

## **Análise das características físicas e propriedades mecânicas de blocos de concreto com uso de resíduos de construção e demolição (RCD)**

Weliton Kammer Daniel (1), Jorge Henrique Piva (2), Elaine Guglielmi Pavei Antunes (3)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) weliton\_kammer@hotmail.com, (2) jhpiva@gmail.com, (3) elainegpa@unesc.net

**Resumo:** Os resíduos de construção e demolição são responsáveis por um significativo volume do total de resíduos sólidos urbanos, sendo aproximadamente 45 milhões de toneladas em 2017, gerados pela população. A adoção do mesmo como agregado para utilização em artefatos de cimento torna-se uma alternativa para diminuir o impacto ambiental gerado. Este estudo avalia a influência do resíduos de construção e demolição como agregado na fabricação de blocos de concreto. Foram dosados quatro traços a partir do traço referência, cujo percentuais de substituição foram de 100% do agregado miúdo natural (areia), 100% do pó de pedra, 100% da areia e pó de pedra, 50% da areia e pó de pedra. Após 28 dias foram realizados os ensaios de análise dimensional, absorção e resistência a compressão, segundo os parâmetros estabelecidos conforme a NBR 6136:2016. Posteriormente a análise dos resultados, conclui-se que a utilização de resíduos de construção e demolição como agregado em blocos de concreto é uma alternativa viável.

**Palavras-chave:** blocos de concreto; resíduos de construção e demolição, agregado reciclado.

### **Analysis of physical characteristics and mechanical properties of concrete blocks using construction and demolition waste (RCD)**

**Abstract:** Construction and demolition waste accounts for a significant volume of total municipal solid waste, with approximately 45 million tons in 2017 generated by the population. Adopting it as an aggregate for use in cement artifacts becomes an alternative to reduce the environmental impact generated. This study evaluates the influence of construction and demolition waste as an aggregate in the manufacture of concrete blocks. Four traits were measured from the reference trace, whose replacement percentages were 100% of the natural aggregate (sand), 100% of the stone powder, 100% of the sand and stone powder, 50% of the sand and stone powder. After 28 days, the tests of dimensional analysis, absorption and compressive strength were performed according to the parameters established according to NBR 6136: 2016. Subsequently the analysis of the results, it is concluded that the use of construction and demolition waste as aggregate in concrete blocks is a viable alternative.

**Key-words:** concrete blocks; construction and demolition waste; recycled aggregate.

## Introdução

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social de um país, mas, por outro lado, mostra-se como grande geradora de impactos ambientais negativos, quer seja pelo consumo de recursos naturais ou, pela modificação da paisagem, ou ainda, pela geração de resíduos (PINTO, 2005). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017) a construção civil foi responsável pela geração de aproximadamente 45 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Brasil em 2017. A ABRELPE (2017) também afirma que cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda destinam os resíduos para lixos ou locais irregulares, ao invés de reciclar ou utiliza-lo em obra, de forma sustentável e de baixo custo.

Além da preocupação com o meio ambiente, a questão financeira deve ser contemplada com essa reutilização. Segundo Bartoli (2011) estima-se que o Brasil desperdice em torno de R\$ 8 bilhões ao ano por não reciclar materiais de construção, sendo que o RCD é responsável por 60% de todo o lixo sólido urbano e tem potencial para um reaproveitamento de 70%.

Grande parte dos componentes desses resíduos são fragmentos ou restos de concreto e alvenaria. Entre as abordagens mais comuns para a valorização de tais resíduos, cita-se como emergente a conversão dos mesmos em agregados reciclados. No entanto, tal reutilização tem seu processo dificultado devido à baixa qualidade de alguns agregados reciclados quando em comparação aos agregados naturais (SECO et al., 2018).

Dada a crescente importância do desenvolvimento sustentável nas empresas do ramo da construção civil, perante a redução do impacto ambiental, muitas delas buscam soluções que minimizem tal dano ao meio ambiente. Essas empresas trabalham em pesquisas com o intuito de desenvolver produtos que tenham maior aspecto biodegradável, reciclável ou que possam ser aproveitados de outra forma após o seu uso (BIGOLIN, 2013). Nesse âmbito, estudam-se alternativas viáveis com o objetivo de reduzir o volume de RCD descartado no meio ambiente e, por consequência a extração dos agregados naturais. Além, de minimizar os custos com insumo e inserir a empresa em uma contextualização de “desenvolvimento sustentável. Uma das possibilidades de uso do RCD a sua inserção como componente, matéria-prima, no processo de fabricação dos blocos de concreto para vedação, com ou sem função estrutural.

Como modelo de racionalização e combate à geração de resíduos, o uso de elementos pré-fabricados em alvenaria (estrutural ou não) mostra-se menor gerador de perdas se comparado ao sistemas convencionais (BLUMENSCHNEIDER, 2007).

Ao trabalhar com blocos de concreto, pode-se considerar a facilidade de moldá-los nas mais diversas formas e dimensões. O bloco é fabricado a partir de matérias-primas facilmente encontradas em qualquer região do país, o que torna um produto competitivo, justificando investimentos econômicos e científicos neste componente e respectivos processos construtivos (SALVADOR FILHO, 2007).

O objetivo do presente estudo é analisar as características físicas e propriedades mecânicas de blocos vazados de concreto com substituição fracionária dos agregados naturais por resíduos de construção e demolição (RCD).

