



## VARIABILIDADE DAS RESISTÊNCIAS DOS CONCRETOS COM O FATOR ÁGUA/CIMENTO E TIPO DE CIMENTO

*Strength Variability of Concretes with Water/Cement Ratio and Cement Type*

Paulo de Tarso Cronemberger Mendes (1); Maria de Lourdes Teixeira Moreira (2); Leonardo Leandro Silva (3); Lucas Leite Lima (4); Lucas Augusto da Silva (5)

(1) Professor Doutor, Depto. de Estruturas - Universidade Federal do Piauí, Brasil, [paulo.tcm@uol.com.br](mailto:paulo.tcm@uol.com.br)

(2) Professor Doutor, Depto. de Estruturas - Universidade Federal do Piauí, Brasil, [mtmoreira@uol.com.br](mailto:mtmoreira@uol.com.br)

(3) Leonardo Leandro Silva - Universidade Federal do Piauí, Brasil, [leonardo12leandro@hotmail.com](mailto:leonardo12leandro@hotmail.com)

(4) Lucas Augusto G. da Silva - Universidade Federal do Piauí, Brasil, [lucasaugustodasilva@hotmail.com](mailto:lucasaugustodasilva@hotmail.com)

(5) Lucas Leite Lima - Universidade Federal do Piauí, Brasil, [lucas\\_14.06@hotmail.com](mailto:lucas_14.06@hotmail.com)

### Resumo

Com o objetivo de verificar as diferenças de características do concreto a partir do uso de tipos diferentes de cimento, de diferentes fatores água/cimento e de diversos tipos de cura, focando a resistência à compressão, foi programada a moldagem de 288 corpos-de-prova cilíndricos de concreto de dimensões 15 cm x 30 cm. Estes corpos-de-prova foram moldados em quatro etapas, correspondendo às seguintes características: 144 corpos-de-prova com concreto fabricado com cimento CP-IV, sendo 72 de uma mesma betonada com fator água/cimento 0,48 e 72 de uma mesma betonada com fator água/cimento 0,55. Outros 144 corpos-de-prova foram moldados com concreto fabricado com cimento CP-II-F, sendo 72 com fator água/cimento 0,48 e 72 com fator água/cimento 0,55. Cada conjunto de corpos-de-prova foi dividido em quatro grupos de 18, sendo cada grupo submetido a diferentes condições de cura: um grupo foi submetido à cura úmida por imersão, um grupo não foi submetido a qualquer tipo de cura e dois grupos foram submetidos à cura por molhagem duas vezes por dia, sendo a cura realizada em um dos grupos durante 3 (três) dias e no outro durante 7 (sete) dias. Os corpos-de-prova não submetidos à cura úmida ficaram expostos em ambiente externo, simulando as condições reais do concreto nas obras. Os conjuntos de corpos-de-prova foram divididos em grupos para serem ensaiados aos 14 dias, 28 dias e 91 dias de idade, para determinação das suas resistências. Este trabalho apresenta os resultados obtidos.

*Palavra-Chave: concreto; cura; resistência característica*

### Abstract

With the aim of verifying the differences in characteristics of the concrete from the use of different types of cement, different water / cement ratio and various types of curing, focusing the compressive strength, it was programmed to make 288 cylindrical specimens of 15 cm x 30 cm dimensions. These specimens were molded in four steps corresponding to the following characteristics: 144 specimens were made of concrete with cement CP-IV, 72 being concreted with the same water / cement ratio of 0.48 and one 72 concreted with the same water / cement ratio 0.55. Another 144 specimens were made of concrete with cement CP-II-F, 72 with water / cement ratio 0.48 and 72 with water / cement ratio 0.55. Each set of specimens was divided into four groups of 18 specimens, each group being subjected to different curing conditions: one group underwent cure wet by immersion, one group was not subjected to any kind of curing and two groups were undergoing curing wetting twice a day, with a cure performed in a group during three (3) days and the other for 7 (seven) days. The specimens not submitted to moist curing were exposed to the external environment, simulating the actual conditions of the concrete in the works. The specimens were divided into groups to be tested at 14 days, 28 days and 91 days of age, to determine its resistance. This paper presents the results obtained.

*Keywords: concrete; curing; characteristic strength*



## 1 Introdução

Neste trabalho buscou-se avaliar a influência do tipo de cimento, do fator água/cimento e das condições de cura na resistência à compressão do concreto, considerando concretos executados em condições de obra (agregados medidos em volume, água medida na própria betoneira...), cura realizada em espaço aberto simulando as condições reais das obras e ensaios dos corpos de prova realizados no laboratório do Centro de Tecnologia da UFPI.

