



## Influência do processo de cura em concreto convencional em seis idades

Andressa Varela da Rocha Silva<sup>1</sup>, Hugo Alessandro Almeida Diniz<sup>1</sup>, Janiele Alves Eugênio Ribeiro<sup>2</sup>, Samuel Silva de Oliveira<sup>1</sup>, Valtencir Lucio de Lima Gomes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduandos do curso de Tecnologia em Construção de Edifícios – IFRN. e-mail: [hugo\\_diniz29@yahoo.com.br](mailto:hugo_diniz29@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Aluna do Curso Técnico de Edificações – IFRN. e-mail: [janielealves21@yahoo.com.br](mailto:janielealves21@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Professor Mestre, Diretoria Acadêmica de Construção Civil – IFRN. e-mail: [valtencir.gomes@ifrn.edu.br](mailto:valtencir.gomes@ifrn.edu.br)

**Resumo:** A cura é uma das principais etapas na execução do concreto e tem participação direta no desenvolvimento do processo de hidratação da pasta de cimento vedando o concreto, mantendo a água de amassamento no seu interior, evitando a retração e o transporte de substâncias que poderão interferir na hidratação. Este artigo visa compreender a influência do processo de cura por imersão, analisando comparativamente os resultados dos testes de resistência à compressão entre corpos-de-prova expostos à cura ao ar livre (referência), e à cura por imersão. O processo referencial foi escolhido por ser o padrão nas peças estruturais de concreto armado. Os resultados não só confirmaram a importância do processo de cura como revelaram dados bastante confiáveis, dado o rigor da pesquisa. Os corpos-de-prova foram analisados em um período total de 70 (setenta) dias, sendo rompidos em seis idades distintas, simulando as datas de atividades próprias de um canteiro de obras referentes ao tratamento do concreto, a exemplo da desfôrma. Na primeira data de rompimento (aos três dias) não foi constatado aumento relevante em relação ao referencial devido ao pouco tempo de exposição, porém, pôde-se observar uma discrepância nos resultados, de 1% a 23%, individualmente, na medida em que a idade avançava. Concluiu-se, por fim, que este procedimento influencia em média de 14% no ganho de resistência. O resultado obtido já era esperado, porém com menor variação, e mostrou a fundamental importância do processo de cura ser rigorosamente realizado em obra, no intuito do concreto adquirir máxima resistência e também para a compatibilidade de resultados entre a resistência real do concreto, na peça estrutural, e a resistência obtida no controle tecnológico, visto que atualmente a cura não é realizada de forma correta nas obras.

Palavras-chave: concreto, cura, resistência à compressão.

### 1. INTRODUÇÃO

A resistência e a durabilidade do concreto são propriedades de suma importância, sendo necessário seu conhecimento para correta utilização como material portante em estruturas de concreto armado. A cura, elemento essencial no processo do controle tecnológico do concreto, deve ser bem executada, de modo a garantir seu desempenho máximo, cuja resistência à compressão é a propriedade mais fácil de ser mensurada.

Partindo desse pressuposto, analisou-se a resistência à compressão, de forma comparativa, de corpos-de-prova de concreto em duas situações distintas de cura: corpos-de-prova imersos em tanque com água e corpos-de-prova expostos ao ar livre e às intempéries naturais. Este último processo foi adotado de modo a simular o que é frequentemente encontrado em obras.

A cura do concreto é de fundamental importância para que as reações químicas de hidratação dos compostos presentes na pasta de cimento ocorram. Estas reações são importantes para o ganho de resistência mecânica por parte do concreto e para a garantia da sua vida útil. Além disso, a



manutenção da umidade do concreto por este método evita a formação de fissuras na superfície do material provocadas pelos efeitos de retração, o que ajuda a garantir sua durabilidade.

Este trabalho foi embasado na pesquisa realizada nos laboratórios de materiais de construção no departamento de construção civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Sendo assim, este material poderá ser um meio de consulta e de análise de conceitos relativos à produção de concreto em obras diversas.

## 1. 1. REFERENCIAL TEÓRICO

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo. É composto basicamente por aglomerantes, agregados graúdos e miúdos e água, podendo também ser adicionados outros materiais que confirmam melhorias ou acrescentem novas características, chamados de aditivos e adições, respectivamente. No Brasil, em geral, é utilizado como aglomerante o cimento Portland, como agregado graúdo a pedra britada e como agregado miúdo a areia de leito de rio.

Bauer (2001, p. 35) explica: “Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de Clinker constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego”.

O agregado é um material constituído por misturas de partículas, as quais podem ter variados tamanhos, com atividade química praticamente inexistente e que não permite coesão entre suas partículas (BAUER, 2001). Podem ser naturais ou industrializados e tem como função melhorar algumas das características do concreto, como a retração e a resistência à abrasão.

