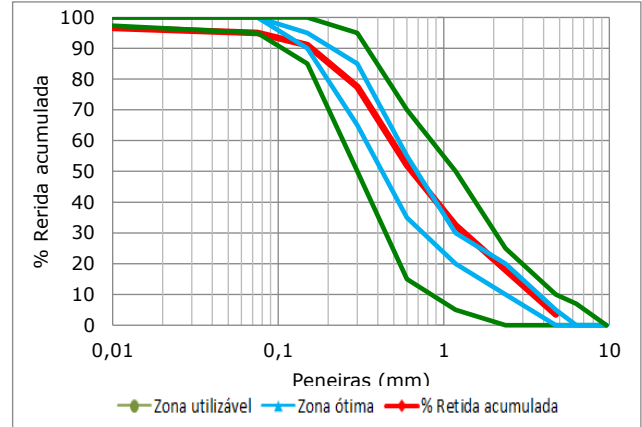


Figura 5: Curva granulométrica do agregado miúdo de RCD.
Fonte: Autores (2018).

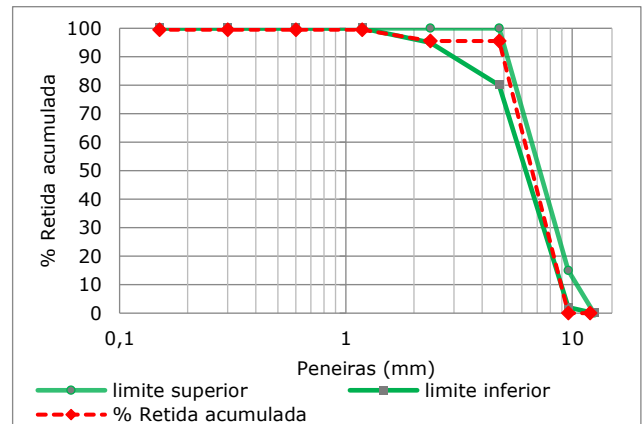


Figura 6: Curva granulométrica do agregado graúdo de RCD.
Fonte: Autores (2018).

Verifica-se, analisando-se as curvas granulométricas das Figuras 5 e 6, que as amostras de agregados de RCD encontram-se dentro dos limites superior e inferior de porcentagens retidas acumuladas dispostas na NBR 7211 [26], classificando-os, de acordo com o módulo de finura, em areia média e brita 0 ou pedrisco.

Os valores de dimensão máxima característica (DMC) apresentados na Tabela 4, mostram que o agregado graúdo está compreendido dentro do limite estabelecido pela NBR 6136 [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.

Os valores de massa específica dos agregados de RCD desta pesquisa aproximam-se dos apresentados por Barros e Fucale (2016) [4]. 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 [13]. Gonçalves (2001) [27] verificou, em seus estudos, uma redução de 7% da massa unitária do agregado de RCD em comparação com o natural.

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 [28], não ultrapassando 10% para o agregado miúdo e 20%, para o graúdo.

Com relação a absorção de água, esta é uma das características que mais difere o agregado reciclado do natural e tende a variar de acordo com o material que deu origem aos resíduos [3]. Barros, Fucale (2016) [4] encontraram valores de absorção de água igual a 10,0% para o agregado miúdo reciclado, enquanto que o agregado miúdo natural apresentou absorção de água igual a 0,2%.

4.2 Concretos de RCD

Os resultados dos ensaios de caracterização dos concretos de RCD encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5: Caracterização do concreto.

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

Os valores de massa específica apresentados na Tabela 5 indicam, para os três traços, que o concreto produzido com RCD pode ser caracterizado como leve, de acordo com a classificação da NBR 12655 [29], uma vez que possuem massa específica inferior a 2000 kg/m³. Isso ocorre, possivelmente, devido à menor massa específica dos agregados reciclados que o compõem, bem como por um maior teor de vazios incorporado ao concreto. Latterza (1998) [28] por meio de estudos, concluiu que, para os concretos com 100% de agregados de reciclagem e com DMC de 9,5mm, a redução da massa específica do concreto no

estado fresco chega a 4% quando comparada ao concreto convencional.

Com relação à resistência à compressão, os resultados apresentados na Tabela 5 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 [13].

