

## **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

Adson Sousa Garcia (Universidade Federal do Pará) E-mail: adson.ed.garcia@gmail.com  
Elivelton Damascena Cruz (Universidade Federal do Pará) E-mail: eliveltonblk@outlook.com  
Mayara Caroline Lima Pimentel (Universidade Federal do Pará) E-mail: karoline.pimentel14@gmail.com  
Luciano Tavares Tavares (Universidade Federal do Pará) E-mail: luciano10tavares@gmail.com  
Vinicius de Oliveira Costa (Universidade Federal do Pará) E-mail: vinicius53oliveira@gmail.com  
Karen Suely Martins Bernardo (Universidade Federal do Pará) E-mail: engkarenbernado@gmail.com

**Resumo:** O Concreto Auto Adensável (CAA) é considerado um dos maiores avanços no desenvolvimento de novos concretos, sua eficiência está relacionada a elevada fluidez, aumentando assim a produtividade e facilidade na construção. Além de ser considerado um concreto especial, este pode-se apresentar como um material sustentável ao substituir os agregados miúdos naturais por agregados miúdos provenientes de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de investigar a influência da substituição parcial de agregado miúdo natural (AMN) por agregado miúdo reciclado (AMR) provenientes da Usina Hidrelétrica de Tucuruí-PA. A metodologia de dosagem baseou-se numa adaptação do método de Gomes. Durante o estudo no estado fresco empregou-se os ensaios de Espalhamento, Funil-V e Caixa-L. Testaram-se 3 teores de substituição (10%, 20% e 30%) de AMN por AMR, comparando-os com um CAA de referência. Os corpos de provas cilíndricos foram submetidos aos ensaios mecânicos de Resistência à Compressão Axial e Resistência à Tração por Compressão Diametral e rompidos com 7 e 28 dias. Baseado nos resultados encontrados, conclui-se que é possível produzir CAA com até 30% de AMR, mantendo suas propriedades no estado fresco e endurecido dentro dos parâmetros propostos por norma. Observou-se, também, que com uma metodologia de dosagem adequada é possível reduzir seus efeitos adversos nas propriedades mecânicas do CAA.

**Palavras-chave:** Concreto Auto adensável, Resíduo de Construção e Demolição, Propriedades Mecânicas.

## **ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE SELF-COMPACTING CONCRETE WITH CONSTRUCTION AND DEMOLITION RESIDUES**

**Abstract:** The self-compacting Concrete (SCC) is considered one of the major advances in the development of new concretes, his efficiency is related to high fluidity, increasing productivity and facility in construction. Aside from being considered a special concrete, it can be presented as a sustainable material by replacing the natural fine aggregates with fine aggregates from Construction and Demolition Waste (CDW). Therefore, this study was developed with the objective of investigating the influence of the partial replacement of natural fine aggregate (NFA) by recycled fine aggregate (RFA) from the Hydroelectric Power Plant inTucuruí-PA. The mix design methodology was based on an adaptation in method of Gomes. Three substitution (10%, 20% and 30%) percentage of NFA were tested for RFA, comparing them with a reference SCC. The cylindrical specimens were submitted to mechanical tests of resistance to axial compression and diametral tensile strength. During the study in the fresh state were realized Slump-flow test, Funil-V and Caixa-L. Based on the results, it can be concluded that it is possible to produce SCC with up to 30% of RFA, maintaining its properties in the fresh state and hardened within the parameters proposed by standards. It has also been observed that with an adequate mix design methodology it is possible to reduce adverse effects on the mechanical properties of the SCC.

**Keywords:** Heavyweight Concrete, Construction and Demolition Residues and Mechanical Properties.

## **1. Introdução**

### **1.1 Resíduos de construção e demolição (RCD)**

Considera-se resíduo de construção e demolição todo e qualquer resíduo proveniente de atividades de construção, sejam estas novas edificações, reformas, demolições, que envolvam atividades de obras de arte e limpeza de terrenos com presença de solo ou vegetação (CAMPOS, 2017).