Para serem alcançados resultados satisfatórios na produção do concreto, são necessários alguns cuidados tanto durante quanto após o procedimento.

A cura do concreto é um procedimento fundamental para a hidratação do cimento. Segundo Bauer (2001), entende-se por “cura do concreto” um conjunto de medidas que têm por objetivo evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto, a qual deverá reagir com o cimento, hidratando-o. Este processo favorece a “resistência mecânica à ruptura e ao desgaste, impermeabilidade e resistência ao ataque de agentes agressivos” (BAUER, 2001, p. 260). Outro fator importante a ser considerado é que “a cura em água reduz a retração da peça na fase em que o concreto tem pouca resistência, fato este de fundamental importância, por evitar formação de fissuras de retração, que podem comprometer a impermeabilidade do concreto” (BAUER, 2001, p. 384).

Existe uma quantidade mínima de água que possibilita a hidratação do cimento e uma boa trabalhabilidade (BOTELHO; MARCHETTI, 2010). Essa quantidade precisa ser mantida no interior do concreto por meio do processo de cura, para que seja permitido o progresso da formação de gel no cimento presente no concreto, o que o torna cada vez mais resistente e impermeável (BAUER, 2001).

Com relação ao tempo gasto na cura do concreto, Bauer (2001, p. 260) diz que “quanto mais perfeita e mais demorada for a cura do concreto, tanto melhores serão as suas características”. No entanto, na prática, é necessário conciliar os requisitos da qualidade com os da economia. Por isso, o período mínimo de cura que atende a ambos é, em média, de 7 a 10 dias (COUTINHO, 1971 apud BAUER, 2001).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), “elementos estruturais de superfície devem ser curados até que atinjam resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) [...] igual ou maior que 15 MPa”. Durante a fase de hidratação, a cura deve ser realizada o mais breve possível, para que haja água suficiente para a máxima reação das partículas na pasta endurecida (SANTANA; COSTA).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS



Os métodos empregados na pesquisa de base deste trabalho foram às curas por imersão em tanque de água e ao ar livre. De acordo com Bauer (2001), a cura por submersão é o método ideal, podendo ser empregado em lajes, pisos e pavimentos em que haja grande superfície exposta e não haja necessidade de utilização nos primeiros dias. Porém, devido a restrições do uso desse sistema e à pouca praticidade do mesmo em canteiro de obras, devem ser escolhidos outros métodos de cura mais favoráveis em outras situações.

Para a realização da pesquisa, foi calculado o traço mais apropriado, para um concreto convencional, para se atingir uma resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) de 32 MPa, conforme o método de dosagem de concreto da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), adaptado do método da ACI (American Concrete Institute) para agregados brasileiros. A preparação dos materiais e a fabricação do concreto se deram no laboratório de materiais de construção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Para a separação dos materiais, os mesmos foram todos medidos em massa, por meio de uso de uma balança com precisão de 0,001 Kg.

## 2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

### 2.1.1 CIMENTO PORTLAND:

Na fabricação do concreto, foi utilizado cimento pozolânico CP IV - 32 RS RRAA, resistente a sulfatos e à reação álcali-agregado, cuja massa específica é de 2940,00 kg/m<sup>3</sup> e cuja resistência a ser atingida aos 28 dias é de 32 MPa.

### 2.1.2 AGREGADO MIÚDO:

O agregado miúdo empregado constitui-se de areia média retirada de leito de rio proveniente da região metropolitana de Natal. Os dados necessários ao cálculo do traço estão mostrados a seguir:

Tabela 1 – características físicas do agregado miúdo

Módulo de finura	2,231
Tipo de areia	Média
Massa específica	2604,17 kg/m <sup>3</sup>
Massa unitária compactada ( $MU_{comp}$ )	1594,7 kg/m <sup>3</sup>

### 2.1.3 AGREGADO GRAÚDO:

Foi utilizada brita de material granítico proveniente de uma pedreira encontrada no Estado do Rio Grande do Norte, a qual foi dividida em dois tipos com diferentes dimensões máximas ( $D_{máx}$ ): 6,3 mm e 19,0 mm. A melhor proporção encontrada entre os dois tipos de britas foi de 40% da brita 6,3 mm e 60% da brita 19,0 mm. Na tabela a seguir estão apresentadas as características físicas do material.

