



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES (ECCS) PRODUZIDOS COM ADIÇÃO DE MATERIAL POZOLÂNICO

**Gustavo B. Wally**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pelotas  
gustavo.wally@gmail.com

**Liane P. Griep**

Professora do curso de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pelotas  
liane.griep@ucpel.edu.br

**Carlos H. H. Viegas**

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande  
chviegas@furg.br

**Resumo.** O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um traço de Engineered Cementitious Composite (ECC), o qual tem sido bastante estudado em universidades de países desenvolvidos, com utilização de materiais facilmente encontrados no mercado – a saber, areia de rio e cimento CP IV, e adição de cinza volante, a qual é resíduo da geração térmica de energia elétrica. Deste serão analisadas as resistências à compressão axial e à tração na flexão afim de validar o emprego dos materiais adotados.

**Palavras-chave:** Engineered Cementitious Composite. Concreto de alto desempenho. Cinza volante.

### 1. INTRODUÇÃO

Ainda que possua uma vasta gama de características que lhe conferem o rótulo de material estrutural mais utilizado no mundo, o concreto apresenta algumas limitações, das quais destaca-se sua pequena capacidade de deformação antes da ruptura (Figueiredo [1]).

Brandão [2] salienta que frente a estas limitações estudos têm avançado em busca de alternativas capazes de aprimorar as propriedades mecânicas do concreto. Segundo Magalhães [3], na última década foi

desenvolvida uma grande quantidade de compósitos cimentícios reforçados com fibras buscando obter estruturas mais tenazes e duráveis.

Casagrande [4] indica que o Grupo de Pesquisa do ACE-MRL (*Advanced Cementitious Materials – Materials Research Laboratory*) da Universidade de Michigan, Estados Unidos, desenvolveu uma nova categoria de compósitos cimentícios reforçados com fibras, chamada de *Engineered Cementitious Composite* (ECC). Com adição máxima de fibras de apenas 2% frente ao volume total da pasta, estes foram projetados para resistir a elevadas tensões de tração e cisalhamento.

Em sua dissertação, Griep [5] desenvolveu ECCs com adição de cinza volante utilizando cimento CP V ARI e areia quartzolítica. Seus resultados serão utilizados como referência.

### 2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em três etapas. Uma vez selecionados os materiais – sendo cimento CP IV, areia, cinza volante, fibras de polipropileno, aditivo super plastificante e água, a primeira etapa consistiu na realização

de ensaios laboratoriais para caracterização e validação destes. Na segunda etapa o traço foi calculado, utilizando método já consolidado para tal, e executado. Com o traço executado e a massa ainda em estado fresco, foram moldados os corpos de prova, sendo estes cilíndricos – de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, para o ensaio de compressão axial, e prismáticos – de 4 cm x 4 cm x 16 cm, para o ensaio de tração na flexão e determinação do módulo de ruptura (MOR). Por fim, na terceira etapa, foram realizados os ensaios de resistência à compressão axial e à tração na flexão, ambos aos 56 e 91 dias, bem como a análise dos resultados apresentados.

### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos nas etapas 1 e 2, de caracterização dos materiais e cálculo do traço, respectivamente, são apresentados nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1. Resultados obtidos na fase de caracterização e validação dos materiais.

Ensaio	Material	Resultado
Determinação da Composição Granulométrica	Areia	2,4 mm
Determinação de Impurezas Orgânicas		De acordo
Massa unitária		1,47 g/dm <sup>3</sup>
Massa específica		2,62 g/cm <sup>3</sup>
	Cinza volante	1,77 g/cm <sup>3</sup>
	Cimento CP IV	2,72 g/cm <sup>3</sup>

Destaca-se as massas unitária e específica e a composição granulométrica, visto que os resultados das propriedades mecânicas do compósito serão comparados com os resultados da Ref. [5], que utilizou areia quartzosa 80/100, com partículas apresentando tamanho médio de 150 µm, massa específica de 2,17 g/cm<sup>3</sup> e massa unitária igual a 1,46 g/dm<sup>3</sup>, e sílica moída, com partículas de dimensão na ordem de 75

µm, massa específica de 2,03 g/cm<sup>3</sup> e massa unitária de 1,07 g/dm<sup>3</sup>.

Tabela 2. Relação dos materiais em massa.

Materiais (Proporção)	Massa (g)
Cimento CP IV-32 (1)	2966,00
Areia (0,43)	1275,00
Cinza volante (0,40)	1186,00
Água (0,89)	2608,30
Super plastificante (0,01)	47,50
Fibra PP (0,02)	90,00

A Fig. 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial e à tração na flexão.

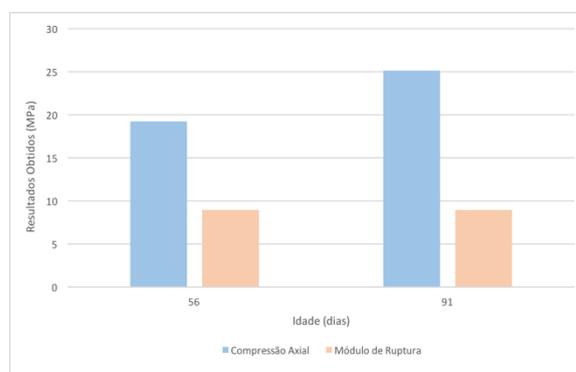


Figura 1. Resultados obtidos para resistência à compressão axial e módulo de ruptura à flexão.

As figuras 2, 3, 4 e 5 comparam os resultados obtidos neste trabalho com os obtidos pela Ref. [5].