## 2 Descrição dos ensaios

Foram moldados quatro conjuntos de corpos de prova cilíndricos de 15 cm x 30 cm, com intervalo de uma semana entre si, sendo o primeiro com o cimento CP-IV 32 e fator água/cimento 0,48, o segundo com o cimento CP-IV 32 e fator água/cimento 0,55, o terceiro com o cimento CP-II-F 32 e fator água/cimento 0,48 e o quarto com o cimento CP-II-F 32 e fator água/cimento 0,55, todos com os mesmos agregados graúdos e miúdos. Cada um desses conjuntos, com 72 corpos de prova, foi confeccionado com o concreto de uma única betonada, e vibrado simultaneamente em uma mesa vibratória. Os 72 corpos de prova de cada conjunto foram subdivididos em quatro grupos de 18 corpos de prova e submetidos a cura por imersão, cura por molhagem duas vezes ao dia durante 7 dias, cura por molhagem duas vezes ao dia durante 3 dias e sem cura. Todos os corpos de prova, exceto os submetidos a cura por imersão, ficaram expostos ao ar livre. Os 18 corpos de provas de cada grupo foram subdivididos em três lotes de 6 corpos de prova e ensaiados aos 14 dias, 28 dias e 91 dias.

Os corpos de prova não receberam capeamento de regularização, tendo sido interposto entre o corpo de prova e a prensa uma lâmina de EPS com espessura de 5 mm. Alguns corpos de prova apresentaram resistências significativamente inferiores em razão do desaprumo por falta de horizontalidade das superfícies de acabamento.

## 3 Resultados dos ensaios

A Figura 1 apresenta as etapas de confecção dos corpos de prova, com a confecção do concreto, moldagem e vibração dos corpos de prova realizadas nas instalações da Construtora Sucesso S.A, a cura realizada em espaço aberto do Centro de Tecnologia e ensaios realizados no Laboratório de Materiais de Construção.

Os concretos utilizados foram confeccionados com seixo rolado médio ( $\Phi_{\max} = 25$  mm) como agregado graúdo e areia grossa de rio ( $\Phi_{\max} = 4,8$  mm) como agregado miúdo.

A figura 2 apresenta os resultados dos valores das resistências dos concretos relativos ao quantil de 5% aos 14 dias, 28 dias e 91 dias, para os diversos tipos de cura adotados, onde se nota que houve um decréscimo médio dos valores das resistências aos 91 dias da ordem de 20% dos concretos com cura por imersão para os concretos secos ao ar. Os concretos executados com o cimento CP-IV 32 apresentaram resistências superiores aos executados com cimento CP-II-F 32 para os mesmos fatores água/cimento, valendo ressaltar que os cimentos eram de fabricantes distintos.