## **Materiais e métodos**

Com base em pesquisas bibliográficas sobre a substituição de agregados naturais por agregados reciclados em blocos vazados de concreto, definiu-se a metodologia do presente trabalho. O fluxograma apresentado na Figura 1, demonstra os procedimentos adotados neste trabalho.

Inicialmente, foi realizada a caracterização dos materiais disponibilizados por duas empresas parceiras, sendo uma delas a fabricante dos blocos de concreto e a outra, usina de reciclagem de RCD, ambas localizadas na região Sul de Santa Catarina. Posteriormente, realizou-se a produção dos blocos e, após os ensaios laboratoriais, obtendo-se assim os resultados para análise.

Os materiais utilizados no presente trabalho foram o cimento, agregado miúdo de origem natural (areia), pó de pedra, água, aditivo e RCD. O cimento utilizado na confecção dos blocos é do tipo Portland CP II – F – 32 e atende os requisitos da NBR 16697:2018. A areia e o pó de pedra foram caracterizados conforme a NBR NM 52:2009, NBR NM 45:2006 e NBR NM 30:2001. Para o amassamento, foi utilizado água conforme a NBR 15900-1:2009. O aditivo plastificante empregado segue os requisitos estabelecidos segundo a NBR 11768:2011.

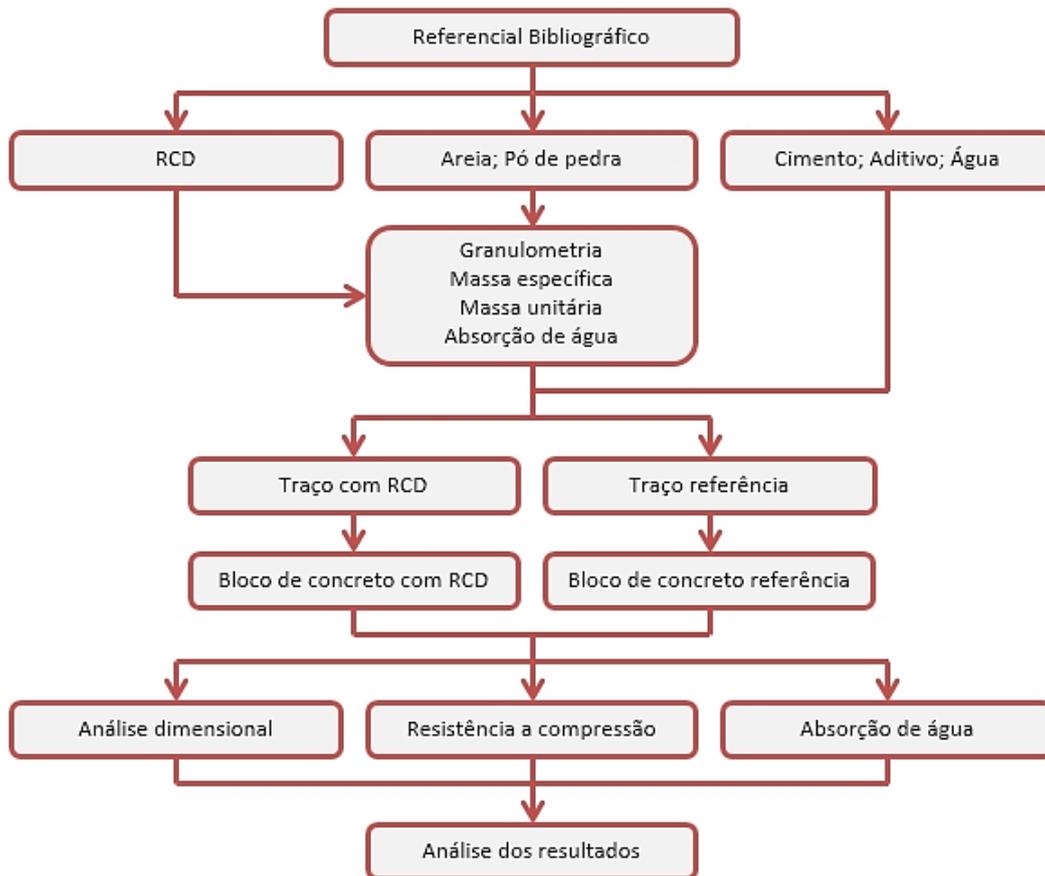


Figura 1. Fluxograma

O RCD foi coletado aleatoriamente de partes da pilha gerada pelo britador, sendo que, o referido agregado encontrava-se no estado úmido, e sua composição era oriunda de resíduos de telhas, tijolos, revestimentos cerâmicos, concretos e argamassas. O material foi caracterizado conforme a NBR NM 52:2009, NBR NM 45:2006, NBR NM 30:2001, NM 248:2003 e se enquadra na Classe A da resolução do CONAMA 307/2002.

Observou-se que a composição do RCD é feita por vários materiais porosos, logo, conforme a NBR 15116:2004, faz necessário o procedimento de pré-molhagem do agregado antes do amassamento. A pré-molhagem do agregado poroso tem a função de evitar problemas como alta relação água cimento<sup>-1</sup>. A NBR 15116:2004 indica que valores para saturação próximos de 80% do teor de absorção total de água do agregado reciclado são adequados, e conforme, Agrela et al. (2011) o agregado reciclado em 10 minutos atinge 85% da sua absorção de água.

