

# ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO USINADO QUANDO SUBMETIDO A DIFERENTES CONDIÇÕES DE CURA

FERNANDO MACHADO MOREIRA<sup>1</sup>  
JULIANO DA ROCHA SOARES<sup>2</sup>

**Resumo:** A cura do concreto constitui-se o processo final da concretagem, procedimento essencial para o controle de perda de umidade prematura deste produto para o ambiente, garantindo-lhe melhor desempenho, durabilidade e resistência. Este trabalho visa comparar a resistência à compressão axial, do concreto usinado, quando submetido a diferentes tipos de cura: cura por imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio (cal) e cura por irrigação. Para tanto, foram analisados 36 corpos de provas subdivididos em 2 lotes: 18 corpos de prova (CPs) ficaram imersos e a outra metade, armazenados na obra, recebendo, como tratamento, 4 irrigações diárias de água, durante 7 dias. Os CPs foram rompidos em grupos de 3 (unidades), em 6 intervalos de tempo distintos: 3, 7, 14, 21, 28 e 40 dias. Os resultados obtidos mostraram que houve grande discrepância de valores entre as amostras de idades de 28 e 40 dias em relação à aquisição da resistência; as amostras que permaneceram imersas apresentaram um acréscimo médio, de resistência mecânica, de 11,8 em relação ao outro método. Concluiu-se que a cura em água saturada com hidróxido de cálcio, apresentou melhores valores de resistência comprovando ser o método ideal de hidratação durante o processo de cura do concreto, uma vez que existe um maior controle da água.

**Palavras-chave:** corpo de prova, irrigação e imersão, controle da água.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF READY-MIXED CONCRETE STRENGTH TO THE AXIAL COMPRESSION, WHEN IR TO DIFFERENT CONDITIONS CURING

**Abstract:** The curing of concrete constitutes the final process of concreting, essential for controlling premature loss of moisture this product for the environment procedure, guaranteeing optimum performance, durability and resistance. To compare the compressive strength of ready-mixed concrete when subjected to different types of healing: healing by immersion in an aqueous solution of calcium hydroxide (Lime) and healing for irrigation. For this, 36 specimens (CPs) was divided into 2 batches were analyzed: 18 CPs were immersed and the other half stored in the work, receiving as treatment 4 irrigations water daily for 7 days. The CPs have been broken into 3 units in 6 different ages: 3, 7, 14, 21, 28 and 40 days. The results showed that there was a large discrepancy between the values of samples ages of 28 and 40 days prior to acquisition of resistance, the samples remained immersed showed an average increase of mechanical strength by 11,8 compared to other method. It was concluded that the healing water saturated with calcium hydroxide showed better resistance values proving to be the ideal method of hydration during the curing of the concrete, since

there is greater control of the water.

**Keywords:** specimen, irrigation and immersion, water control.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é o segundo material mais utilizado no mundo pelo homem, sendo que o primeiro é a água (ISAIA, 2007). Desta forma, é possível notar a grande importância que o concreto tem no cotidiano, quando se fala em construção civil.

Segundo Bauer (2001), o “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”.

A composição do concreto é obtida por uma mistura de agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra brita), água e cimento, sendo que seu estado de endurecimento já atingido tem uma ótima resistência a compressão e porém uma baixa resistência à tração (HELENE, 2009).

Um vasto uso de concreto se deve a sua diferente propriedade, em seu estado fresco apresenta uma consistência e trabalhabilidade podendo se ajustar em diferentes formatos. Em seu estado de endurecimento, apresenta uma resistência mecânica, resistência a ação da água, intempéries e durabilidade (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Segundo (Fontes e NASCIMENTO, 2012) para um controle tecnológico do concreto verifica-se de maneira sistêmica, buscado uma melhoria e permitindo uma rastreabilidade de cada ensaio realizado, para que o concreto já utilizado em obra seja rastreado para que não haja anomalias e patologias. Todas as amostras de concreto são testadas em laboratórios, sendo assim, os resultados em mãos são analisados e fornecem parâmetros que sejam possíveis analisar e detectar quaisquer conformidades, e desenvolver-se um plano de ação corretiva e preventiva, para evitar e prevenir qualquer patologia.

O avanço dos estudos científicos sobre as propriedades físicas e químicas do concreto podem ser desenvolvidas e combinadas para um melhoramento da qualidade do concreto na utilização na obra. O concreto pode ser lançado em uma estrutura, mesmo que não haja um conhecimento de suas propriedades finais, sendo uma prévia avaliação de seu estado fresco, pela qual se leva em conta o abatimento e mistura, mas não a resistência mecânica à compressão. Então é muito importante a utilização de métodos adequados para verificar a qualidade do concreto em seu estado endurecido.

O processo de cura do concreto é muito importante para que as reações químicas de hidratação dos compostos presentes no cimento ocorram regularmente. Estas reações são significativas para sua resistência mecânica por parte do concreto e por sua vida útil.

