

ESTUDO DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE *ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES* COM MATERIAIS DISPONÍVEIS NA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

WALLY, G. B.¹, GRIEPP, L. P.², VIEGAS, C. H. H.³

¹ Universidade Católica de Pelotas (UCPEL) – Pelotas – RS – Brasil – gustavo.wally@gmail.com

² Universidade Católica de Pelotas (UCPEL) – Pelotas – RS – Brasil – liane.griep@ucpel.edu.br

³ Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande – RS – Brasil – chviegas@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a validação de um traço de *Engineered Cementitious Composite* (ECC), já bastante utilizado em países como os Estados Unidos da América, produzido com materiais encontrados na região sul do Rio Grande do Sul, como areia de rio, cimento CP IV e cinza volante, a qual é resíduo da geração térmica de energia elétrica.

Palavras-chave: Engineered Cementitious Composite; cinza volante; concreto de alto desempenho.

1 INTRODUÇÃO

Embora o concreto seja possuidor de uma série de características que lhe conferem o título de material estrutural mais utilizado no mundo, este apresenta certas limitações, dentre as quais destaca-se sua baixa capacidade de deformação antes da ruptura (FIGUEIREDO, 2005). É frente a tais limitações que estudos avançam, buscando encontrar alternativas capazes de gerar melhorias no desempenho das propriedades mecânicas do concreto. Destas buscas, os concretos de alto desempenho reforçados com fibras têm sido um dos principais resultados positivos (BRANDÃO, 2005). Buscando acentuar os efeitos gerados pelas fibras, bem como a possibilidade de uso de peças mais leves e resistentes, para a execução do referido trabalho reduziu-se o uso de agregado graúdo, passando a ser utilizada uma mistura similar à argamassa, sendo esta comumente chamada de compósito cimentício reforçado com fibras. Os *Engineered Cementitious Composites* (ECCs) são um tipo especial de compósito cimentício, sendo estes reforçados com fibras e possuidores de elevada ductilidade à tração (GARCEZ, 2009). Conforme Casagrande (2012), o desempenho do compósito relaciona-se diretamente com as propriedades presentes na fibra, devendo esta ser compatível com a matriz em aspectos como módulo de elasticidade e resistência. Além disso, deve ser observado o teor de fibra empregado e a aderência da mesma com a matriz. Griep (2014) desenvolveu ECCs utilizando diferentes materiais pozolânicos, areia quartzolítica com diâmetro máximo de 2,00mm, cimento CP V ARI RS e fibra de polipropileno, em busca do efeito *strain-hardening*, característico por transferir o carregamento entre as fibras e elevar a capacidade de deformação após atingir a tensão máxima de carregamento. Como conclusão, Griep (2014) apresentou a viabilidade da realização de ECC utilizando materiais pozolânicos, apontando ainda que, dos diferentes traços realizados, os que apresentaram os melhores resultados no ensaio de tração à flexão foram os

compostos pela cinza volante. Esta pesquisa teve por objetivo desenvolver um *ECC* utilizando cinza volante proveniente da queima de carvão mineral, agregado miúdo local e fibras de polipropileno. Para este trabalho, empregou-se cimento CP IV 32 e areia de rio, com diâmetro máximo de 2,40mm. Cabe ainda salientar que o cimento adotado no presente trabalho já é produzido com certo percentual de material pozolânico. Assim sendo, o traço desenvolvido possui um índice mais elevado deste material que os traços tidos como base. Optou-se por este tipo de cimento pois o mesmo é vastamente comercializado.

2 METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS)

A metodologia consistiu na realização de três etapas, sendo a primeira a realização de caracterização dos materiais, com ensaios de massa específica da areia, da cinza volante e do cimento, massa específica unitária da areia, determinação da composição granulométrica do agregado miúdo e determinação de impurezas orgânicas; a segunda, o desenvolvimento do traço a ser posteriormente realizado, utilizando método já consolidado para tal e tomando como base os resultados dos ensaios de caracterização, além da moldagem dos corpos de prova, sendo estes cilíndricos – com 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 ensaios de tração na flexão; e, a terceira, realização de ensaios mecânicos de resistência à compressão e à tração na flexão, como demonstra o fluxograma da figura 1.