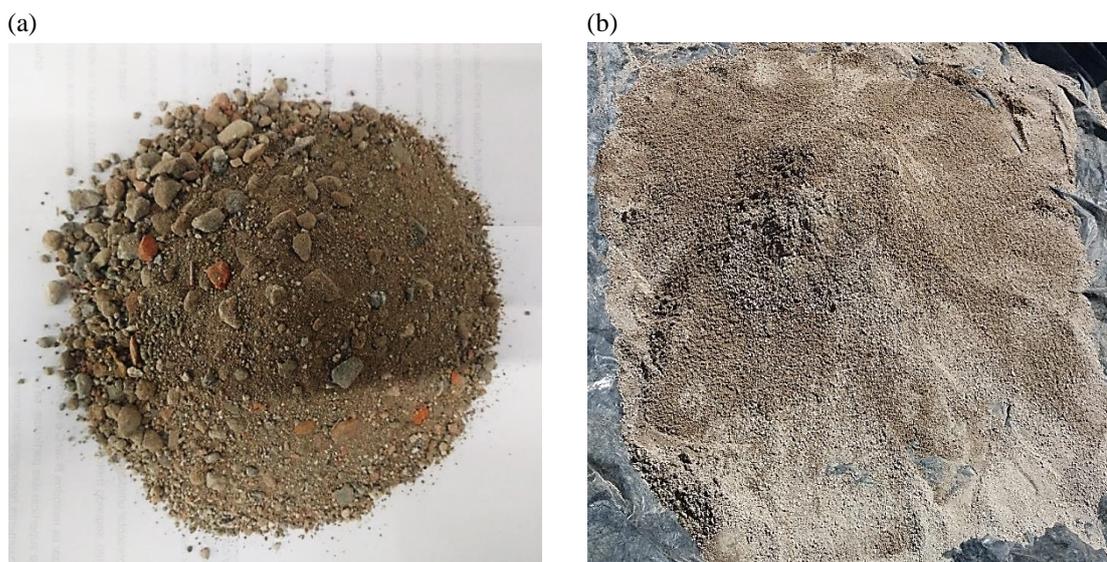


Figura 2. Resíduo de construção e demolição utilizado na pesquisa: (a) Antes do peneiramento, (b) Após o peneiramento

Os agregados a serem substituídos foram a areia e o pó de pedra. Os percentuais de substituição foram definidos através da composição granulométrica e com base em pesquisas já realizadas acerca do assunto, tais como Paula (2010), Mesquita et al. (2015) e Gomes et al. (2017).

O traço referência refere-se ao traço utilizado comercialmente pela empresa parceira, sendo ele, 1: 1,25: 4,09: 0,41 (cimento: areia: pó de pedra: água) em quilogramas e 2% de aditivo em relação à massa do cimento. O traço com substituição de 100% da areia e pó de pedra por RCD foi chamado de Bloco 1, o Bloco 2 refere-se ao traço com 100% da areia por RCD, o Bloco 3 com 100% de substituição do pó de pedra e o Bloco 4 com substituição de 50% da areia e do pó de pedra por RCD. A Tabela 1 apresenta os traços unitários utilizados no presente trabalho.

Tabela 1. Traços unitários

Blocos	Cimento (kg)	Areia (kg)	Pó de pedra (kg)	RCD (kg)	Água (a c <sup>-1</sup> )	Aditivo (ml)
Bloco Referência	1	1,25	4,09	-	0,41	0,002
Bloco 1	1	-	-	5,49	1	0,002
Bloco 2	1	-	4,09	1,3	0,58	0,002
Bloco 3	1	1,25	-	4,19	0,67	0,002
Bloco 4	1	0,63	2,04	2,75	0,62	0,002

Os equipamentos usados para a fabricação dos blocos foram um misturador horizontal com capacidade máxima de 500kg e uma vibro prensa com potencial de produzir 03 blocos por minuto, conforme a Figura 3.



Figura 3. Equipamentos para fabricação do bloco: (a) Misturador, (b) Vibro prensa

A dosagem dos materiais foi realizada manualmente, os agregados foram inseridos em uma padiola que transportava o material até o misturador e, inicialmente, era colocado apenas o RCD para ser realizado o procedimento de pré-molhagem. O RCD foi colocado no misturador na condição seca, depois, foi adicionada a água pausadamente, com intervalos de um minuto para o equipamento homogeneizar o material e ser feita a verificação da consistência do agregado.

O controle de consistência do material, foi realizado do seguinte modo: retirava-se uma amostra do material e fazia-se o pressionamento do mesmo com a mão por alguns segundos, depois, se a amostra se espalhava-se sobre a mão, era acrescentado mais água, e, se ficasse estável, considerava-se que o material atingiu a consistência adequada para a adição dos demais materiais, e, em seguida, adicionava-se a água da mistura e o aditivo.

Cabe salientar, que mesmo com a execução da pré-molhagem, com o intuito de tentar manter-se a relação água cimento<sup>-1</sup> o mais estável possível, houve a necessidade de alterar a referida relação, tal fato pode ser verificado na Tabela 1.

Após a homogeneização da mistura, ela foi despejada sobre uma esteira que transporta o material até a vibro prensa. Em seguida, a mistura era espalhada sobre o molde inferior, e, após, fez-se prensagem da mistura na fôrma.

Depois de vibrado e compactado, realizou-se retirada dos moldes, e os blocos foram encaminhados para um galpão coberto, onde era realizada a cura por um período de 24 horas, à temperatura ambiente, e após esse tempo, os blocos foram estocados no pátio da empresa. A Figura 4 demonstra o processo de fabricação dos blocos e o local de cura para as primeiras 24 horas.



Os ensaios realizados na pesquisa foram a análise dimensional, absorção de água e resistência a compressão.