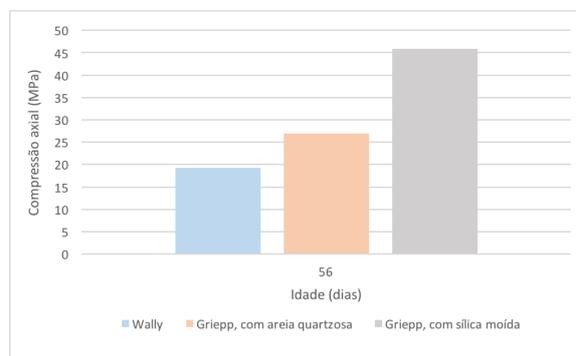


Figura 2. Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial aos 56 dias frente aos resultados da Ref. [5].

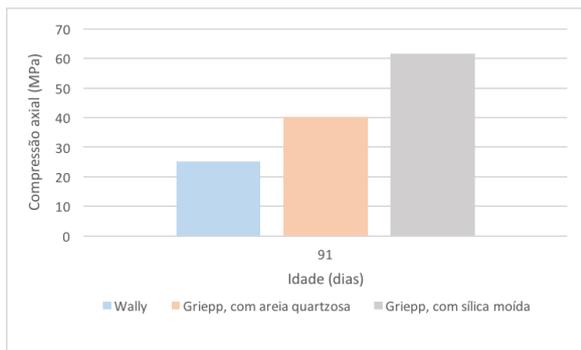


Figura 3. Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial aos 91 dias frente aos resultados da Ref. [5].

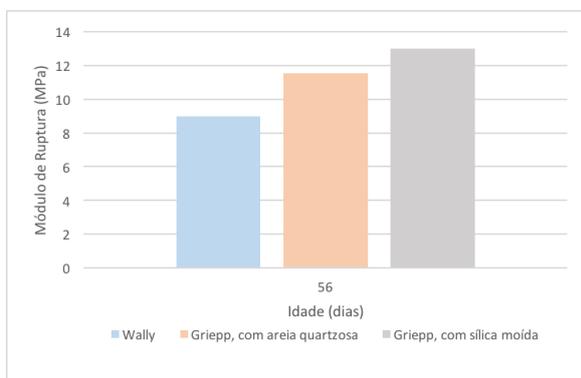


Figura 4. Módulo de ruptura à flexão obtido aos 56 dias frente aos resultados da Ref. [5].

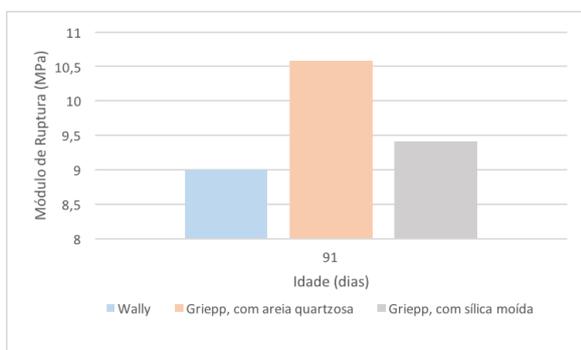


Figura 5. Módulo de ruptura à flexão obtido aos 91 dias frente aos resultados da Ref. [5].

#### 4. CONCLUSÕES

Analisando de forma isolada o incremento de resistência à compressão, observa-se um acréscimo de 31% entre os 56 e 91 dias. Quanto ao módulo de ruptura não houveram variações, permanecendo este estável em 9,00 MPa.

Frente à Ref [5], os resultados mostraram-se abaixo do esperado, sendo, na resistência à compressão axial, 28,62% e 37,44% inferior

aos 56 e 91 dias, respectivamente. Quando analisado o módulo de ruptura, a utilização de cimento CP IV e areia de rio também se mostra menos eficaz, sendo os resultados da Ref [5] superiores em 139% aos 56 dias e 145,33% aos 91 dias.

Constata-se, assim, que à medida que a idade avançou o desempenho do compósito à compressão axial evoluiu, entretanto, seu módulo de ruptura não apresentou incrementos de resistências. Estes fatos podem estar ligados ao tipo de material pozolânico utilizado, à quantidade empregada deste material ou ainda à areia adotada, a qual é proveniente de rios, não beneficiada e de granulometria acima da utilizada em estudos anteriores.

Considerando os resultados apresentados os desempenhos apresentam-se ainda insatisfatórios, sendo necessários mais estudos para o desenvolvimento de um traço de ECC com materiais facilmente encontrados no mercado. Deve-se testar a utilização de outro tipo de cimento, variar os teores de material pozolânico e areias de diferentes granulometrias, em busca de, principalmente, melhores resultados de resistência à tração.

#### 4. REFERENCIAS

- [1] A. D. Figueiredo, “Concreto com fibras” Ibracon, vol. 2, 2005, pp. 1195-1225.
- [2] Jefferson Heleno Brandão, “Análise Experimental e Numérica de Cascas de Concreto de Ultra-Alto Desempenho Reforçado com Fibras”. Tese (Doutorado), 2005, 128 p., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- [3] M. S. Magalhães, “Caracterização Experimental de Compósitos Cimentícios Reforçados com Fibras de PVA: processo de fratura, propriedades térmicas, deformações diferidas e estabilidade térmica”. 2010. 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa Coimbra de Pós-Graduação e

Pesquisa de Engenharia Civil,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro, 2010.

- [4] E. Q. Casagrande, “Compósito reforçado com fibras de polipropileno e com adição de cinza volante: estudo do desempenho em pavimento de concreto”. 2012. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- [5] L. P. Griep, “Possibilidade de incorporação de cinza volante e cinza de casca de arroz na produção de Engineered Cementitious Composites”. 2012. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia dos Materiais. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.