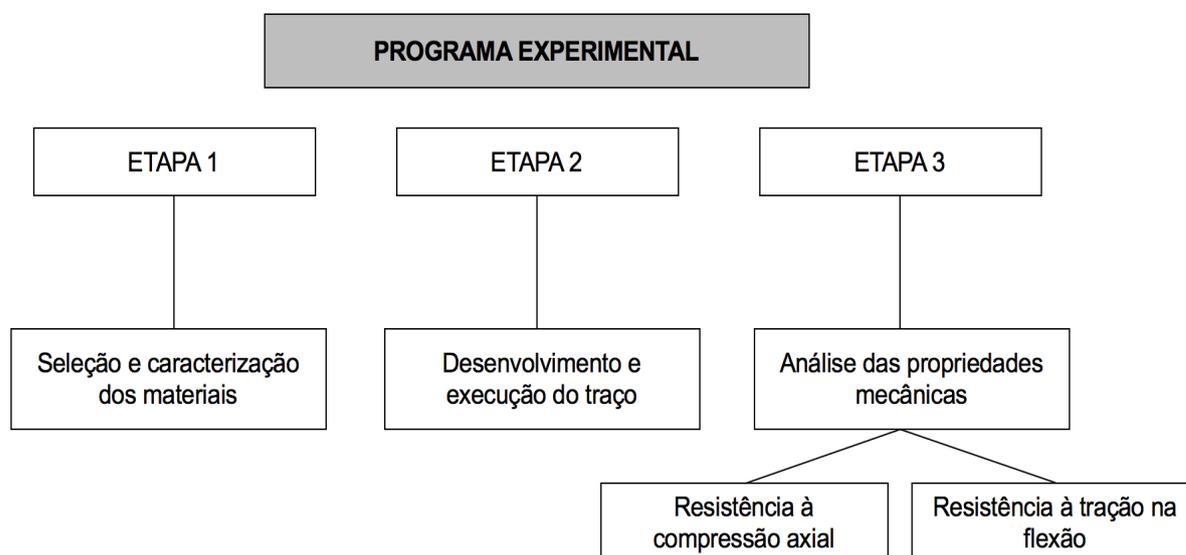


Figura 1. Programa experimental da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na primeira e segunda etapas estão expostos nas tabelas 1 e 2:

ENSAIO	NORMA REGULAMENTADORA	MATERIAL	RESULTADO OBTIDO
Determinação da Composição Granulométrica	NM 248/2003	Areia	2,4 mm
Determinação de Impurezas Orgânicas	NM 49/2001	Areia	De acordo
Massa unitária	NM 45/2006	Areia	1,47 g/dm ³
Massa específica	NM 52/2009	Areia	2,62 g/cm ³
		Cinza volante	1,77 g/cm ³
	NM 23/2001	Cimento CP IV	2,72 g/cm ³

Tabela 1 – Ensaios de caracterização dos materiais.

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

Tabela 2 – Relação dos materiais em massa.

Os resultados obtidos nos ensaios mecânicos realizados estão demonstrados na figura 2.

