

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO E DURABILIDADE DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO POR RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL<sup>1</sup>**  
**EVALUATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR AND DURABILITY OF CONCRETES PRODUCED WITH PARTIAL REPLACEMENT OF AGGREGATE LARGE AND SMALL BY RESIDUES OF CIVIL CONSTRUCTION**

**Lidiane Da Silva Carvalho<sup>2</sup>, Felipe Dalla Nora Soares<sup>3</sup>, Gabriela Da Silva Da Costa<sup>4</sup>, Thainá Yasmin Dessuy<sup>5</sup>, Lucas Fernando Krug<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do DCEENG, vinculada ao projeto de pesquisa institucional da UNIJUI

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUI, lidiane.carvalho.sob@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Civil formado pela UNIJUI, felipe-dallanora@hotmail.com

<sup>4</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, gah.bressam@gmail.com

<sup>5</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, thaiydessuy@hotmail.com

<sup>6</sup> Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientador, lucas.krug@unijui.edu.br

#### INTRODUÇÃO

Várias são as indagações a serem levadas em consideração para que os resíduos da construção civil também denominado RCC sejam inseridos na produção do setor no país, para isto, deve-se buscar formas de emprego que atenda tanto as propriedades desejadas do concreto, bem como, seja economicamente viável (AGOPYAN e JOHN, 2011). A reutilização destes materiais, propicia a redução na exploração de recursos naturais e também o descarte inadequado no meio ambiente, prolongando a vida útil das reservas (JOHN, 1999).

Perante isso, o trabalho justifica-se por envolver o sustentável com a produção de novas tecnologias para o mercado com uso de material alternativo, aliando a necessidade de destinação correta do RCC, e a diminuição do uso de recursos naturais.

#### METODOLOGIA E MATERIAIS

A dosagem foi realizada pelo método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) para os cinco traços, sendo concreto referência e concretos com substituições parciais de 10% e 20% em massa do agregado graúdo e miúdo convencional por resíduos da construção civil (RCC), as substituições foram realizadas de forma separada. Buscou-se obter um concreto com resistência de 25 MPa e um abatimento de 120mm  $\pm$  10mm, a relação a/c final foi de 0,44. A avaliação da resistência se deu pelo ensaio de compressão axial (NBR 5739/2007) nas idades de 7, 28, 56 e 91 dias. Para a verificação da durabilidade foram realizados os ensaios de absorção por capilaridade (NBR 9779/1995) e carbonatação acelerada com adaptação da LNEC E-391 de 1993 do

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

Laboratório Nacional de Engenharia Civil em Portugal, ambos foram realizados na idade de 28 dias após estarem estabilizados. No ensaio de carbonatação acelerada após exposição na câmara, fez-se o rompimento por compressão diametral e aspergido solução de fenolftaleína, que possibilitou medir a profundidade de carbonatação.

#### Materiais utilizados

O cimento utilizado no estudo foi o CP II-Z-32, cuja massa específica encontrada conforme ensaio especificado pela norma NBR 6474 (1984), resultou em 3,175 Kg/dm<sup>3</sup>. O agregado miúdo natural é oriundo dos areais de Santa Maria - RS e o agregado graúdo natural utilizado foi a Brita 0. O agregado reciclado miúdo e graúdo foram fornecidos pela empresa Resicon do município de Santa Rosa - RS.

Para conhecer a composição dos agregados, foi realizado sua caracterização, através dos ensaios de composição granulométrica de acordo com a NBR NM 248 (2001); massa específica do agregado miúdo de acordo com a NBR 9776 (1987) e do agregado graúdo de acordo com a NBR NM 53 (2003); e massa unitária solta de acordo com a NBR NM 45 (2006). Os resultados estão dispostos na tabela 1.

Propriedade	Agregado natural		Agregado reciclado	
	Miúdo	Graúdo	Miúdo	Graúdo
Diâmetro máximo (mm)	1,20	9,50	4,80	12,50
Módulo de finura	1,62	5,94	2,44	5,79
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	2,57	2,88	2,41	2,03
Massa Unitária Solta (kg/dm <sup>3</sup> )	1,50	1,49	1,26	1,10
Absorção(%)	-	1,53	-	11,03
Material pulverulento (%)	5,8	-	9,4	-

Tabela 1. Caracterização dos agregados natural e reciclado (Autoria própria, 2017)

Com a finalidade de conferir maior plasticidade aos concretos com substituição conforme Bauer (et al, 2012), foi utilizado o aditivo plastificante BUILDERMIX MD 40 fornecido pela empresa Builder Indústria e Comércio LTDA, de Cachoeirinha - RS. E tendo o material reciclado presença de finos e havendo a possibilidade de possuir atividade pozolânica em sua composição, foi realizado também o ensaio para determinar o índice de material pozolânico, conforme a NBR 5752/2014.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto a resistência mecânica, o concreto com substituição parcial do agregado miúdo natural pelo reciclado, notou-se um crescimento de resistência à compressão axial a partir do 7º dia comparado com o traço referência, este fato se explica pela reação do material pozolânico presente no agregado reciclado. Os resultados estão dispostos no gráfico 1. Nos resultados encontrados para os concretos com substituição do agregado graúdo, percebe-se que estes se igualam, e na idade de 56 dias, foram superiores que o traço referência conforme gráfico 2.