Tabela 2 – características físicas dos dois tipos de agregado graúdo e da mistura

	Brita com $D_{máx}$ de 6,3 mm	Brita com $D_{máx}$ de 19,0 mm
Massa específica	2513 kg/m <sup>3</sup>	2513 kg/m <sup>3</sup>
$MU_{comp}$	1464 Kg/m <sup>3</sup>	1535kg/m <sup>3</sup>

MU <sub>comp</sub> da mistura	1595 kg/m <sup>3</sup>
-------------------------------	------------------------

#### 2.1.4 ÁGUA:

A água empregada, em temperatura ambiente, foi medida em massa, utilizando-se uma balança com precisão de 0,001 kg, a fim de se obter uma precisão suficiente para a confiabilidade do trabalho.

#### 2.1.5 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO:

O concreto foi dimensionado conforme método ACI/ABCP para atingir um abatimento de  $70 \pm 10$  mm. O método de preparação dos materiais empregado está de acordo com a seguinte condição descrita na NBR 12655 (ABNT, 2006, p. 14): “O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados”. Portanto, esta situação indica uma desvio padrão de 4,0 MPa. Foram moldados 36 corpos-de-prova com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, tendo em cada um, volume de aproximadamente 1,6 L.

#### 2.2. PRODUÇÃO DO CONCRETO E MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para a produção do concreto, foi utilizada uma betoneira com capacidade de 120 litros. Após a parte interna da mesma ter sido umedecida, foi adicionado o agregado graúdo, para depois ser adicionada parte do volume de água. Quando as pedras estavam suficientemente umedecidas, foi lançado o cimento, para assim todas as pedras serem envolvidas por uma pasta de cimento. Quando isto foi verificado, o agregado miúdo foi acrescentado e, em seguida, o restante da água. O concreto foi mantido em movimento até ter sido verificada homogeneidade.

Assim que o material estava pronto, foi executado o ensaio de abatimento (Slump Test), conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998), chegando-se ao resultado de 72,5 mm. Após isto, foram moldados 36 corpos-de-prova em moldes cilíndricos metálicos com 100 mm de diâmetro, 200 mm de altura e aproximadamente 1,6 litros de volume, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003). Os moldes com o concreto foram mantidos no laboratório, cobertos com placas de vidro, para evitar perda de umidade e, 24 horas após, os corpos-de-prova foram desmoldados. A metade, ou seja, 18 corpos-de-prova, foi colocada em um tanque com água localizado no interior do laboratório, e a outra metade foi posicionada em local aberto, exposto às intempéries naturais.



Figura 1 – corpos de prova imersos



Figura 2 – corpos de prova ao ar livre

#### 2.3. ENSAIOS DE ROMPIMENTO



Foi utilizada uma máquina computadorizada de medição da resistência à compressão, a qual segue as normas descritas na NBR 5739 (ABNT, 2007). Os corpos-de-prova foram capeados devidamente, para que a prensa pudesse agir uniformemente na superfície do cilindro. Em cada data de rompimento, foram rompidos três corpos-de-prova imersos em água e três expostos ao ar livre.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando-se alcançar o máximo de precisão, característica necessária no controle tecnológico de concreto. Em todos os cálculos foram utilizadas três casas decimais. A análise foi feita por meio de comparações de resultados de resistência. A tabela abaixo mostra os dias e as datas de rompimento da pesquisa.

Tabela 4 - idades de rompimento dos corpos de prova

<b>Moldagem dos corpos de prova: 05/09/11</b>	
<b>Idades</b>	<b>Datas de rompimento</b>
3 dias	08/09/11
7 dias	12/09/11
14 dias	19/09/11
28 dias	03/10/11
50 dias	25/10/11
70 dias	14/11/11

De acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), cada data de rompimento de corpos-de-prova cilíndricos de concreto apresenta uma tolerância de desvio de horário de rompimento, as quais estão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 5 – tolerância de desvio de horário de rompimento de acordo com a idade do concreto

<b>Rompimento</b>	<b>Tolerância</b>
24 horas	0,5 hora
3 dias	2 horas
7 dias	6 horas
28 dias	24 horas
63 dias	36 horas
91 dias	48 horas



O gráfico e a tabela a seguir expõem os dados obtidos através das médias dos rompimentos dos corpos-de-prova na máquina de compressão axial:

Tabela 3 – rompimentos por idade do concreto e por condição com relação de aumento

DIAS	Média Cura ao ar livre (MPa)	Média Cura por imersão (MPa)	Aumento (%)
3	23,26	23,53	1,16
7	24,75	28,11	13,56
14	29,12	32,47	11,52
28	32,88	36,47	10,92
50	34,89	40,29	15,19
70	37,38	46,27	23,77
MÉDIA	30,38	34,52	13,64