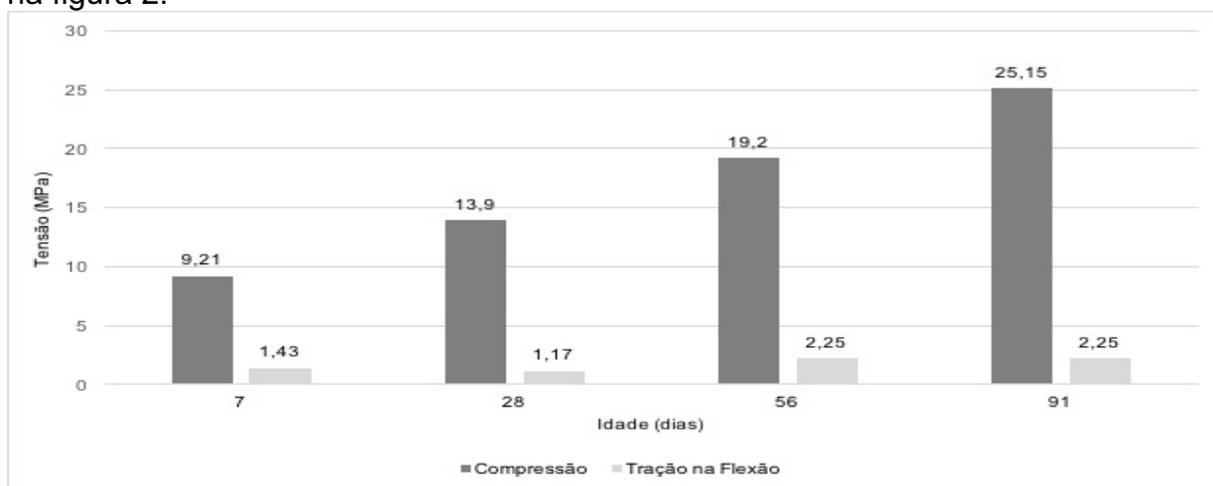


Figura 2. Gráfico de incremento de tensões ao longo do tempo.

Assim, percebe-se a evolução da resistência do compósito com o passar do tempo, fato este que é acentuado pela utilização do material pozolânico, cuja reação é mais lenta. A resistência à tração, na qual ocorre a ação das fibras, manteve-se estável a partir dos 56 dias.

4 CONCLUSÃO

Analisando de forma isolada o incremento de carga apresentado pelos ensaios à compressão, tem-se um acréscimo de 66,26% ao comparar o desempenho nas idades de 7 e 28 dias, 72,39%, comparando as idades de 28 e 56 dias, e 76,34% comparando as idades de 56 e 91 dias.

Quanto ao desempenho à tração na flexão, observou-se que, aos 7 dias, este equivale a 15,52% do suportado quando o compósito é comprimido. Já aos 28 dias, a resistência à tração passa a ser de 8,42% da resistência à compressão. Tal queda pode estar relacionada pela não homogeneidade da distribuição das fibras ao longo do compósito. Aos 56 dias, este percentual é de 11,72% e, aos 91 dias, 8,95%.

Constata-se, portanto, que à medida que a idade avançou o desempenho do compósito frente à resistência à tração na flexão, quando comparado à sua resposta à compressão, apresentou um resultado inferior ao esperado. Este fato pode estar relacionado ao tipo de material pozolânico utilizado – a saber, cinza volante proveniente da queima de carvão mineral -, à quantidade empregada deste material, ou ainda à areia empregada, a qual era proveniente de rios, não beneficiada e de granulometria acima da utilizada em estudos anteriores.

Considerando os resultados acima apresentados, o desempenho à compressão apresentou-se satisfatório, entretanto, para o desenvolvimento de um traço de ECC com materiais disponíveis no mercado regional, fazem-se necessários mais estudos, como utilização de outro tipo de cimento, teores diversos de material pozolânico e areias de granulometria variadas, em busca de melhores resultados para resistência à tração, pois busca-se o efeito *strain-hardening*.

5 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.
- ____ NBR NM 49 – Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro. 2001.
- ____ NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006.
- ____ NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2009.
- ____ NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de parede e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro. 2005.

_____ NBR NM 23 – Cimento portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 2001.

_____ NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2004.

BRANDÃO, J. H. (2005). Análise Experimental e Numérica de Cascas de Concreto de Ultra-Alto Desempenho Reforçado com Fibras. 2012. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programas de Pós-Graduação em Engenharias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CASAGRANDE, E. Q. (2012). Compósitos reforçados com fibras de polipropileno e com adição de cinza volante: estudo do desempenho em pavimentos de concreto. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FIGUEIREDO, A. D. Concreto com fibras. In: Isaia, G. C. (2005). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo. *Ibracon*, v. 2.

GARCEZ, E. O. (2005). Investigação do comportamento de Engineered Cementitious Composites reforçados com fibras de polipropileno como material para recapeamento de pavimentos. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GRIEPP, L. P. (2014). Possibilidade de incorporação de cinza volante e cinza de casca de arroz na produção de Engineered Cementitious Composites. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.