Estudos analisaram a influência das frações miúda e graúda do agregado reciclado de resíduos de concreto nas propriedades do concreto fresco [27] e concluíram que esta grande perda de trabalhabilidade pode ser ocasionada devido a elevada absorção de água dos agregados reciclados.

4.3 Blocos de RCD

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão axial dos blocos de RCD, compactados de forma manual e em mesa vibratória, os quais podem ser melhor visualizados na Figura 7.

Tabela 6: Resultados do ensaio de resistência à compressão aos 3, 7 e 28 dias.

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

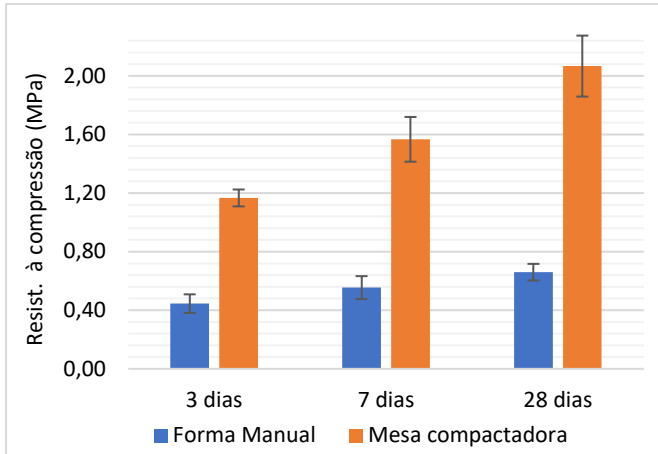


Figura 7: Evolução da resistência à compressão.
Fonte: Autores (2018).

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 NBR 6136 [9], enquadrando-se na Classe D, como blocos de concreto para uso em alvenarias não estruturais com resistência superior a 2,0 MPa.

Zhao et al. (2020) [12] relacionou o fato dos blocos produzidos com agregados reciclados possuírem resistências mecânicas mais baixas que os convencionais, ao fato das propriedades físicas destes agregados serem inferiores às dos naturais, devido a possibilidade de presença de pasta de cimento aderente, que acarreta a uma maior porosidade dos mesmos.

Os resultados também demonstraram que a resistência à compressão dos blocos conformados de forma mecânica, em mesa vibratória, apresentou valores superiores aos fabricados de forma manual. Aos 3 dias, o valor da resistência à compressão para o primeiro procedimento é igual a aproximadamente 38% daquele apresentado para o segundo. Aos 07 dias, este valor corresponde a 36% e aos 28 dias, à 32%.

A qualidade do maquinário e da tecnologia no processo produtivo dos blocos de concreto está diretamente ligada aos resultados finais esperados, uma vez que a resistência dos blocos é proporcional à energia de compactação utilizada na vibração, sendo o desempenho da vibro-prensa responsável pela qualidade final dos elementos fabricados [30].

Devido a isto, os blocos fabricados pelo procedimento de compactação em mesa vibratória (Figura 8-1) apresentaram menor porosidade e maior compactidade das partículas constituintes do concreto. Já pelo método manual (Figura 8-2), os blocos apresentaram maior porosidade e textura superficial irregular, o que pode ter sido ocasionado, possivelmente, pelo pouco espalhamento da pasta de cimento, acarretando na formação rebarbas durante a desmoldagem.



Figura 8: Blocos de compactação em mesa vibratória (1) e forma manual (2).
Fonte: Autores (2018).

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 NBR 6136 [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 [3].

5. 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 NBR 6136 [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 8 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] 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.
- [14] SOUTSOS, M. N.; TANG, K.; MILLARD, S. G. Concrete building blocks made with recycled demolition aggregate. *Construction and Building Materials*, v. 25, n. 2, p. 726–735, 2011.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [16] 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.

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

[18] 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.

[19] 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.

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

[21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9833 - Concreto Fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pela método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

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

[23] 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.

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

[25] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118 - Blocos vazados de concretos simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[26] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

[27] 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.

[28] LATTERZA, L. D. M. Concreto com Agregado Graúdo Proveniente da Reciclagem de Resíduos de Construção e Um Novo Material para Fabricação de Painéis Leves de Vedação. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

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

[30] 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.