

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO E DURABILIDADE DE  
CONCRETOS PRODUZIDOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO  
AGLOMERANTE PELA FRAÇÃO FINA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL<sup>1</sup>**

**EVALUATION OF MECHANICAL PERFORMANCE AND DURABILITY OF  
CONCRETES PRODUCED WITH PARTIAL REPLACEMENT OF  
AGGLOMERANT BY THE FINAL FRACTION OF WASTE FROM CIVIL  
CONSTRUCTION**

**Lidiane Da Silva Carvalho<sup>2</sup>, Bruna Carolina Jachinski<sup>3</sup>, Lucas Fernando  
Krug<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do DCEEng, desenvolvida através do Programa de Educação Tutorial - PET Engenharia Civil UNIJUI

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

<sup>3</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUI, brunajachinski@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, lucas.krug@unijui.edu.br

#### INTRODUÇÃO

Para o gerenciamento dos resíduos a reutilização torna-se a melhor solução, além de garantir o descarte adequado destes, a reutilização é uma das principais alternativas sustentáveis, que além de diminuir a extração de matéria prima, reduz os impactos ambientais gerados pelos resíduos a sociedade moderna, segundo Leite (2001) e Menezes et al, (2009). No Brasil mesmo recente, tem ampliado o número de pesquisas sobre a viabilidade do uso de resíduos da construção civil - RCC, tendo em vista a nova visão da reciclagem de materiais e os benefícios relacionados (VERAS, 2012). A utilização de resíduos no concreto promove a diminuição do custo e os impactos ambientais, porém como os RCC apresentam grande variabilidade em sua composição, torna-se necessário avaliar a qualidade dos concretos produzidos com incorporação destes (JACQUES, 2013). Com este intuito, a pesquisa justifica-se por buscar solução a um problema de descarte de um resíduo que é até então gerado em grandes quantidades, destinando-o de forma correta, e possibilitando também a diminuição da extração dos materiais naturais utilizados no concreto.

#### METODOLOGIA E MATERIAIS

Buscando avaliar os concretos produzidos com substituição parcial do cimento pela fração fina de RCC, realizou-se o ensaio de compressão axial simples para verificar a resistência mecânica, e os ensaios de absorção por capilaridade e carbonatação acelerada para análise da durabilidade. A composição do traço foi realizada através do método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002) visando um concreto com resistência de 20MPa aos 28 dias e um abatimento de

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

120mm  $\pm$  10mm, a relação água/cimento corrigida foi de 0,53 para o traço referência. As substituições realizadas foram de 10% e 20% em massa do cimento pela fração fina do RCC misto passante na peneira de malha 200 que possui abertura de 0,075mm. Tendo em vista a absorção do material substituído e a massa específica deste, se fez necessário o acréscimo de água para atingir o abatimento desejado, assim a relação água/cimento destes traços foram de 0,56 e 0,57 para os concretos com 10% RCC e 20% RCC respectivamente.

Os métodos utilizados na pesquisa são o bibliográfico, experimental aplicado, dedutivo, quantitativo e qualitativo, e realizou-se através da comparação entre os traços com substituição e o traço referência. O ensaio de compressão axial (NBR 5739/2018) analisou a resistência dos concretos nas idades de 7, 28 e 56 dias para três corpos de prova para cada idade em cada traço. Na verificação da durabilidade, o ensaio de absorção por capilaridade realizou-se em três corpos de prova de cada traço na idade de 28 dias, conforme as orientações descritas pela NBR 9779 (ABNT, 2012), já o ensaio de carbonatação acelerada baseado na LNEC E-391 (1993) foi realizado em pastilhas de concreto de 10cm de diâmetro por 5cm de altura, estas foram separadas em dois lotes com períodos de sazonalamento de 14 dias para o lote 1 e 28 dias de sazonalamento para o lote 2. Este período de sazonalamento refere-se ao tempo que as pastilhas ficaram em local aberto e arejado para perda gradual da umidade após 28 dias na câmara úmida. Na câmara de carbonatação cada lote foi separado em dois grupos que permaneceram 14 e 28 dias no interior da câmara com uma concentração de CO<sub>2</sub> de 5%  $\pm$  0,5%, umidade relativa do ar 60%  $\pm$  5% e temperatura de 23°C  $\pm$  3°C, após este período as pastilhas foram rompidas no sentido diametral e aspergido solução de fenolftaleína que possibilita a medição da profundidade de carbonatação através da coloração dada pela alteração do pH do concreto.

