

EFEITO DO PROCEDIMENTO DE CURA SOBRE O COMPORTAMENTO DE CONCRETOS DE ULTRA-ALTA RESISTÊNCIA

Marcela Xavier da Silva; Alessandra Lorenzetti de Castro

Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

marcela.xavier@usp.br

Objetivos

Estudar os efeitos do procedimento de cura sobre o comportamento de concretos de ultra-alta resistência, por meio da avaliação da sua microestrutura e das propriedades físicas e mecânicas.

Métodos e Procedimentos

Cinco grupos de amostras de concreto foram produzidos, onde cada um foi submetido a um procedimento de cura, sendo eles: cura úmida a temperatura ambiente; cura térmica a 60°C por 24 horas; cura térmica a 90°C por 24 horas; cura térmica a 60°C por 48 horas; e cura térmica a 90°C por 48 horas. As amostras foram preparadas a partir do mesmo traço de concreto, em massa, isto é 1 : 0,21 : 0,25 : 1,24 : 0,22, que correspondem às quantidades de cimento Portland, sílica ativa, sílica moída SM200, areia industrializada AG 80-100 e água, respectivamente.

No estado fresco, cada mistura de concreto foi avaliada por meio da determinação do seu espalhamento, ensaio realizado de acordo com método proposto por Okamura e Ouchi (2003), para verificar a trabalhabilidade e aferir a autoadensabilidade do material. Para avaliação das propriedades no estado endurecido, foram moldados corpos de prova que, após 24 horas, foram submetidos aos procedimentos de cura previstos. No caso das amostras submetidas à cura térmica, após o tempo determinado para a temperatura elevada, os corpos de prova foram transferidos para a câmara úmida, onde permaneceram até as idades de interesse para os ensaios no estado endurecido.

No estado endurecido foram realizados os seguintes ensaios: determinação da massa

específica, índice de vazios e absorção de água por imersão na idade de 28 dias, de acordo com a NBR 9778:2005; resistência à compressão axial conforme NBR 5739:2018, nas idades de 7, 28 e 91 dias; módulo de elasticidade dinâmico de acordo com a ASTM E 1876-15; e determinação da velocidade de propagação do pulso ultrassônico conforme NBR 8802:2019. Como os dois últimos são ensaios não destrutivos, eles foram realizados nas idades de 7, 14, 28, 42, 56, 70, 84 e 91 dias, para avaliar a microestrutura dos concretos.

Resultados

No estado fresco, as amostras apresentaram espalhamento variando entre 220 e 350 mm, atendendo o valor estabelecido inicialmente (230 ± 30 mm). Vale ressaltar que todas as misturas apresentaram-se homogêneas, sem ocorrência de segregação ou exsudação. Até o momento da submissão do artigo, os resultados obtidos foram os resultados da idade inicial de 7 dias. Considerando o teste de resistência à compressão axial, constatou-se que a amostra que obteve o melhor desempenho foi a amostra submetida a cura térmica por 48 horas a 90°C, seguida das amostras submetidas a cura térmica por 24 horas a 90°C, 24 horas a 60°C, 48 horas a 60°C e cura úmida. Os resultados iniciais estão de acordo com Shen *et al.* (2016), Hiremath e Yaragal (2017), que também constataram que, nas idades iniciais, os concretos submetidos à cura em temperatura elevada, por um período maior, apresentam melhor desempenho mecânico. Em relação ao módulo de elasticidade dinâmico, os resultados indicam que todas as misturas apresentam módulos

semelhantes, independente do método de cura utilizado. No entanto, ainda não é possível determinar qual amostra apresenta o melhor desempenho em relação a esta propriedade, pois o ensaio deve ser realizado até idades mais avançadas.

Quanto aos resultados do ensaio de ultrassom, é possível constatar que todas as amostras de concreto, independente do tipo de cura ao qual foram submetidas, apresentam boa homogeneidade e qualidade excelente (FERREIRA, 2019). Assim, como este ensaio pode ser relacionado com a porosidade interna do material, verifica-se que as amostras de concreto apresentam qualidade microestrutural semelhante. Os resultados médios dos ensaios mecânicos e não destrutivos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial, porosidade interna por ultrassom e módulo de elasticidade dinâmico

Grupo de amostras	Resistência Média (MPa)	Velocidade Média (m/s)	Módulo de Young (GPa)
TU	86,76	4883,16	49,24
TT60°/24	109,62	4869,42	49,48
TT90°/24	110,87	4967,80	50,95
TT60°/48	105,77	4932,48	49,88
TT90°/48	129,33	4906,58	51,45

Fonte: Elaborado pelo autor

Conclusões

Baseado nos resultados obtidos até o momento, conclui-se que os resultados iniciais estão de acordo com a literatura, pois as amostras submetidas à cura em temperaturas mais altas apresentam melhor desempenho mecânico. No caso dos ensaios não destrutivos, embora a diferença entre os resultados das amostras submetidas aos diferentes procedimentos de cura não apresentem discrepância, notou-se que as amostras submetidas a temperaturas mais elevadas possuem resultados melhores. Por fim, verificou-se que os diferentes métodos de cura não interferiram na qualidade das misturas de concreto, de acordo com os ensaios de ultrassom e módulo de elasticidade dinâmico.

Cabe ressaltar que, devido às restrições de uso do laboratório, houve atraso na realização das concretagens e, assim, na obtenção dos dados experimentais. No entanto, os ensaios serão continuados para acompanhamento do comportamento dos concretos até os 91 dias de idade.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT. 2018. 13 p.

_____. **NBR 8802**: Concreto Endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro: ABNT. 2019. 11 p.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e Concreto Endurecidos - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT. 2005. 8 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM E 1876**: Standard test method for dynamic Young's modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by impulse excitation of vibration. Pensilvânia: ASTM. 2022. 17 p.

HIREMATH, P. N.; YARAGAL, S. C. Effect of different curing regimes and durations on early strength development of reactive powder concrete. **Construction and Building Materials**, Amsterdam: Elsevier, v.154, p.72-87, 2017.

FERREIRA, F. M. M. **Influência da incorporação de ar em concreto autoadensável para paredes de concreto moldadas no local**. 2019. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

OKAMURA, H.; OUCHI, M. Self-Compacting Concrete. **Journal of Advanced Concrete Technology**, Tóquio: Japan Concrete Institute, v.1, n.1, p.5-15, 2003..

SHEN, P. *et al.* The effect of curing regimes on the mechanical properties, nano-mechanical properties and microstructure of ultra-high performance concrete. **Cement and Concrete Research**, v.118, p1-13, 2019.