A análise dimensional seguiu os parâmetros da NBR 12118:2013 e NBR 6136:2016. Os quesitos a serem contemplados de acordo com as normas são: largura, altura, comprimento, espessura mínima das paredes, mísula, dimensão do furo e espessura equivalente mínima. Para blocos com largura de 140,00 mm, tolerância de  $\pm 2,00$  mm e a altura de 190,00 mm e comprimento de 390,00 mm com, tolerância de  $\pm 3,00$  mm. A espessura mínima das paredes deve atender a espessura de 25 mm para blocos de classe B e 18 mm para blocos de classe C, tendo tolerância permitida de 1mm para cada valor individual. A mísula deve ter raio mínimo de 40mm para blocos classe A e B e 20 mm para classe C. A menor dimensão do furo para classe A e B em blocos de 140 mm deve ser  $\geq 70$  mm. A espessura mínima equivalente deve atender os valores de 135 mm para classe C e 188 mm para classe B.

A absorção de água foi determinada seguindo as especificações da NBR 12118:2013 e NBR 6136:2016. Colocou-se na estufa por 24 horas, 3 blocos para cada percentual de substituição, a uma temperatura  $(110 \pm 5)$  °C. Retira-se e anotam-se as massas. Colocou-se os mesmos na estufa novamente por mais 2 horas, até que em duas determinações sucessivas a

diferença de massa não seja maior que 0,5% do valor anterior. Em seguida, foram imersos por 24 horas a fim de determinar sua massa na condição de superfície saturada seca.

A fim de avaliar a resistência à compressão, foram rompidos 7 blocos após 28 dias para cada percentual de substituição de RCD, conforme as prescrições da NBR 12118:2013. Antes de rompê-los, fez-se o capeamento plano e uniforme sobre a face superior e inferior do bloco, sendo a sua espessura inferior a 3mm.

## Resultados e discussões

Os resultados dos ensaios de massa específica, massa unitária, absorção de água e dimensão máxima dos agregados do bloco referência e RCD são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos agregados

-	Areia	Pó de pedra	RCD
Massa específica ( $\text{g cm}^{-3}$ )	2,17	2,39	1,73
Massa unitária ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1,57	1,69	1,33
Dimensão máxima do agregado (mm)	1,20	4,80	6,30
Absorção (%)	22,07	19,50	29,13

Para a areia e o pó de pedra, suas dimensões máximas características, se enquadraram segundo classificação de norma como agregados miúdos conforme a NBR 7211:2009. O RCD ficou classificado como agregado leve, de acordo com a NBR 9935:2011, por apresentar massa específica menor que  $2\text{g cm}^{-3}$ , e, a areia e o pó de pedra como agregado de densidade normal por possuírem massa específica entre  $2\text{g cm}^{-3}$  e  $3\text{g cm}^{-3}$ .

Após feito o ensaio de granulometria dos agregados, verificou-se que todos os materiais ficaram dentro dos limites da zona utilizável estabelecidos pela NBR 7211:2009. Pode-se observar também que o RCD possui um alto percentual de material retido acumulado na peneira de malha 6,3 mm e 4,8 mm em comparação ao pó de pedra e a areia, conforme visualiza-se na Figura 5.

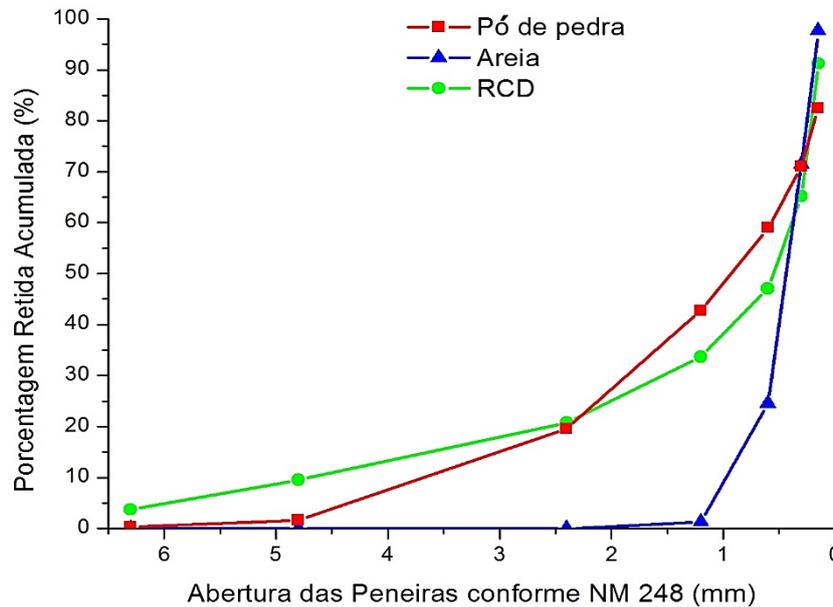


Figura 5. Curva granulométrica dos agregados

Logo, conforme estudo de Paula (2010) e Bastos, Cruz e Woelffel (2016), optou-se apenas pela utilização do RCD passante na peneira de malha 4,8 mm, pois o mesmo fica no intervalo entre o pó de pedra e areia, e assim, proporcionar melhor fechamento de vazios e compactação dos agregados. A Figura 6 apresenta a granulometria, após passar por peneira de malha 4,8 mm, final do RCD utilizado.