**Materiais utilizados**

Para o estudo foi utilizado o cimento CP II-F-32, que apresentou massa específica de 3,007g/cm<sup>3</sup>, obtida através do ensaio descrito pela NBR 16605 (ABNT, 2017). O agregado miúdo utilizado é oriundo dos areais de Santa Maria - RS e o agregado graúdo foi a brita 0. O material substituído foi obtido através do agregado miúdo de RCC misto fornecidos pela empresa Resicon do município de Santa Rosa - RS, primeiramente este foi peneirado na peneira nº 16 e o passante nesta foi novamente peneirado na peneira de malha 200, o material utilizado é o passante na 200, este material foi caracterizado pela NBR 16605 (ABNT, 2017) chegando a uma massa específica de 2,564g/cm<sup>3</sup>. A figura 1 demonstra o material utilizado.



Figura 1: Fino de RCC misto passante na peneira de malha nº 200 (Autoria própria, 2019)

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise da resistência mecânica, os concretos com substituição do cimento pelo fino do RCC nas porcentagens de 10% e 20%, apresentaram 89,12% e 65,84% da resistência do concreto referência respectivamente. O traço com 10% RCC mostrou-se próximo ao traço referência em todas as idades, já o traço 20% RCC apresentou a maior perda de resistência cerca de 34,17%, desta forma, percebemos que a fração fina do RCC promoveu a diminuição gradual da resistência com a elevação do percentual substituído. Os traços com RCC apresentaram queda na resistência, este fato pode ser explicado devido ao acréscimo de água para correção do abatimento, o que proporcionou o aumentando da relação água/aglomerante, além da diminuição do teor de material cimentante, promovendo a diminuição do material reagente para promover as ligações necessárias no concreto. O gráfico 1, demonstra os valores obtidos.

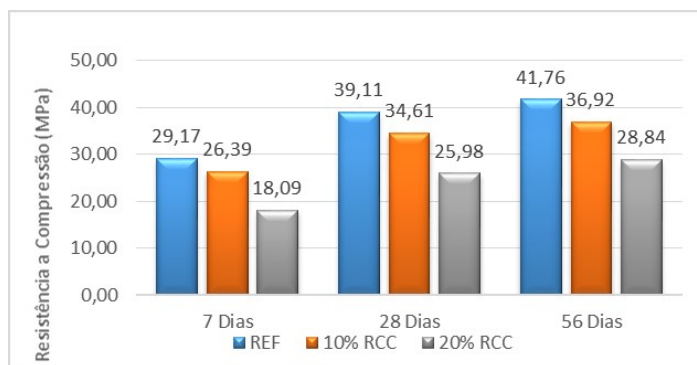


Gráfico 1: Resultados do ensaio de resistência à compressão (Autoria própria, 2019)

Quanto a verificação da durabilidade, no ensaio de absorção por capilaridade os concretos se mostraram próximos, com um crescimento gradual ao longo do tempo ensaiado e conforme o teor de substituição, com pequena variação entre os traços. O concreto referência apresentou a menor absorção, seguido do concreto com substituição de 10% RCC e 20% RCC. Os resultados encontrados estão apresentados no gráfico 2.

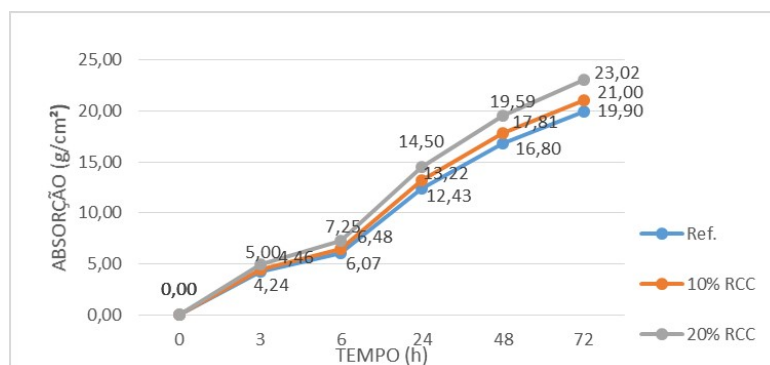


Gráfico 2: Resultado do ensaio de absorção por capilaridade (Autoria própria, 2019)

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

O valor da absorção no tempo de 72hs apresentou diferença de 1,11 g/cm<sup>2</sup> do concreto 10% RCC em relação a referência significando 5,58%, e 3,12 g/cm<sup>2</sup> do concreto 20% RCC em relação à referência representando 15,70%. O pequeno acréscimo da absorção por capilaridade foi gradual conforme o teor de substituição, isso se justifica na diferença entre a relação água/cimento, tendo os traços com substituição necessitado maior volume de água durante a moldagem, desta forma, aumentando a água livre presente no corpo de prova, sendo que, após a estabilização a perda desta água livre possibilitou os vazios que promoveram a ascensão capilar da água.