O bom comportamento mecânico do material reciclado se justifica por este apresentar maior

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

rugosidade dos grãos proporcionando maior aderência entre a pasta e o agregado, contribuindo para a redução da porosidade na zona de transição, além da presença de finos melhorar o empacotamento dos grãos diminuindo o volume de vazios.

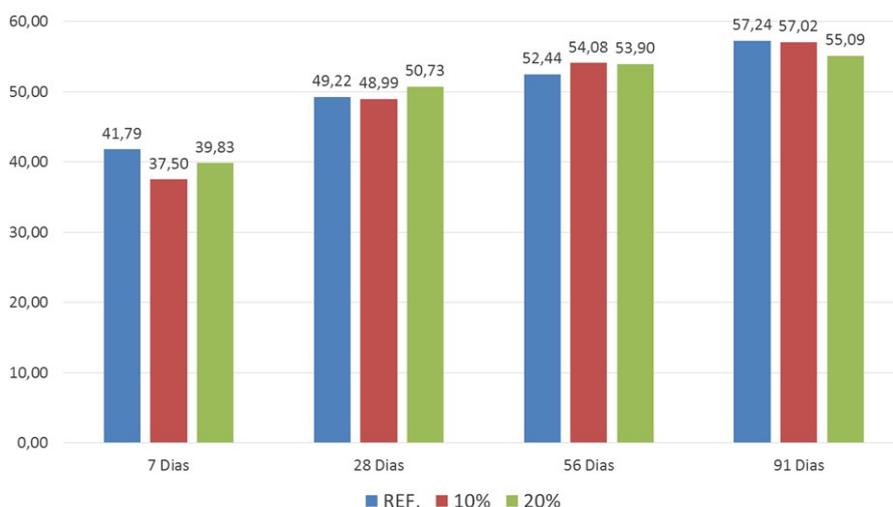


Gráfico 1. Resistência à compressão com substituição do agregado miúdo (Autoria própria, 2017)

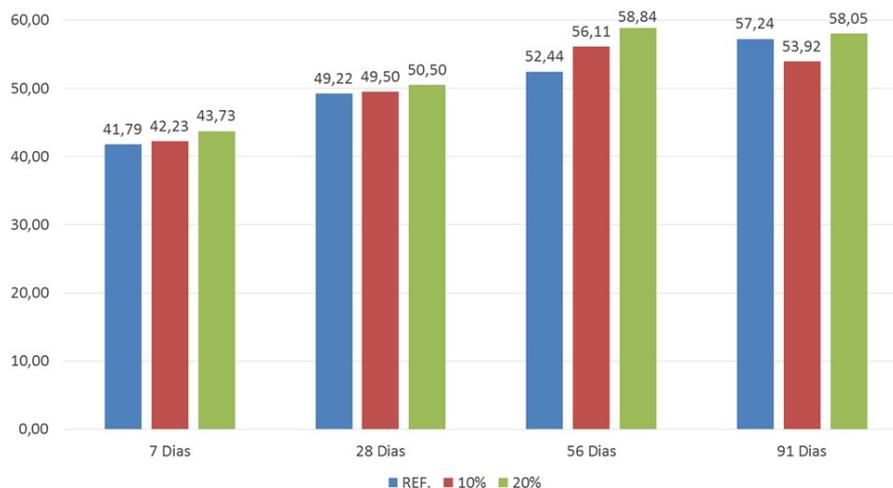


Gráfico 2. Resistência à compressão com substituição do agregado graúdo (Autoria própria, 2017)

No estudo da durabilidade através do ensaio de absorção por capilaridade, os resultados encontrados na substituição do agregado miúdo estão demonstrados no gráfico 3, o concreto referência alcançou a maior absorção de água, o traço com 20% de substituição no final das leituras, obteve absorção aproximadamente parecida. A substituição de 10% obteve as mais baixas absorções. Para os concretos com substituição do agregado graúdo, o traço referência apresentou

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

novamente as maiores absorções. O concreto de 10% e 20% de substituição, obtiveram, respectivamente, absorções 22% e 28% inferiores ao concreto referência, conforme gráfico 4.