Figura 1 – Etapas de realização dos ensaios

### RESISTÊNCIAS - QUANTIL DE 5%

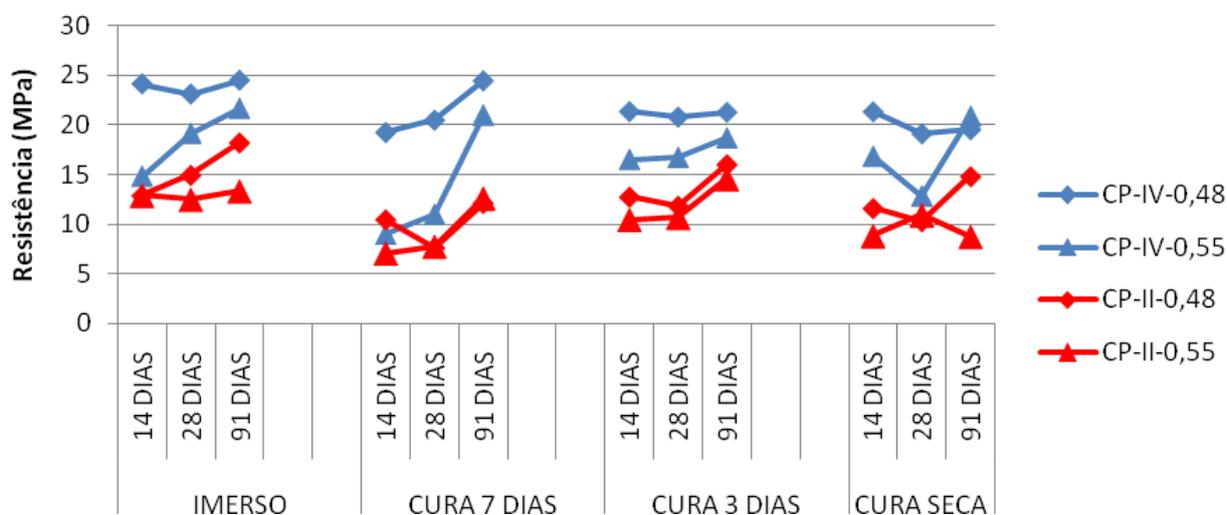


Figura 2 – Resistências correspondentes ao quantil de 5%

A Figura 3 apresenta os resultados dos valores das resistências dos concretos relativos ao quantil de 5% aos 14 dias, 28 dias e 91 dias, para os diversos tipos de cura adotados,

incluindo os valores relativos ao conjunto de todos os corpos de prova independentemente do tipo de cura.

### RESISTÊNCIAS - QUANTIL DE 5% (TODOS)

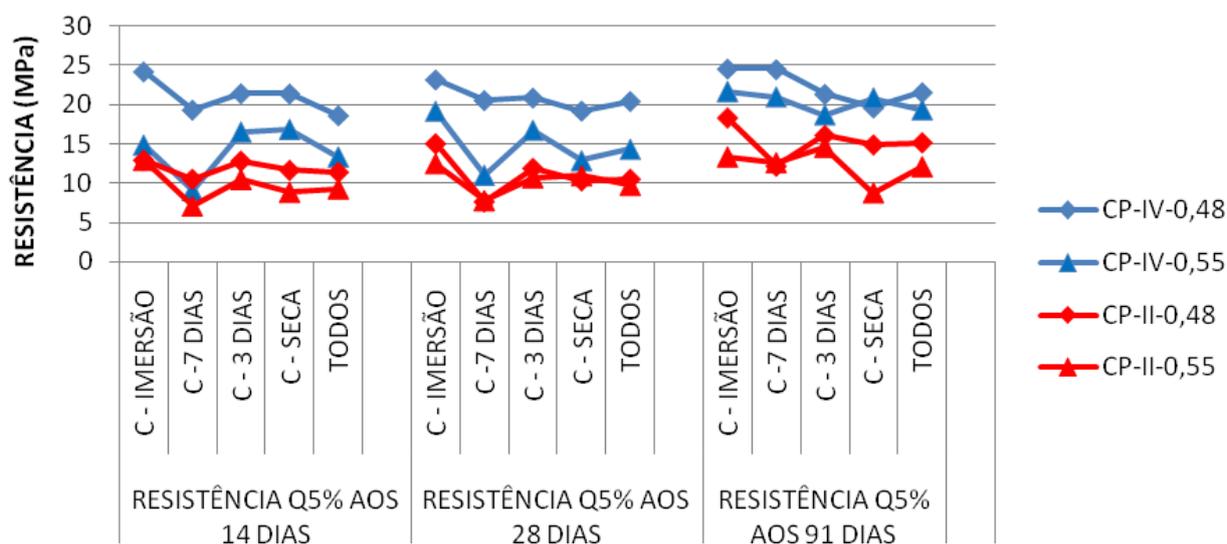


Figura 3 – Resistências correspondentes ao quantil de 5% em cada lote e no conjunto

A Figura 4 apresenta os resultados dos valores máximos das resistências dos concretos aos 14 dias, 28 dias e 91 dias, para os diversos tipos de cura adotados, onde se percebe mais claramente o ganho de resistência com o tempo, a redução da resistência com a redução nos cuidados de cura, a redução de resistência com o aumento do fator água/cimento e a superioridade do cimento CP-IV 32 de um fabricante em relação ao CP-II-F 32 de outro fabricante.

Agradecemos à Construtora Sucesso S.A., nas pessoas do Engenheiro Carlos Augusto Daniel Junior e do técnico Carlos Alberto Marques Barbosa, pela doação do material, mão-de-obra, local para moldagem dos corpos de prova e todo apoio logístico. Agradecemos também à CAPES pelas bolsas do programa Jovens Talentos para a Ciência concedidas aos estudantes participantes deste trabalho.

