

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS DE ULTRA-ALTO DESEMPENHO SUSTENTÁVEIS

Carlos Henrique de Oliveira Rodrigues

Ricardo Carrazedo

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo

carloshrodrigues@usp.br

Objetivos

Ao longo dos últimos anos, principalmente pautados na Agenda 2030 da ONU, diversos setores da indústria vêm se adaptando na busca pela incorporação e aprimoramento da sustentabilidade em seus processos e produtos visando amenizar os impactos ambientais gerados pela indústria desde seus primórdios no século XVIII. No setor da construção civil, dada a sua grande versatilidade, durabilidade e resistência, o concreto de cimento Portland se consolidou como o material de construção mais utilizado no mundo. Entretanto, em 2010, a produção de cimento foi responsável por uma parcela próxima a 7% do total de emissões de gás carbônico (CO₂) a nível global. Além disso, a produção do concreto convencional, são necessários grandes volumes de água, recurso extremamente valioso nas circunstâncias atuais. O concreto de ultra-alto desempenho (UHPC), embora apresente um custo por volume mais elevado, se apresenta como forte alternativa ao concreto convencional uma vez que se caracteriza pela excelente durabilidade, baixa demanda de água e excepcional resistência do produto. Dessa forma, este trabalho busca comparar as propriedades mecânicas de traços de UHPC com substituição parcial de cimento por compostos pozolânicos junto a um traço usual, buscando validar alternativas ainda mais sustentáveis do material.

Métodos e Procedimentos

Inicialmente, definiu-se os traços de concreto a serem analisados, os quais foram baseados num traço base de concreto de ultra-alto desempenho (Traço A). Foram produzidos 8 litros de concreto para cada traço, considerando a produção de 34 corpos de prova (CP) cilíndricos 5 cm x 10 cm. O traço A apresentou uma composição, em kg/m³ de concreto, de 757,2 kg de cimento (CP-V), 833,0 kg de areia industrial (fina), 378,6 kg de pó de quartzo (sílica moída), 189,3 kg de sílica ativa, 156,0 kg de água (a/c $\approx$ 0,2) e 68,2 kg de superplastificante (9,5% de cimento).

Os demais traços, B, C e D, foram elaborados a partir da substituição de 10% da massa de cimento pelo equivalente, em massa, de metacaulim, cinza de casca de arroz e fíler calcário, respectivamente. Os corpos de prova foram desmoldados após 24h da concretagem e inseridos na cura úmida em tempo integral.

Foram realizados ensaios de excitação por impulso com auxílio do software *Sonelastic* para análise da evolução do módulo de elasticidade dinâmico do material, ensaios de compressão uniaxial para análise da evolução da resistência à compressão e ensaios de compressão diametral aos 28 dias para verificação da compatibilidade entre as resistências à tração dos diferentes traços. Cada ensaio foi repetido com 5 corpos de prova e adotou-se para as análises o valor médio dos resultados.

Resultados

Abaixo, apresenta-se as curvas de evolução referentes à resistência à compressão axial (Figura 1) e ao módulo de elasticidade dinâmico (Figura 2). Além disso, a Figura 3 apresenta a compilação de todos os resultados na idade de 28 dias.

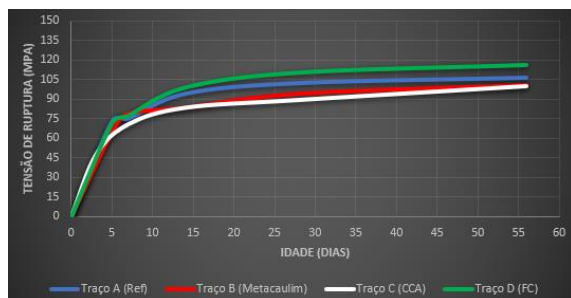


Figura 1: Gráfico de evolução da resistência a compressão uniaxial (MPa)

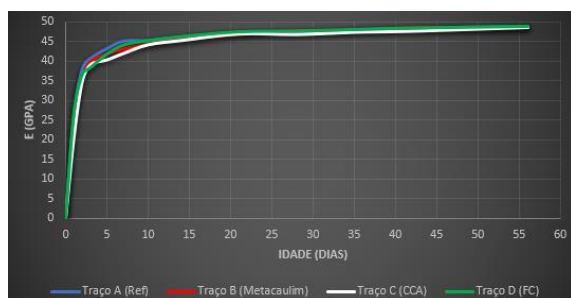


Figura 2: Gráfico de evolução do módulo de elasticidade dinâmico (GPa)

	TRAÇO A	TRAÇO B	TRAÇO C	TRAÇO D
oc (MPa)	101,96	93,64	89,01	110,59
E (Gpa)	47,25	47,77	46,65	47,57
ot (MPa)	7,06	6,78	6,64	7,50

Figura 3: Resultados aos 28 dias

É possível perceber que no que se refere ao valor de resistência, o traço com fíler calcário (D), apresentou valores de resistência, em média, 5% maiores que os valores obtidos para o traço A. Os traços B e C, por outro lado, apresentaram valores em média 5 e 9% mais baixos que o traço A, indicando alguma desvantagem parcial em relação ao traço original.

Nos ensaios de excitação por impulso destaca-se a ocorrência de intensa variabilidade de resultados nas primeiras idades seguida de grande similaridade a partir dos 21 dias. Destaca-se também a rápida evolução no módulo de elasticidade uma vez que já aos 7 dias os valores alcançavam uma proporção de,

aproximadamente, 90% dos valores obtidos aos 56 dias.

Conclusões

Vale destacar que se esperava valores de resistência à compressão aos 28 dias mais próximos aos 120 Mpa. Observou-se, após a ruptura, que a estrutura interna dos corpos de prova apresentava nitidamente a presença de grande quantidade de sílica ativa não reagida, o que pode ter comprometido o ganho de resistência do material. Entretanto, devido à utilização do mesmo componente para todas as misturas, tal fator não deve ter interferido na análise comparativa dos resultados.

Por outro lado, os resultados obtidos pela pesquisa foram satisfatórios e de grande valia para futuras aplicações, uma vez que trouxeram indícios de que, a partir da substituição parcial de cimento em algumas misturas, podem ser obtidos concretos com propriedades mecânicas igualmente eficientes, sem comprometer sua aplicabilidade e diminuindo a pegada de carbono da estrutura a curto e longo prazo.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- _____. NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- FELTRIN, C. S.; ISAIA, G. C. Propriedades do concreto com adição de fíler calcário dolomítico. Revista de Ciência e Inovação, v. 3, n. 1, p. 58-71, 2018.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 782 p.
- OTANI, L.B., PEREIRA, A. H. A.. Guia de caracterização dos módulos elásticos e do amortecimento de madeiras e derivados utilizando as soluções SONELASTIC. Ribeirão Preto, ATPC Engenharia Física, 2013.
- PERA J. Metakaolin and calcined clays. Cement and Concrete Composites, v.23, 2001.