A indústria da construção civil é sancionada como um dos setores mais importantes de atividades para o desenvolvimento econômico e social, no entanto, procede-se ainda como grande gerador de resíduos que acarretam em impactos ambientais (SANTOS et al., 2012). Bastistelle et al., (2011) complementa que a cadeia produtiva da construção consome cerca de 20 a 50% dos recursos naturais de todo o planeta.

A Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) constatou que foram coletados 199.311 toneladas/dia de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), destes, cerca de 122.012 toneladas/dia são de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), isto significa que cerca de 61% dos resíduos coletados diariamente no Brasil são de RCD.

A reutilização e reciclagem dos resíduos é apontada como uma das alternativas para minoração do problema, apesar de a política de reciclagem de resíduos sólidos na construção civil ser nova, a mesma vem expandindo o seu espaço e sua importância nos projetos e obras coordenadas por empresas de engenharia no Brasil (MEDEIROS et al., 2013).

Os diferentes materiais presentes no RCD são responsáveis pela heterogeneidade do agregado reciclado resultante, característica esta que dificulta sua reciclagem e consequente aplicação do agregado reciclado de RCD para a produção de um novo concreto (ÂNGULO, 2005).

Os resíduos de construção e demolição são geralmente classificados como materiais inertes e podem ser potencialmente usados como materiais de construção (KABIR; ALSHAYEB; KHAN, 2016). Portanto observa-se que esses resíduos tem potencial para sua utilização como substituição parcial por agregados naturais na confecção de concreto.

### **1.2 Concreto auto adensável (CAA)**

De acordo com Santos (2018), o CAA é um concreto especial que tem como finalidade o preenchimento uniforme das fôrmas apenas pela ação de seu peso próprio, entretanto para a confecção desse compósito é necessário a dosagem com elevado teor de finos e aditivo modificador de viscosidade.

Segundo Mendes (2017), a confecção do CAA exige um estudo complexo em sua composição e nas proporções de seus materiais, por exemplo, teor de finos, esqueleto granulométrico e teor de superplastificante. Esse estudo da dosagem é necessário para que o concreto atenda aos requisitos de autoadensabilidade tornando-o tecnicamente viável.

Um concreto só será considerado autoadensável, caso três propriedades sejam alcançadas: a fluidez, a habilidade passante necessária para que a mistura flua intacta entre barras de aço, e a resistência à segregação (European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems - EFNARC, 2002).

A autocompatibilidade do CAA no estado fresco pode ser caracterizada essencialmente pelos seguintes requisitos funcionais: capacidade de preenchimento, resistência à ocorrência de segregação e a capacidade de passar entre espaços estreitos (OKAMURA, 2003). Com relação as propriedades no estado endurecido do CCA Calado et al. (2015) afirma que o CAA pode ser mais durável que o concreto convencional devido as suas características de maior teor de finos, menor permeabilidade, porosidade, etc.

Segundo as pesquisas de González-Fonteboa e Martínez-Abella (2008), a utilização de RCD como agregado acarretou na diminuição dos valores de resistência à compressão aos 28 dias. Entretanto, a mistura contendo RCD e adição de sílica apresentou resultados mais elevados.

Santos (2016) afirma que concretos produzidos com agregados reciclados de concreto (ARC), de maneira geral, costumam apresentar melhores características quando comparados a outros tipos de agregados reciclados, proporcionando resultados de resistência à compressão competitivos, aos apresentados por concretos convencionais.

Ainda sobre as propriedades mecânicas, Evangelista e de Brito (2007), usaram ARC, derivados de concretos. Este estudo indicou que o ARC produzido em laboratório poderia ser usado em até 30% de taxa de substituição sem ter um efeito significativo nas propriedades mecânicas (resistência à compressão, tração à ruptura, módulo de elasticidade e resistência à abrasão) do concreto estudado.