Devido as granulometrias distintas entre os diferentes traços houve necessidade de maior inserção de água para a produção do Bloco 1, tendo em vista que ele substitui 100% do seu agregado pelo RCD, ele refere-se ao traço com granulometria de agregados com mais finos. Portanto, quanto maior a área específica, menor o diâmetro dos grãos, e por consequência, maior necessidade do uso de água para envolver todos os grãos (NES, 2017).

Na etapa de pré-molhagem, inseriu-se água até o RCD alcançar 55% da absorção total nos primeiros cinco minutos, pois com este valor de absorção o RCD já se encontrava na consistência adequada para mistura com os demais materiais, não acordando com o valor de pré-molhagem estabelecido pela NBR 15116:2004 de 80%.

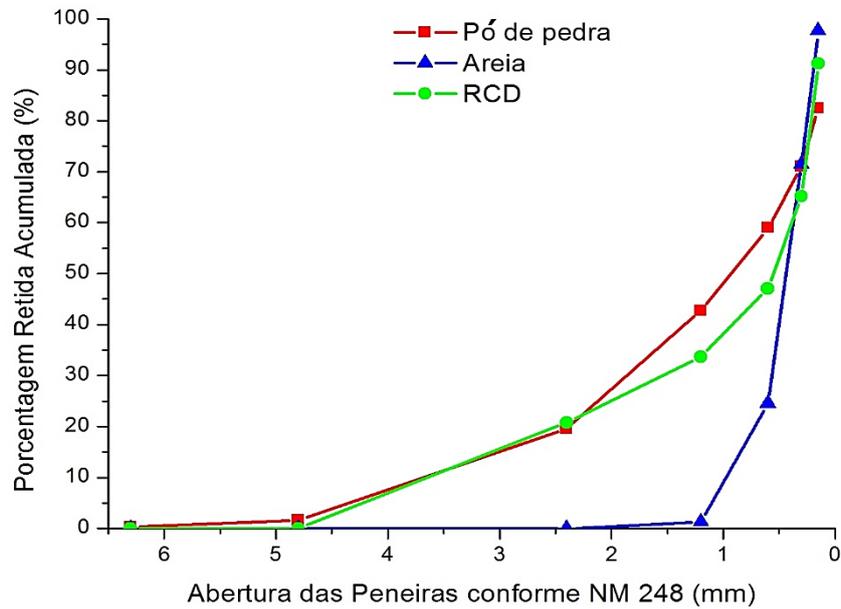
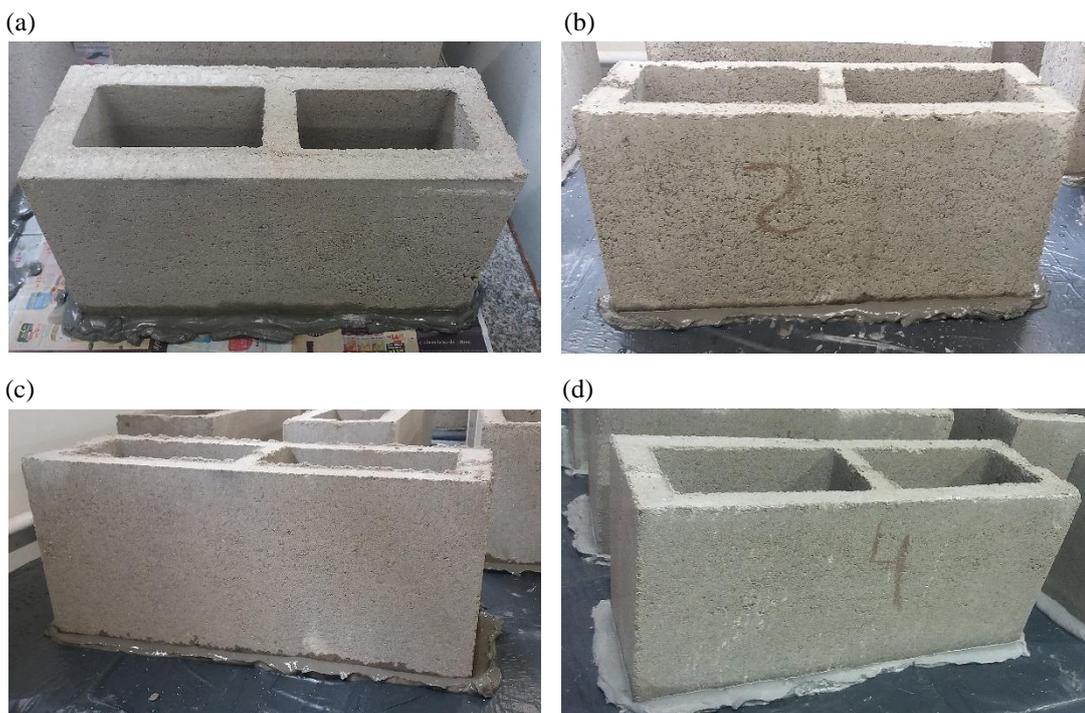


Figura 6. Curva granulométrica dos agregados, com RCD passante na peneira de malha 4,8 mm

A inspeção visual dos blocos de concreto foi realizada conforme a NBR 6136:2016. Todos os blocos apresentaram aspecto homogêneo e compacto, sem defeitos ou rebarbas. A Figura 7 apresenta todos os blocos após 28 dias de cura.



(e)



Figura 7: Análise visual: (a) Bloco 1, (b) Bloco 2, (c) Bloco 3, (d) Bloco 4, (e) Bloco Referência

A Tabela 3 apresenta as dimensões verificadas nos blocos confeccionados no presente trabalho. Todos os blocos ficaram dentro dos limites estabelecidos pela NBR 6136:2016.