O principal objetivo da cura é manter o concreto saturado, até que os espaços, inicialmente ocupados pela água, sejam preenchidos pelos produtos de hidratação do cimento. Neste processo, a água funciona como ativador químico de hidratação do concreto, que através de reações químicas promovem a formação de cristais e garante o endurecimento e, conseqüentemente, o ganho de resistência do concreto (BARDELA, 2005). Segundo Bauer (2008) existem diferentes métodos para

realização da cura como: cura ao ar livre, cura por recobrimento, cura a vapor, cura por irrigação e cura por imersão.

Portanto este trabalho tem como objetivo comparar corpos de prova de concreto em seu processo de cura, conforme a norma e também fora de norma. Portanto será necessária a coleta e análise das amostras para realização da moldagem e posteriormente a comparação dos resultados obtidos.

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [fernandomachadosnp@hotmail.com](mailto:fernandomachadosnp@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professora Mestre em Agronomia, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [andreia.botin@yahoo.com.br](mailto:andreia.botin@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Professora Mestre em Ciências Ambientais, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [wolf\\_gabriele@yahoo.com.br](mailto:wolf_gabriele@yahoo.com.br)

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O concreto pode ser encontrado em todo o tipo de obra sendo ele um dos materiais mais utilizados no mundo em termo de volume. A tal busca por este material se deve por seu baixo custo e alta resistência a água e a facilidade em seu manuseio e disponibilidade em todo o mundo (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Com a maior demanda de concreto utilizado em todo o território mundial é fornecida por centrais de concreto dosadoras sendo que, a tendência que esse processo seja cada vez mais predominante, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, visando as suas vantagens á produção a obra (MOSCOLO, 2012).

### 2.1 Material concreto

O concreto é composto por materiais como, a mistura do cimento, água, agregado miúdo e graúdo, sendo que poderá adicionar aditivo e outros tipos de adições conforme a estrutura destinada (NEVILLE, 1997).

Para se obter qualidade é necessário uma série de cuidados, que determina na escolha do traço, dos materiais, a resistência requerida, o adensamento e cura (ABESC 2007).

#### 2.1.1 Cimento Portland

Mehta e Monteiro (1994) definem o cimento Portland como “um aglomerante hidráulico produzido pela trituração clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de calcário como produto de adição. Os clínqueres são módulos de 5 a 25 mm de diâmetro de um material sintetizado, produzidos quando uma mistura de matérias primas de composição pré-determinada é aquecida a altas temperaturas”.

Os cimentos são aglomerantes que tem reações causadas através ao contato com a água, e formam também um produto resistente a ela (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Com a hidratação e diferentes composições químicas, o cimento apresenta diferentes propriedades. Assim é possível desenvolver variedades de composições. Comercialmente hoje, existem vários tipos de cimentos diferentes e resistências diferentes (NEVILLE, 2013).

### 2.1.2 Agregados

A NBR 7211 (ABNT, 2009) define areia como agregado miúdo sendo assim, passa pela peneira de 4,8 mm conforme a ABNT. Que ficam também retidos na peneira de diâmetro de 0,075 mm conforme a ABNT. A norma ainda define o agregado graúdo como pedregulho ou pedra brita cujos passam pela peneira de abertura nominal de 152 mm e que ficam retidos na peneira de 4,8 mm.

Segundo (PETRUCCI, 1998) um material granular sem forma definida, normalmente inerte, com propriedades e dimensões adequadas para obras de engenharias. Para uma boa resistência e qualidade do concreto, sendo que ela ocupa  $\frac{3}{4}$  do volume do concreto, sendo capaz de limitar sua resistência e afetarem nas propriedades do concreto sendo ligadas ao seu desempenho e durabilidade estrutural.

Os agregados são naturais e formados por processos de abrasão, intemperismo ou por britagem. Uma maior parte de suas características do agregado graúdo vem da sua rocha mãe de qual foi retirado, por exemplo, sua composição química e mineral, massa específica, dureza e resistência (NEVILLE, 2013).

### 2.1.3 Água

Segundo Isaia (2011), a água é um dos materiais indispensáveis ao concreto que lhe proporciona propriedades necessárias a resistência e durabilidade. Com as alterações que a água exerce sobre a microestrutura das pastas cimentícias, as mesmas são importantes para hidratação do cimento, a retração e fluência, para resistência a água também é um grande aliado para ela.

A qualidade da água pode influenciar na pega com o cimento porque sua impureza pode interferir desfavoravelmente na resistência do concreto ou provocar manchas em suas superfícies, ou até levar à corrosão das estruturas armadas. Por estas adequabilidades da água amassamento e de cura de ser conferida (NEVILLE, 2013).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na empresa CONCRENOP. A mesma está localizada no município de Sinop-MT, onde disponibilizaram o laboratório e equipamentos para o desenvolvimento da pesquisa.