Desta forma este trabalho tem como objetivo, apresentar a viabilidade da aplicação do RCD no Concreto Auto Adensável, promovendo substituições parciais de agregados naturais por agregados miúdos de resíduos, avaliando as propriedades mecânicas no estado endurecido. Além da sustentabilidade, a reutilização e reciclagem do RCD proporcionam uma matéria-prima para agregados de ótima qualidade, podendo ser aproveitados em um amplo leque de múltiplos processos construtivos.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2. 1 Materiais**

Para a produção do concreto foi utilizado o cimento CP II E-32 e a sílica ativa, como adição mineral. Como agregado graúdo foi utilizado pedriscos provenientes da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - UHE. Os agregados miúdos utilizados na mistura foram a areia quartzosa e o resíduo de construção e demolição, este último foi disponibilizado também pela UHE. Com a finalidade de diminuir o fator água/cimento e aumentar a trabalhabilidade do concreto foi adicionado aditivo superplastificante a base de policarboxilato.

### **2. 2 Métodos**

#### **2. 2. 1 Caracterização dos agregados**

A fim de avaliar se os agregados utilizados atendem os requisitos para sua utilização na construção civil, foi realizado a caracterização dos agregados. Inicialmente, com o intuito de avaliar o modulo de finura e diâmetro máximo realizou-se o ensaio de granulometria. Em seguida avaliou-se os índices físicos através dos ensaios de massa específica, massa unitária e absorção. Entretanto para o agregado reciclado, o ensaio de absorção foi realizado através do método de Leite (2001) que consiste em montar sobre a balança um aparato para suspender o recipiente no qual depositou-se o resíduo. Em seguida submergiu o RCD enquanto foram realizadas leituras tabeladas de até 24 horas, assim como indicado no método. Os resultados obtidos pelos ensaios podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado dos ensaios de caracterização dos agregados

Ensaio	Métodos	RCD	Areia	Pedrisco
Módulo de Finura	NBR NM 246/2003	3,66	2,10	4,52
Dimensão Máxima (mm)	NBR NM 246/2003	4,75	1,18	9,5
Massa unitária (g/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45/2006 NBR NM 52/2009	1,87	1,54	1,38
Absorção (%)	NBR NM 53/2009 LEITE/2001	5,35	0,48	1,1
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 52/2009	2,69	1,54	2,76

Fonte: Autores

Afim de visualizar o comportamento granulométrico dos agregados miúdos utilizados na pesquisa, plotou-se o gráfico da curva granulométrica conforme a Figura 1.

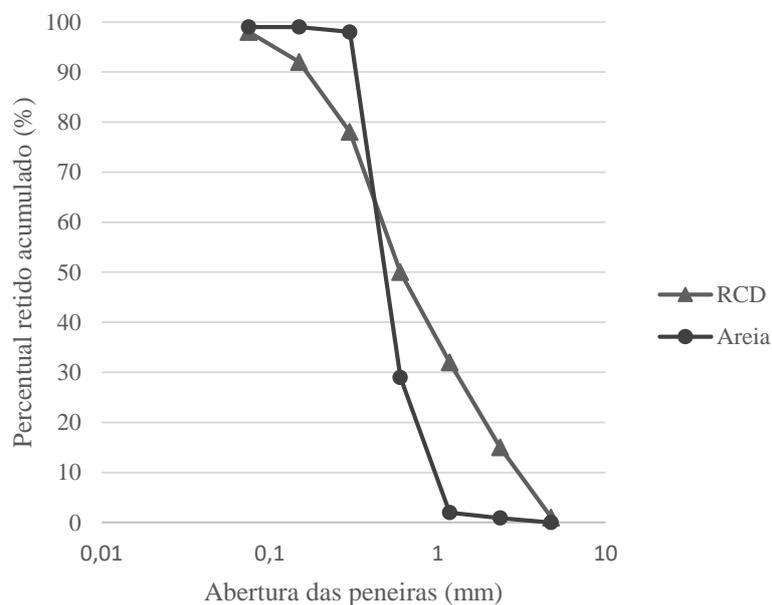


Figura 1 – Gráfico da curva granulométrica dos agregados miúdos.