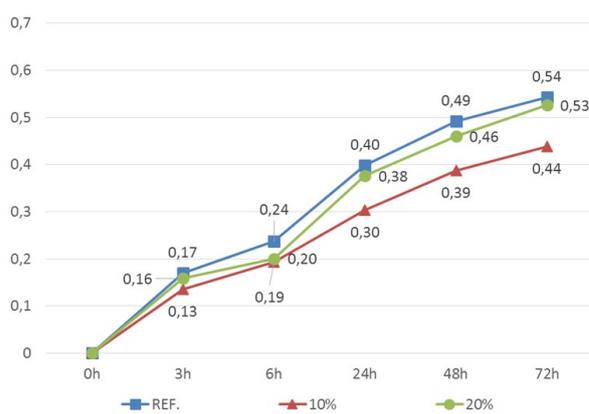


Gráfico 3. Absorção por capilaridade de concretos com agregado miúdo (Autoria própria, 2017)

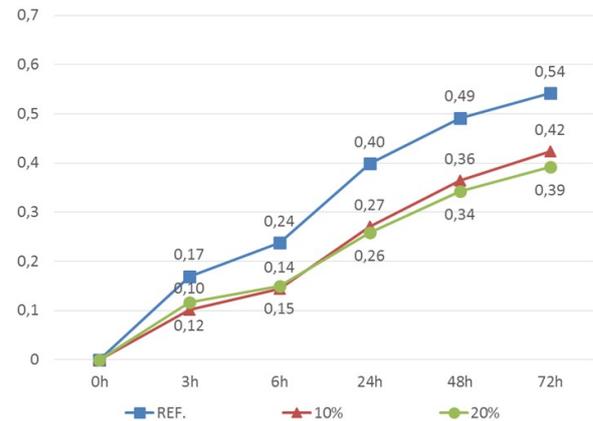


Gráfico 4. Absorção por capilaridade de concretos com agregado graúdo (Autoria própria, 2017)

O ensaio de carbonatação acelerada dos concretos com substituição do agregado miúdo, o percentual de 20% obteve uma carbonatação média de 41% inferior comparada a carbonatação do concreto referência, já o de 10%, obteve uma carbonatação média 18% inferior ao do concreto referência. Vale salientar que a carbonatação é em função da porosidade do concreto, logo, os concretos com substituição parcial do agregado miúdo absorvem menos por serem menos porosos. Para os resultados obtidos com a substituição do agregado graúdo, os percentuais de 10% e 20% ficaram com resultados próximos, sendo 39% inferior para o concreto de 10% e 42% inferior para o concreto de 20%. Esse fato pode ter ocorrido devido ao agregado graúdo ter um formato cúbico, que evita o concreto fique poroso quando a água livre se acumula sob os grãos.

No ensaio de determinação do índice de material pozolânico, a amostra com 25% de substituição do cimento pelo RCC obteve resistência superior à amostra referência aos 28 dias, sendo o índice de material pozolânico encontrado de 107,76%. Obteve-se 32,98 MPa no corpo de prova referência, e 35,55 MPa o corpo de prova com a substituição.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos os traços com alteração em parte do agregado graúdo e miúdo se mostram praticamente iguais ao referencial nas datas verificadas quanto a resistência mecânica, apresentando bom desempenho. Na verificação da durabilidade, os resultados dos ensaios demonstram bom comportamento em todos os traços com substituição de resíduos quando comparados ao concreto referência, percebendo que a durabilidade dos concretos produzidos com substituição pode ser superior à dos concretos convencionais.

A partir da análise dos resultados obtidos com esta pesquisa, estima-se que a utilização do RCC em concretos com substituição em baixas porcentagens é possível, sobretudo em concretos com função estrutural, pois a presença do resíduo não comprometeu suas propriedades, ainda,

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

apresentando melhora quanto a durabilidade.

Palavras-chave: Substituição de agregado; Reaproveitamento de resíduos; Carbonatação.

Keywords: Aggregate replacement; Waste reuse; Carbonation.

#### AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela participação do Programa de Educação Tutorial, ao PIBIC pelas bolsas cedidas, ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI, em especial ao laboratorista Luiz Donato. A empresa Builder, pela cedência do aditivo, ao orientador Mestre Lucas Fernando Krug, pelo estímulo a pesquisa e busca por novos conhecimentos, às empresas Funicalha e 2K2 Engenharia e Arquitetura pela disponibilidade de equipamentos e espaço para execução de ensaios.

#### REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V. e JOHN, V. M. "O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil". Editora Blucher. 1.ed. Vol. 5. 2011, P. 141.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5739. Concreto - Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil, 2007, P. 9.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5752. Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, Brasil, 2014, P.8.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6474. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, Brasil, 1984, P. 11.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9776. Agregados - Determinação da massa específica Chapman. Rio de Janeiro, Brasil, 1987, P. 3.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9779. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, Brasil, 1995, P.2.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR NM 45. Agregados - Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, Brasil, 2006, P. 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, Brasil, 2003, P. 15.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, Brasil, 2001, P. 6.
- BAUER, L.A. F.; NORONHA, M. A. A.; BAUER, R. J. F. "Uso de Aditivos no Concreto". In: Materiais de construção. Ed. L. A. Falcão Bauer. 5.ed. rev. Rio de Janeiro, LTC, 2012.
- JOHN, V. M. "Panorama sobre reciclagem de resíduos na construção civil". In: seminário desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil, 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: Comitê técnico do IBRACON/ TC 206 - Meio ambiente, 1999.
- LNEC E 391 Betões: Determinação da resistência à carbonatação. Lisboa, 1993.