No ensaio de carbonatação, o concreto referência apresenta-se mais resistente a penetração do CO<sub>2</sub>, seguido do concreto 10% RCC, e o traço com maior profundidade de carbonatação é o com 20% de substituição. Destaca-se também, que a profundidade carbonatada foi maior nas pastilhas do lote 1, demonstrando que o teor de umidade das pastilhas tem grande influência na profundidade e na evolução da carbonatação, contudo a umidade em excesso é prejudicial a esta pois promove o preenchimento dos vazios presentes na argamassa. A evolução da carbonatação está apresentada no gráfico 3.

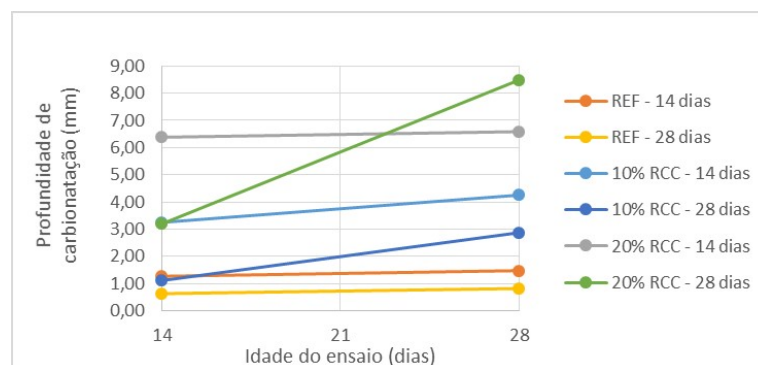


Gráfico 3: Evolução da carbonatação dos concretos ensaiados (Autoria própria, 2019)

Em todos os concretos ensaiados houve um acréscimo na profundidade de carbonatação conforme o aumento do tempo em exposição, o lote 1 apresentou as maiores profundidades em todos os traços, exceto no traço de 20% RCC aos 28 dias de carbonatação que demonstrou um comportamento diferente em relação aos demais, este pode ser explicado devido a maior umidade ainda presente no concreto, já que o traço de 20% RCC apresenta maior absorção que os demais traços. Da mesma forma, no lote 2 o maior percentual de carbonatação reforça a constatação de que a umidade em excesso é prejudicial de forma que após os 28 dias de sazonalidade a perda de umidade presente no corpo de prova foi maior, e assim possibilitou maior penetração de CO<sub>2</sub>.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos percebe-se que o desempenho mecânico resultou satisfatório ao esperado na dosagem, porém os traços com RCC não se igualaram ao concreto referência em nenhuma idade analisada, contudo a substituição de 10% manteve-se muito próxima à referência demonstrando que apesar de diminuir a quantidade do aglomerante padrão, não houve uma perda tão significativa na resistência. Já na análise da durabilidade, verificou-se uma queda de desempenho tanto na absorção por capilaridade quanto na carbonatação acelerada, porém esta

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

diferença manteve-se pequena e gradual com o aumento do teor de substituição.

Apesar dos resultados encontrados não apresentarem melhora nas propriedades dos concretos, não houve perda significativa no desempenho, mas sim gradual ao teor de substituição. A influência da utilização da fração fina de RCC nos concretos é significativa, porém, apresenta comportamento esperado tendo em vista a diminuição do teor de cimento e as alterações imposta pelo material substituído. Outro fator importante a considerar, é que o volume de resíduos da construção civil é imenso, desta forma todo estudo que visa analisar a possibilidade de uso deste é válido, e de fundamental importância.

Palavras-chave: Carbonatação; Reaproveitamento de resíduos; Substituição do cimento.

Keywords: Carbonation; Waste reuse; Replacement of cement.

#### AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela participação do Programa de Educação Tutorial e a bolsa cedida, a universidade UNIJUI e ao Laboratório de Engenharia Civil - LEC. Ao orientador Mestre Lucas Fernando Krug pela dedicação, empenho e estímulo a pesquisa, às empresas 2K2 Engenharia Diagnostica e Funicalha pela disponibilidade de equipamentos para execução de ensaios.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento Portland. São Paulo, ABCP, Boletim Técnico BT-106, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 5739. Concreto - Ensaio de Compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

\_\_\_\_\_. NBR 9779. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

\_\_\_\_\_. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

JACQUES, J. R. Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concretos de cimento Portland. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese, Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LNEC E 391 Betões: Determinação da resistência à carbonatação. Lisboa, 1993.

MENEZES R. R.; NEVES G.A.; SOUZA J.; MELO W. A.; FERREIRA H. S. Atividade pozolânica dos resíduos do beneficiamento do caulim para uso em argamassas para alvenaria; Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental; Campina Grande-PB; v.13, n.6, p.795-801, 2009.

VERAS, Luciana M. Estudo das propriedades do concreto com diferentes proporções de agregados de resíduos de construção civil com e sem saturação prévia. (Dissertação de Mestrado). UFPE. Recife-PE, 2012.