### 2. 2. 2 Dosagem

Para obter o traço do CAA foi necessário a utilização do método de Gomes e Barros (2009) através da determinação da dosagem do superplastificante, que foi baseada no cone de Marsh de acordo com a EN 445 (1996), no qual consiste em fazer a leitura de queda da argamassa até atingir 500 ml. O parâmetro de espalhamento da pasta foi realizado pelo método de mini-slump no qual o valor do slump é a média dos dois diâmetros, como foi proposto por Kantro (1980) e que pode ser observado na Figura 2.



Figura 2 – Ensaio do mini-slump a) Visualização do diâmetro; e b) Visualização das bordas.

De acordo com os dados apresentados, observa-se na tabela 2 que a trabalhabilidade da argamassa foi reduzindo com o decréscimo da porcentagem do superplastificante (SP) mesmo com a taxa de compensação de água para o RCD de 80 %. Baseando-se no parametro de validação da EFNARC (2002) foi adotado um teor de 0,8% de SP para o concreto de referência e 1,0% para os demais traços com RCD.

Tabela 2 – Resultado dos ensaios de caracterização dos agregados

Ensaio	Mini-Slump (mm)	Cone de Marsh (s)
RCD – 0% (0,8 % SP)	253,65	58,14
RCD – 0% (1,0 % SP)	281,11	46,26
RCD – 10% (0,8 % SP)	234,74	90,6
RCD – 10% (1,0 % SP)	242,76	111
RCD – 20% (0,8 % SP)	217,90	*
RCD – 20% (1,0 % SP)	242,15	148
RCD – 30% (0,8 % SP)	164,97	*
RCD – 30% (1,0 % SP)	168,34	*

Fonte: Autores

Percebeu-se que o tempo de fluxo, medido pelo ensaio do cone de Marsh para alguns teores não gerou resultado. Portanto, não foi possível realizar o estudo do ponto de saturação do aditivo através do ensaio do tempo de fluxo, utilizando-se o espalhamento para a sua determinação.

Após a realização do método de dosagem, obteve-se o traço apresentado na tabela 3 onde é possível observar o fator água/cimento (a/c) de 0,47, devido ao acréscimo do aditivo superplastificante.

Tabela 3 – Traço utilizado na confecção do concreto auto adensável

Traço	Pedrisco (Kg)	Resíduo (Kg)	Areia (Kg)	Cimento (Kg)	Sílica (Kg)	Água (Kg)	Aditivo (Kg)
0% RCD	19,35	-	13,0	9,49	0,7	4,4	0,0759
10 % RCD	19,35	1,29	11,72	9,49	0,68	4,48	0,09492
20% RCD	19,35	2,58	10,41	9,49	0,68	4,52	0,09492
30% RCD	19,35	3,87	9,11	9,49	0,68	4,56	0,09492

Fonte: Autores

### 2. 2. 3 Ensaios no estado fresco

Depois da mistura dos materiais na betoneira, foram analisadas as propriedades do CAA no estado fresco como a capacidade de preenchimento do interior das formas e a capacidade do concreto em atravessar por obstáculos. Para isto, realizou-se o ensaio de espalhamento (NBR 15823-2/2017), Funil-V (NBR 15823-5/2017) e Caixa L (NBR 15823-4/2017), que podem ser visualizados na Figura 3.



Figura 3 - Ensaio de autocompactabilidade: a) Espalhamento do CAA; e b) Ensaio da Caixa L.

### 2. 2. 3 Ensaio no estado endurecido

A partir da execução dos ensaios no estado fresco para o CAA foram moldados 10 corpos de prova para cada traço. Passados os dias de cura os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de resistência a compressão axial, conforme a NBR 7215 (ABNT 2019), e resistência à tração por compressão diametral, de acordo com a NBR 7222 (ABNT 2010). Pode ser observado na Figura 4 que os corpos de prova foram submetidos aos esforços da prensa até sua ruptura.



Figura 4 - Ensaio mecânicos : a) Ruptura por compressão diametral; e b) Ruptura por compressão axial

## 3. Apresentação dos resultados e discussões

### 3. 1 Propriedades no estado fresco

Com o intuito de verificar os dados de consistência e a viscosidade plástica aparente do CAA, foram exposto, na Tabela 4, os resultados do ensaio de espalhamento. Com isso, observou-se, uma redução no espalhamento a medida que se acrescentou resíduo e ocorreu um comportamento inverso com relação ao tempo de escoamento. Ressalta-se, também, que os resultados para o espalhamento ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos pela NBR 15823 (2017), valores estes que exigem diâmetro entre 550 mm e 850 mm. Outro parâmetro atendido foi o de Gomes (2009), que restringe os valores de espalhamento entre 600 mm e 800 mm.