Tabela 3. Análise dimensional - Valores médios

Blocos		Larg. (mm)	Alt. (mm)	Comp. (mm)	Esp. Long. (mm)	Esp. Transv. (mm)	Mísulas (mm)	Menor Furo (mm)	Esp. Min. Equiv. (mm m <sup>-1</sup> )
Bloco Referência	Valores	141,24	188,26	390,44	27,29	25,75	32,89	76,90	197,81
	Desv. P	0,42	0,13	0,86	0,24	0,40	0,92	2,70	0,49
Bloco 1	Valores	140,59	188,57	390,06	27,33	25,98	32,31	76,52	199,79
	Desv. P	0,43	1,43	0,64	0,26	0,70	0,73	5,34	0,29
Bloco 2	Valores	141,16	188,23	389,36	27,56	25,49	32,46	76,44	196,36
	Desv. P	0,38	0,43	0,91	0,17	0,45	0,81	3,10	0,28
Bloco 3	Valores	141,07	189,30	389,78	27,50	25,58	32,12	76,28	196,86
	Desv. P	0,24	1,78	0,85	0,32	0,37	0,49	3,02	0,38
Bloco 4	Valores	141,05	188,18	389,94	27,47	25,48	32,40	76,55	196,05
	Desv. P	0,31	0,69	0,48	0,29	0,17	0,98	1,20	0,17

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos para absorção de água de todos os blocos, e, observa-se que os Blocos 1 e 3 não atendem os limites impostos pela NBR 6136:2016 para blocos confeccionados com agregado leve, sendo menor ou igual a 16% para absorção individual e 13% para absorção média. O Bloco 4 atende o limite para absorção individual, porém, excede a absorção média. Já o Bloco 2 atende tanto os valores para absorção individual quanto para a média. Como o Bloco Referência é fabricado com agregado de densidade normal, o valor para absorção individual passa a ser 11% e para a média 10%, a absorção individual é atendida, porém, excede o limite para a média, conforme a NBR 6136:2016.

Estudos realizados por Paula (2010), Tanaka e Pinto (2011), Borges (2013) e Bastos, Cruz e Woelffel (2016), também mostram que blocos com maior inserção de RCD como

agregado, obtiveram percentuais de absorção que excederam o limite estabelecido por norma. O RCD possui uma absorção maior que os outros agregados, portanto, automaticamente, quanto maior a inserção do RCD na massa, maior a probabilidade de aumentar-se o valor de absorção do bloco.

Tabela 4. Absorção dos blocos

Blocos	Absorção Individual (%)	Absorção Média (%)	Desvio Padrão (%)
Bloco Referência	R - A	10,40	0,45
	R - B	10,55	
	R - C	9,53	
Bloco 1	1 - A	16,36	0,36
	1 - B	15,67	
	1 - C	15,54	
Bloco 2	2 - A	10,89	0,57
	2 - B	9,52	
	2 - C	10,00	
Bloco 3	3 - A	16,41	0,47
	3 - B	15,27	
	3 - C	16,00	
Bloco 4	4 - A	13,50	0,80
	4 - B	14,23	
	4 - C	12,28	

Para os ensaios de resistência à compressão, os valores são apresentados na Figura 8. É visto como possível causa de o Bloco 1 ser a composição com maior perda de resistência, o fato de este traço conter o maior percentual de substituição aos agregados e, também, em relação a massa total de RCD inserida na mistura. A segunda composição com maior quantidade de RCD inserida no traço, trata-se ao Bloco 3 e, por conseguinte, este é o traço com a segunda maior perda de resistência, seguido pelo Bloco 4 e, por último, o Bloco 2. Sendo que, estes dois últimos, também seguem a mesma analogia, conferindo com a pesquisa feita por Paula (2010). Sousa (2001) também afirma que as características do agregado reciclado utilizado em sua pesquisa foram determinantes nas propriedades dos blocos de concreto, visto que houve redução na resistência e aumento na absorção, em relação aos materiais convencionais.

Como pode ser verificado nos resultados de massa específica, o RCD foi o que apresentou menor valor e, portanto, maior quantidade de vazios e, por conseguinte, menor resistência mecânica, o que confere com o estudo de Mehta e Monteiro (2008) que afirma que

o aumento da porosidade acarreta um enfraquecimento progressivo da matriz cimentícia do concreto.

Outro fator que pode ser observado, é a relação água cimento<sup>-1</sup>, que segue os parâmetros da Lei de Abrams, conforme aumenta o fator a c<sup>-1</sup>, a resistência do bloco diminui, conforme a Tabela 5.