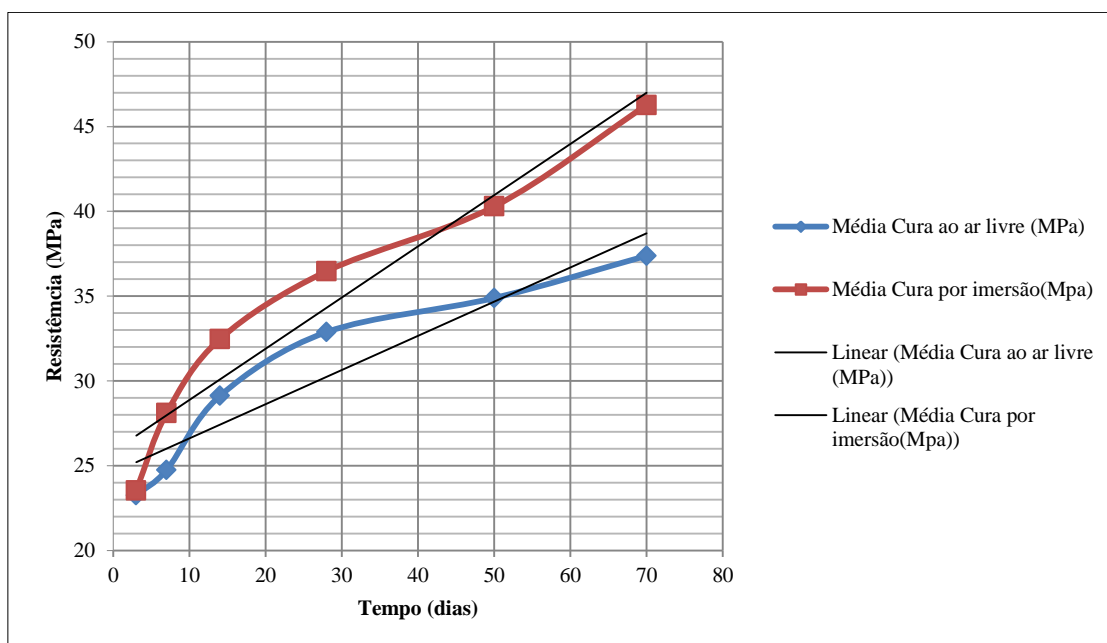


Figura 4: Resistência à compressão

Analisando os rompimentos do 3º dia, observa-se que a variação de resistência é mínima entre os resultados dos corpos nas duas situações. Resultado esperado, devido ao pequeno tempo de exposição e ao processo de hidratação estar iniciando. A partir da análise comparativa entre as duas situações aos 7 dias, já é possível perceber uma diferença média de 3,355 MPa entre o dois grupos. Ou seja, o grupo imerso apresentou resistência média 13,56 % maior do que o grupo ao ar livre.



Avaliando-se os rompimentos aos catorze dias, pôde ser observada novamente uma discrepância entre as duas situações. A diferença entre as resistências dos dois grupos manteve-se em 3,355 MPa, o que equivale a uma resistência média 11,52% superior por parte do concreto imerso, em relação ao exposto.

Nos rompimentos aos 28 dias, verificou-se uma diferença 3,59 MPa entre os dois grupos, o que significa que o grupo imerso em água teve uma resistência média 10,92% superior ao grupo exposto ao ar. Seguindo a tendência de maior resistência em relação ao referencial, aos 50 dias, a diferença aumentou para 15,19%, confirmando a influência do processo de cura por imersão.

Na última data de rompimento, os corpos-de-prova expostos ao ar livre, já sofriam visualmente uma pequena degradação em suas faces, apontando um alerta para as peças estruturais que estão expostas sem nenhum produto de proteção. A diferença nesta data foi a maior apresentada nesta pesquisa, 23,77%.

Observando no gráfico a linha média de desenvolvimento dos dois meios onde o concreto em questão está submetido, pode-se prever que se houvessem rompimentos com datas mais avançadas a tendência é de uma maior discrepância ao longo do tempo.

#### **4. CONCLUSÃO**

Para todos os fins, os objetivos almejados foram satisfatórios, apresentando resultados confiáveis desde o início do processo experimental. Pôde ser verificado que nas idades de 7 a 70 dias o concreto imerso em água apresentou um acréscimo de resistência em média de 14% em relação ao exposto ao ar livre, dado que comprova a eficiência do processo de cura e a importância do uso desse procedimento na construção civil.

Esta pesquisa poderá apresentar dados importantes para o conhecimento sobre o uso dos métodos de cura em materiais de concreto convencional, produzidos em obras diversas da construção civil, e as suas consequências positivas.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006. 22 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 14 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 59 p.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 471 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado, eu te amo**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 507 p.

COUTINHO, A. de Souza. **Fabrico e propriedades do betão**. Lisboa: LNEC, 1973.

SANTANA, Lisandro Lacerda; COSTA, Fernanda Nepomuceno. **Análise da resistência à compressão de concretos com cura úmida e sem cura**. Salvador: UCSAL. 16 p.