Tabela 4 – Traço utilizado na confecção do concreto auto adensável

Traço	REF – AR (0,8 %SP)	RCD – 10% (1,0 % SP)	RCD – 20% (1,0 % SP)	RCD – 30% (1,0 % SP)
Espalhamento (mm)	750	718	715	715
Tempo de escoamento (s)	3,52	3,84	4,18	4,28
Tempo de Fluxo (s)	4	6	8	9
H2/H1	0,96	0,92	0,86	0,83

Fonte: Autores

A redução no espalhamento também foi observado no trabalho de Carro-López et al. (2015), onde exibiram a mesma tendência decrescente à medida que a substituição de areia natural por material reciclado aumentava. No entanto, verificou-se que as misturas de 0% e 20% apresentaram um comportamento semelhante, enquanto as misturas de 50% e 100% apresentaram baixas reduções. Ainda a respeito do espalhamento, Pereira-de-Oliveira et al. (2014) constataram que para o aumento do diâmetro de espalhamento com RCD, foi necessário um aumento do teor de superplastificante, mantendo a mesma faixa de espalhamento estabelecida.

Com relação ao aumento do tempo de escoamento, esse comportamento pode estar associado a absorção do resíduo, pois de acordo com Carro-López (2015), essas alterações na fluidez do CAA tem ligação com a maior absorção de água do RCD, quando comparados a areia, ocasionando diminuição na quantidade de água livre na mistura.

Com relação a viscosidade do concreto, primeiramente, observa-se que houve um crescimento do tempo de fluxo à medida que o teor de substituição foi aumentando. De acordo com a NBR 15823-1 (2017), os traços de 0%, 10% e 20% pertencem a classe VF 1, ou seja, com tempo de fluxo inferior a 9 segundos. Já o traço com 30% de substituição se apresenta com classe VF 2.

Em relação a habilidade passante do concreto observa-se que quando submetido ao fluxo confinado, o CAA apresentou uma diminuição na relação das alturas H2/H1 conforme se aumentou a quantidade de RCD à mistura. Segundo a NBR 15823-1 (2017), todos os traços pertencem a classe PL 1 com habilidade passante  $\geq 0,80$ . Portanto para este ensaio, o concreto apresentou-se como auto adensável. Valores próximos foram encontrados nos estudos de Kou e Poon (2009), o ensaio da habilidade passante se apresentaram promissores, ou seja, os valores de H2/H1 sempre excederam o valor de 0,80.

Dessa forma, nota-se que todos os traços atenderam as principais características do CAA, o seu desempenho no estado fresco foi satisfatório, mesmo com a adição de um agregado mineral que prejudica a trabalhabilidade. Logo, o resíduo afetou as propriedades do concreto, porém conseguiu manter a principal característica do CAA, sua fluidez.

### 3. 2 Propriedade no estado endurecido

#### 3. 2. 1 Compressão axial

Após determinar que o concreto estudado atende a todos os requisitos da norma para classificá-lo como concreto auto adensável, partiu-se para a determinação dos resultados mecânicos. Conforme apresenta a tabela 5, o processo de cura no tratamento dos corpos de prova aconteceu de maneira efetiva e uniforme. Porém, nota-se ao longo da reação de hidratação uma queda na sua eficácia, podendo ser ocasionado neste caso pela heterogeneidade do RCD, assim como, sua distribuição granulométrica com presença de partículas maiores do agregado reciclado utilizado. Observa-se que a maioria dos coeficientes de variação da Tabela 5 mostraram, em todas idades, baixa dispersão de dados, justificando que mesmo com possíveis falhas previstas de prensagem em rompimento, houve uma uniformidade dos valores encontrados para o resultado de resistência, Figura 5.