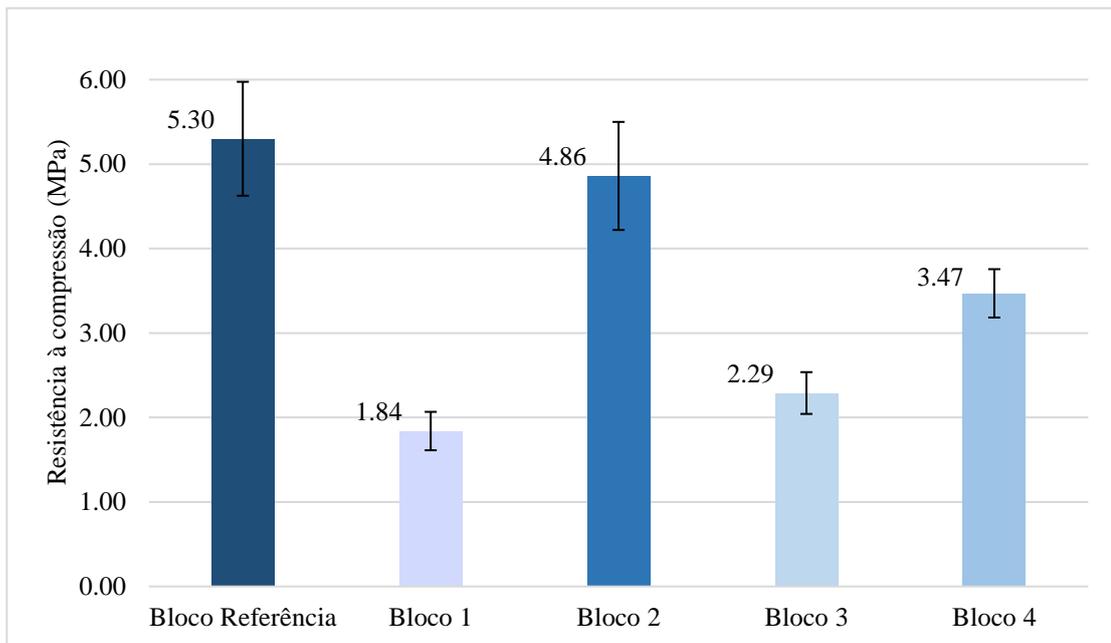


Figura 8. Valores médios de resistência à compressão

Tabela 5. Correlação entre o fator a c<sup>-1</sup> e resistência à compressão

Blocos	Fator água cimento <sup>-1</sup> (a c <sup>-1</sup> )	Resistência à compressão (MPa)
Bloco Referência	0,41	5,30
Bloco 2	0,58	4,86
Bloco 4	0,62	3,47
Bloco 3	0,67	2,29
Bloco 1	1,00	1,84

Por meio da análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 95%, observou-se que a variável (teor de substituição de RCD) exerceu influência significativa sobre as propriedades de absorção e resistência à compressão. Visto que houve divergências entre grupos, utilizou-se o teste de Tukey para distinguir variâncias significativas entre as médias de absorção e resistência, comparados ao Bloco Referência. Além de interferir na absorção de

água, também foi verificado que os teores de substituição dos Blocos 1, 3 e 4 prejudicam os resultados de resistência à compressão se comparados com ao bloco referência, podendo ser considerados estatisticamente diferentes. Os Blocos referência e 2 não apresentaram diferenças entre si, podendo ser considerados estatisticamente iguais.

Após obtidos os valores de resistência individual de cada bloco, foi feito o cálculo de resistência característica à compressão ( $f_{bk,est}$ ) dos blocos para cada traço. Utilizou-se a Eq. 2 conforme a NBR 6136:2016:

$$f_{bk,est} = 2 \times \left[ \frac{fb(1)+fb(2)+\dots+fb(i-1)}{i-1} \right] - f_{bi} \quad (2)$$

em que:

$f_{bk,est}$  = resistência característica estimada da amostra;

$fb(1), fb(2), \dots, f_{bi}$  = valores de resistência à compressão individuais dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;

$i = (n-1)/2$  (se o número de corpos de prova for ímpar).

Não deve ser tomado para  $f_{bk,est}$  valor menor que  $fb(1)$  multiplicado pelo valor do coeficiente  $\psi$ , conforme a Tabela 5 da NBR 6136:2016. O  $\psi$  muda conforme a quantidade de blocos da amostra, que no presente estudo foram 7 blocos, logo  $\psi=0,91$ . Os valores de  $f_{bk,est}$  são expostos na Figura 9 e os valores mínimos estabelecidos pela norma na Tabela 6.