## RESISTÊNCIAS MÁXIMAS (MPa)

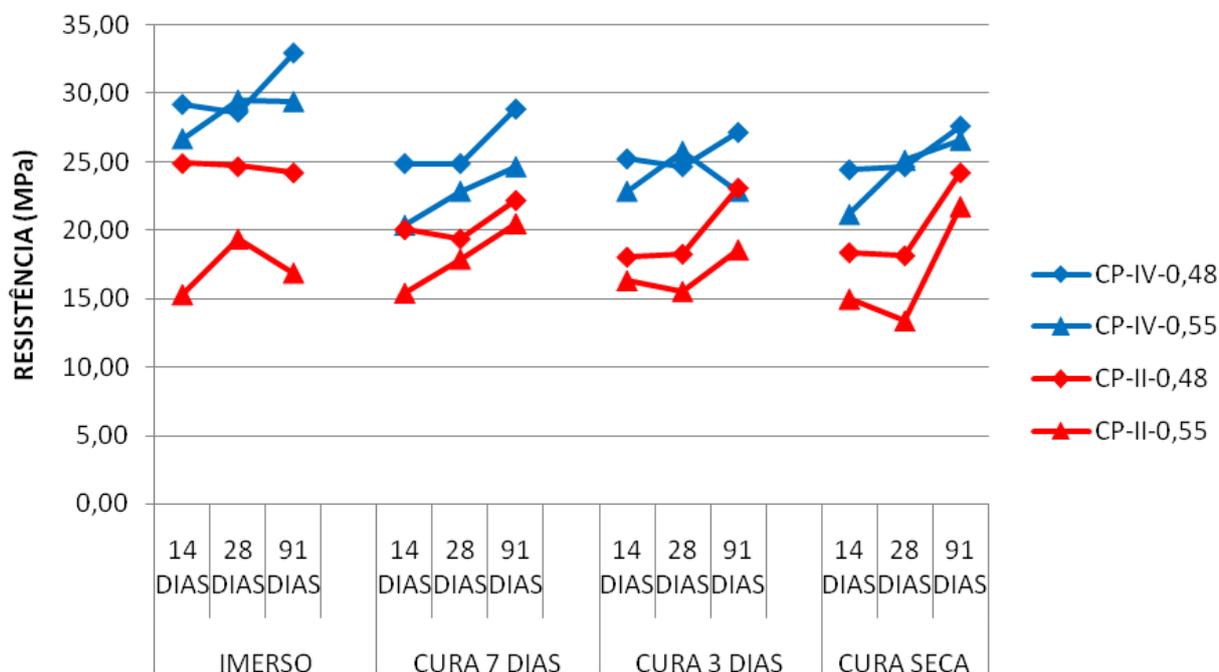


Figura 4 – Valores máximos das resistências dos concretos de cada lote

## 4 Conclusões

Mesmo tratando-se de corpos de prova confeccionados com o concreto de uma mesma betonada, observou-se uma variabilidade significativa dos resultados dos ensaios. Essa variabilidade pode ser atribuída a imperfeições dos corpos de prova, não corrigidas por um capeamento adequado.

Observou-se, como esperado, a redução da resistência com o aumento do fator água / cimento.

Também como esperado, as resistências mais elevadas corresponderam aos corpos de prova com cura por imersão. Com relação aos demais tipos de cura adotados, não há diferença perceptível, provavelmente em razão das dimensões avantajadas dos corpos de prova. É possível que para dimensões menores esse efeito seja mais significativo.

As resistências dos concretos confeccionados com o cimento CP-IV 32 foram superiores às resistências daqueles confeccionados com o cimento CP-II-F 32, para os mesmos fatores água / cimento.



O crescimento das resistências dos concretos com a idade é pequena entre os 14 e 28 dias de idade, tendo crescimento mais significativo entre 28 e 91 dias.

Excluídos os corpos de prova que tiveram cura por imersão, a resistência correspondente ao quantil de 5% obtida com todos os corpos de prova, foi semelhante às obtidas para os corpos de prova submetidos aos diferentes tipos de cura.

Foi constatada uma perturbação nos valores das resistências correspondentes ao quantil de 5% nos corpos de prova submetidos à cura durante sete dias, inferiores aos demais casos de cura, sem uma justificativa razoável.

As conclusões sobre os resultados de resistências referentes ao quantil de 5% são válidas para as resistências máximas obtidas em cada conjunto de corpos de prova.

## 5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**, São Paulo, Ibracon, 2008.