Tabela 5 – Dados estatísticos do ensaio de resistência à compressão axial do CAA – RCD.

Composição	7 dias			28 dias		
	Fcm	DP	CV	Fcm	DP	CV

	(MPa)	(MPa)	(%)	(MPa)	(MPa)	(%)
CAA – 0% REF	22,58	2,05	9,1	35,45	1,56	4,4
CAA – 10% RCD	19,67	0,47	2,4	34,27	0,28	0,82
CAA – 20% RCD	19,75	1,47	7,43	33,59	0,79	2,34
CAA – 30% RCD	18,97	1,15	6,06	33,17	0,51	1,53

Fonte: Autores

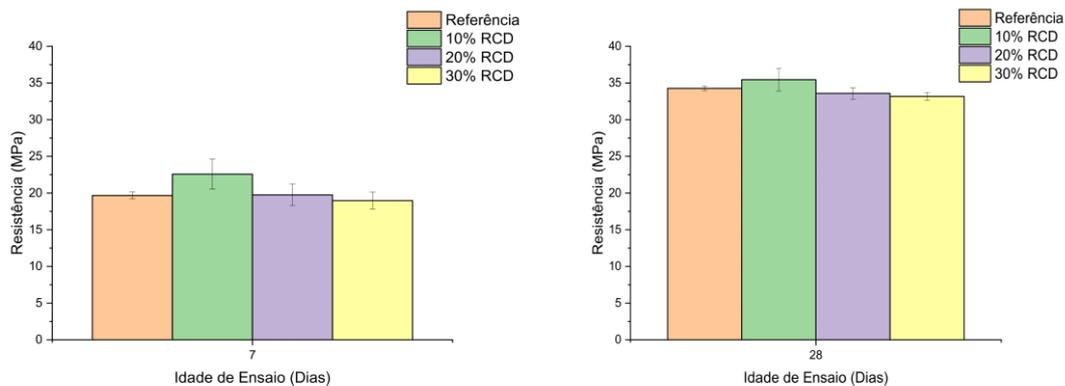


Figura 5 – Resistência a compressão: a) 7 dias e b) 28 dias do CAA – RCD.

Analisando os valores médios da resistência de forma geral em todas as idades de rompimento, aos 7 dias e 28 dias, foi possível observar que o concreto com CAA – RCD com 10% de substituição de agregado obteve o maior valor de resistência, fato no qual, pode ser explicado, pois o resíduo é mais fino e por isso pode ter aumentado a densidade do concreto ao preencher poros vazios como fazem os fílers. Além disso, a composição desse resíduo é predominantemente de blocos de concreto, argamassa de revestimento, com uma quantidade bem ínfima de cerâmicas. Sendo assim, era esperado que o mesmo tivesse desempenho superior a outras amostras de RCD.

Nos estudos de Campos (2018), quando utilizado o agregado miúdo reciclado este não apresentou diferença tão significativa em relação ao CAA de referência tendo aos 28 dias redução de 9,79%.

### 3. 2. 1 Compressão diametral

Os resultados dos ensaios estão expostos na Tabela 6 e na Figura 6, os quais passaram por um processo de cura em todas as idades. Dessa forma, considerando-se os valores de desvio padrão, o maior deles aconteceu para a amostra de CAA – RCD com 10 % de substituição de agregado miúdo reciclado aos 7 dias de idade, já o menor desvio padrão se deu no CAA de referência com 0 % de RCD aos 28 dias de idade. Para o coeficiente de variação, o maior valor foi da amostra de CAA – RCD com 10 % aos 7 dias de idade, porém o menor valor de coeficiente de variação se deu no CAA de referência aos 28 dias de idade.

Tabela 6 – Dados estatísticos do ensaio de resistência à tração por compressão diametral do CAA – RCD.