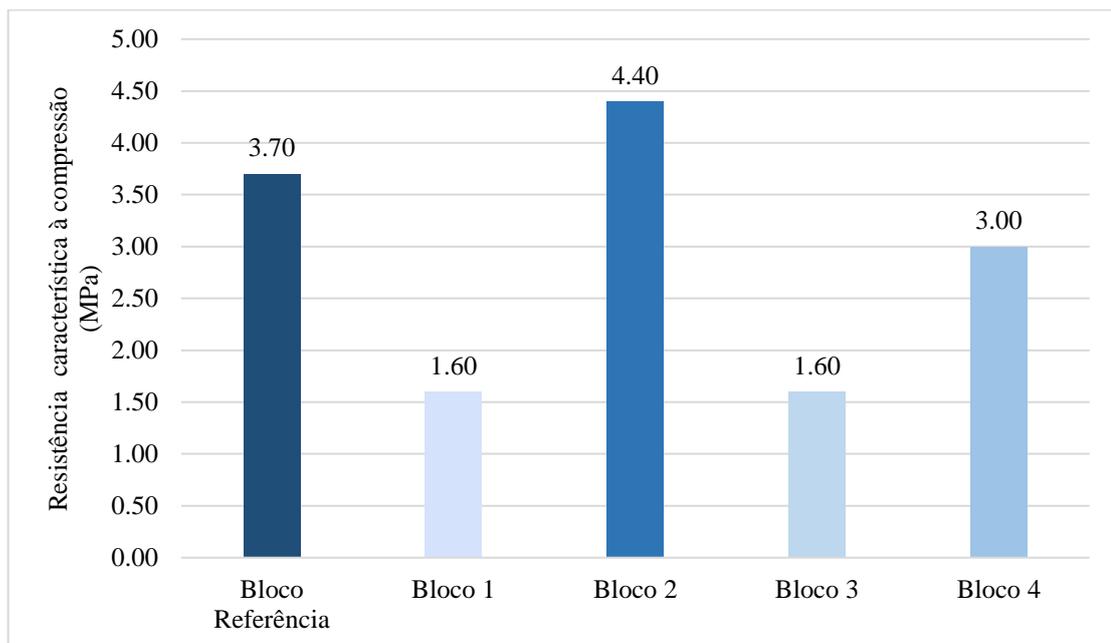


Figura 9. Valores de  $f_{bk,est}$

Tabela 6. Valores mínimos de resistência

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão (MPa)
Com função estrutural	A	$fbk \geq 8,00$
	B	$4,00 \leq fbk < 8,00$
Com ou sem função estrutural	C	$fbk \geq 3,00$

Observa-se que o Bloco Referência não apresentou valor maior que 4Mpa para o fbk,est, já que o mesmo leva em consideração os blocos com menor resistência no cálculo. Os Blocos 1 e 3 não atendem os valores de resistência estabelecido por norma, portanto, seu uso não se faz adequado. O Bloco 2 apresenta um fbk,est maior que 4Mpa, logo, se enquadra como bloco de classe B, com função estrutural. Os Blocos Referência e 4 apresentam valores de fbk,est que se enquadram na classe C, com ou sem função estrutural.

## Conclusões

No sentido de ampliar o conhecimento sobre o comportamento do RCD como agregado, analisou-se a viabilidade técnica da utilização do mesmo como agregado para a confecção de blocos de concreto. O RCD foi caracterizado e, a partir de o traço de referência, foram dosados quatro novos traços com diferentes teores de substituição. Para o ensaio de análise dimensional, todos os blocos atenderam os quesitos estabelecido na NBR 6136:2016. Os blocos com menores teores de substituição em massa do agregado natural pelo RCD, 2 e 4, atendem a resistência estabelecida por norma, sendo o Bloco 2 classificado com classe B, com função estrutural, e o Bloco 4, como classe C, com ou sem função estrutural. Porém, o Bloco 4 excedeu o limite de absorção estabelecido por norma, logo, o bloco possuirá um melhor aproveitamento se empregado para vedação em áreas internas. Já para os Blocos 1 e 3 houve perda da resistência e o maior percentual de absorção, comparado aos demais traços, devido ao teor de substituição emprego, ambos ficaram em desconformidade com a norma.

Com base aos aspectos relativos à resistência à compressão e absorção, os resultados obtidos a partir dos ensaios descritos na NBR 6136:2016 demonstram a viabilidade da confecção de blocos de concreto com a inserção de RCD como agregado.

A fim de contribuir o seguimento do presente estudo, pode se designar outras atividades, como: a utilização do RCD apenas na substituição parcial da areia.

## Referências Bibliográficas

- ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. 15. ed. São Paulo: [s.n.], 2017. 74 p.
- AGRELA, F. et al. Limiting properties in the characterisation of mixed recycled aggregates for use in the manufacture of concrete. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 25, n. 10, p.3950-3955, out. 2011. Elsevier BV.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30**: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- BARTOLI, Hewerton. **Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil**. 2011. Disponível em: <<http://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

BASTOS, Isadora Andrade; CRUZ, Leandro Faria da; WOELFFEL, Anderson Buss. Fabricação de blocos de concreto para vedação com o uso de agregados reciclados em canteiro de obras. **Revista Científica Faesa**, Vitória, v. 12, n. 1, p.52-58, mar. 2016.

BIGOLIN, Morgane. **INDICADORES DE DESEMPENHO PARA BLOCOS DE CONCRETO: UMA ANÁLISE DE REQUISITOS MAIS SUSTENTÁVEIS PARA A PRODUÇÃO A PARTIR DE RCD**. 2013. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Gestão de Resíduos Sólidos em canteiros de obras**. Brasília: [s.n.], 2007. 44 p.

BORGES, Joice Giuliani Krás. **Análise de blocos de vedação fabricados com RCD como alternativa tecnológica sustentável de uso de material reciclado e de geração de emprego e renda**. 2013. 22 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO 307**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. [s.l.]: [s.n.], 2002. 7 p. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

GOMES, Paulo César Correia et al. Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.267-280, jul. 2017.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008. 674 p.

MESQUITA, Leonardo Carvalho et al. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s.l.], v. 10, n. 3, p.30-40, 10 nov. 2015.

NES, Gabriel Furlanetto de. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL EM ARGAMASSA**. 2017. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017.

PAULA, Paulo Roberto Freire de. **Utilização dos Resíduos da Construção Civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural**. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

PINTO, Tarcísio de Paulo. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. São Paulo: Sinduscon-sp, 2005. 48 p.

SALVADOR FILHO, José Américo Alves. **BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA EM CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS**. 2007. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SECO, A. et al. Sustainable unfired bricks manufacturing from construction and demolition wastes. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 167, p.154-165, abr. 2018. Elsevier BV.

---

SOUSA, José Getulio Gomes de. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES E PROPORCIONAMENTO DE BLOCOS DE CONCRETO – APLICAÇÃO AO USO DE ENTULHO COMO AGREGADO RECICLADO.** 2001. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

TANAKA, Graciele Mayara; PINTO, Maria Clara Cavalini. **Análise da utilização de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) da região metropolitana de Curitiba em argamassa de revestimento e na fabricação de blocos de concreto.** 2011. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011