Composição	7 dias			28 dias		
	Fcm (MPa)	DP (MPa)	CV (%)	Fcm (MPa)	DP (MPa)	CV (%)
CAA – 0% REF	3,47	0,10	2,85	4,89	0,12	2,46
CAA – 10% RCD	3,00	0,67	22,43	4,44	0,60	13,55

CAA – 20% RCD	2,69	0,66	24,71	4,22	0,67	15,94
CAA – 30% RCD	1,90	0,02	1,25	3,35	0,03	0,82

Fonte: Autores

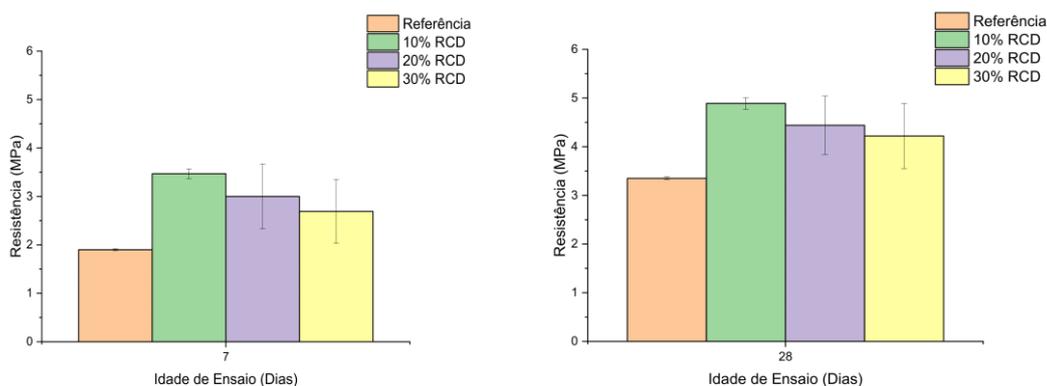


Figura 6 – Resistência a tração por compressão diametral: a) 7 dias e b) 28 dias do CAA – RCD.

#### 4. Conclusão

Nesta pesquisa, a substituição dos agregados naturais por agregados reciclados de RCD, nas porcentagens estudadas, não houveram grandes mudanças nas propriedades mecânicas do CAA dosado pelo método de Gomes. De maneira análoga, a resistência a compressão foi maior para o CAA com 10% de RCD em relação ao concreto de referência e para as outras adições de RCD, ou seja, proporcionou ganhos de resistência com a adição de 10% de resíduos.

Em síntese, o Concreto Auto Adensável com Resíduos de Construção e Demolição apresenta-se como uma alternativa viável de material reciclável, uma vez que, o mesmo obteve resultados próximos ao concreto de referência. Assim, conclui-se que concreto produzido com RCD apresenta-se como uma ótima alternativa para a diminuição dos impactos causados pela construção civil à natureza.

#### Referências

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15823-1**. Concreto autoadensável. Parte 1. Classificação, controle e aceitações no estado fresco, Rio de Janeiro. 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15823-2**. Concreto autoadensável. Parte 2. Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de de Abrams, Rio de Janeiro. 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15823-4**. Concreto autoadensável. Parte 4. Determinação da habilidade passante – Método da caixa L e da Caixa U, Rio de Janeiro. 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15823-5**. Concreto autoadensável. Parte 5. Determinação da viscosidade – Método do Funil-V, Rio de Janeiro. 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 11768**. Aditivos para Concreto de Cimento Portland. Rio de Janeiro. 2011.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da Resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. 2a ed. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7222**: Concreto e Argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Emenda 1. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 248**: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 27: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 30: Agregado miúdo: determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 45: Agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 52: agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

**ANGULO, S. C.** *Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos.* 2005. 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE.** *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019.* São Paulo, 2019.

**CALADO, C. et al.** *Concreto Auto-Adensável (CAA), Mais do que Alternativa Ao concreto Convencional (CC).* Recife: Editora da Universidade de Pernambuco, 2015.

**CAMPOS, R. S.** *Concreto Autoadensável Produzido com Resíduos De Construção e Demolição: Propriedades Mecânicas e Reológicas.* Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2017.

**CAMPOS, R. S.; BARBOSA, M. P.; PIMENTEL, L. L.; MACIEL, G. F.** *Influência dos agregados reciclados nas propriedades reológicas e mecânicas do concreto autoadensável.* *Matéria (Rio J.),* Rio de Janeiro, v. 23, n.1, e-11964, 2018.

**CAMPOS, R. S. et al.** *Influência dos agregados reciclados nas propriedades reológicas e mecânicas do concreto autoadensável.* *Matéria (Rio J.),* Rio de Janeiro, v. 23, n. 1.

**CARRO-LÓPEZ, D., GONZÁLEZ-FONTEBOA, B., DE BRITO, J., MARTÍNEZABELLA, F., GONZÁLEZ-TABOADA, I., SILVA, P.** *Study of the rheology of selfcompacting concrete with fine recycled concrete aggregates.* *Constr. Build. Mater.,* 96, 2015.

**EFNARC.** *Specification and guidelines for self-compacting concrete.* In: EFNARC, fevereiro, 2002. Disponível em: <http://www.EFNARC.org/pdf/SandGforSCC.PDF>.

**EN 445** *Grautes para Bainhas de Protendido.* Métodos de Ensaio. CEN, 12p. 1996.

**EVANGELISTA, L. DE BRITO, J.** *Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates* *Cement Concret.* Compos., 29 (5), 2007.

**F. F. SANTOS, L. U. D. TAMBARA JÚNIOR, N. F. CECHIN, V. L. ALMEIDA, M. A. B. SOUSA,** *Iberoam. J. Ind. Eng.* 4, 8 (2012).

**FUSCO, P.B.** *Tecnologia do Concreto Estrutural.* 2ª. Ed. Editora PINI. São Paulo, 2012.

**GOMES, P. C. C.** (2002) *Optimization and Characterization of High-Strength SelfCompacting Concrete.* Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

**GOMES, P. C. C.; BARROS, A.R.** *Métodos de dosagem de concreto autoadensável.* São Paulo: PINI, 2009.

**GONZÁLEZ-FONTEBOA, B., MARTÍNEZ-ABELLA, F.** *Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume. Materials and mechanical properties.* *Building and Environment,* v.43, n. 4, pp. 429-437, Apr. 2008.

**KABIR, S.; AL-SHAYEB, A.; KHAN, I. M.** *Recycled Construction Debris as Concrete Aggregate for Sustainable Construction Materials*. Procedia Engineering, 2016. v. 145, p. 1518–1525.

**KANTRO, D. L.** (1980) *Influence of Water Reducing Admixtures on Properties of Cement Pastes*. A miniature slump test. Cement Concrete Aggregates, v. 2, p. 95-102.

**KOU, S.C. POON, C.S.** *Properties of self-compacting concrete prepared with coarse and fine recycled concrete aggregates* Cem. Concr. Comp., 31. 2009.

**LEITE, M. B.** *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

**MEDEIROS, M. H. F.; GOBBI, A.; GROENWOLD, J. A.; HELENE, P.** *Previsão da vida útil de concreto armado de alta resistência com adição de metacaulim e sílica ativa em ambientes marinhos*. REM. Revista Escola de Minas (Impresso), v. 66, p. 59-65, 2013.

**MENDES, M.; BAUER, E.; SILVA, F.** *Avaliação dos parâmetros de autoadensabilidade e de reologia do concreto autoadensável*. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, e-11878, 2017.

**OKAMURA, H.; OUCHI, M.** *Self-compacting concrete*. Journal of advanced concrete technology, 2003. v.1. Number 1. p. 5-15.

**PEREIRA-DE-OLIVEIRA, L. A; NEPOMUCENO, M. C. S.; CASTRO-GOMES, J.P.; VILA, M. F. C.** *Permeability propieties of sef-compacting concrete with coarse recycled aggregates*. Constr, Build. Mater., 51, 2014.

**PIAIA, J.C.Z.; ROCHA, J.C.; CHERIAF, M.; MSTELIER, N.L.** *Measurements of water penetration and leakage in masonry wall: Experimental results and numerical simulation*. Building and Environment, v. 61, p. 18-26, 2013.

**R. A. G. BATTISTELLE, M. F. N. SANTOS, C. Y. HORI, P. S. JULIOTI, GEPROS** - *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 2 (2011).