Esta pesquisa foi realizada entre os meses de fevereiro e março de 2020, como objetivo de avaliar a resistência mecânica do concreto usinado, submetido a diferentes processos de cura, para evidenciar suas diferenças. O estudo foi para um lançamento de concreto em laje com o (fck 30 mpa), sendo confeccionado por um caminhão betoneira.

Dois ensaios foram realizados para aceitação do concreto na obra: ensaio de consistência (abatimento) e o ensaio de resistência à compressão. O primeiro ocorreu no início da descarga do material usinado, conforme é preconizado pela NBR 7223 (ABNT, 1992 - Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone método de ensaio).

Para a verificação da consistência foi preenchido o tronco de cone em três camadas de igual altura, sendo esta adensada manualmente por meio de uma haste padronizada com 25 golpes/camada uniformemente distribuídos. Após esse procedimento elevou-se o molde na vertical, efetuando-se então a desmoldagem, para assim obter o valor do abatimento.

Para a análise de resistência foram moldados 36 corpos de prova, com moldes cilíndricos de 100 x 200 mm (diâmetro e altura), seguindo as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2003). Para o ensaio foi realizado o preenchimento de duas camadas de concreto com a mesma espessura e altura e adensadas com uma haste metálica com 12 golpes/camadas, sendo distribuídas ao redor de toda a seção.

Após 24 horas de lançamento de concreto, com o mesmo já endurecido, corpos de prova foram desenformados com todos os cuidados necessários para não ocorrer imperfeições no material. Os CPs foram divididos em dois lotes de 18 amostras sendo encaminhadas para laboratório e a outra metade ficando exposta nas mesmas condições que a laje foi concretada, onde a mesma ficou submetida por tratamento de irrigação sendo molhadas quatro vezes ao dia.

É importante informar que, no dia anterior a data de ruptura dos corpos de prova do laboratório, ou seja, imersos em solução aquosa de hidróxido de cálcio, estes foram retirados do tanque para secar completamente, de maneira que não houvesse interferência nos resultados, uma vez que a presença da água durante a ruptura tem influência na resistência do concreto.

Com a finalização da etapa de endurecimento, foram retirados e rompidos três corpos de prova por vez, em seus respectivos períodos de tempo conforme a tabela 1. No processo de rompimento foi escolhido o corpo de prova ideal conforme recomendado pela norma NBR 12655 (ABNT, 1996 – Prepara Controle e Recebimento). Essa escolha foi adotada com intuito de obter a maior segurança nos resultados. A seguir a tabela 1 com as datas de rompimento.

**Tabela 1:** Idades de rompimento dos corpos de prova

<b>Idades</b>	<b>Datas de rompimento</b>
3	04/02/2020
7	08/02/2020
14	15/02/2020
21	22/02/2020
28	29/02/2020
40	12/03/2020

**Fonte:** Própria (2020).

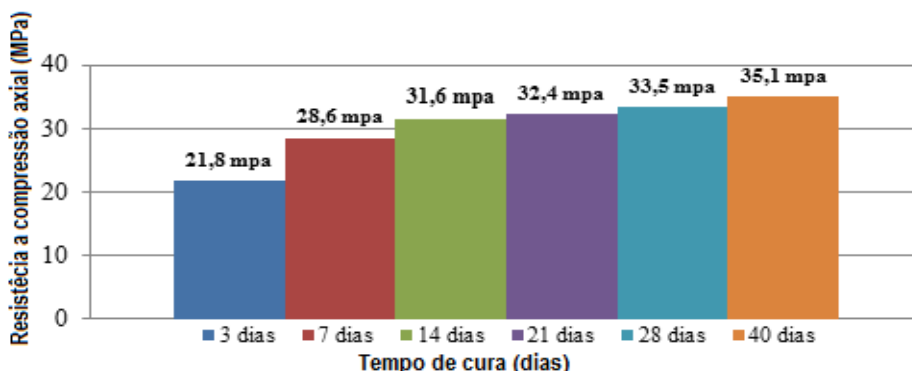
Para a realização desse ensaio, foi utilizada uma prensa eletro-hidráulica para o processo de medição de resistência seguindo as recomendações da NBR 5739 (ABNT, 2003 – Ensaio de Resistência à Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos). Os corpos de prova tiveram um preparo em suas bases e foram capeados por um sistema de neopreme confinado, para corrigir as imperfeições das suas bases e para que o carregamento seja aplicado em toda a sua superfície.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados analisados e apresentados foram obtidos por ensaios de compressão axial, sendo realizados por corpos de prova submetidos por dois tipos de cura, sendo em período de tempo distinto.

Na figura 2 mostra as resistências na compressão axial submentidos pela cura por imersão.

**Figura 2:** Resistências à compressão axial dos corpos de prova curados por imersão.



**Fonte:** Própria (2020).

Na figura 2 é possível notar que no 3º e no 7º dia, seus resultados pela compressão axial do corpo de prova foram de 21,8 e 28,6 Mpa sendo curados pela imersão conforme a norma.

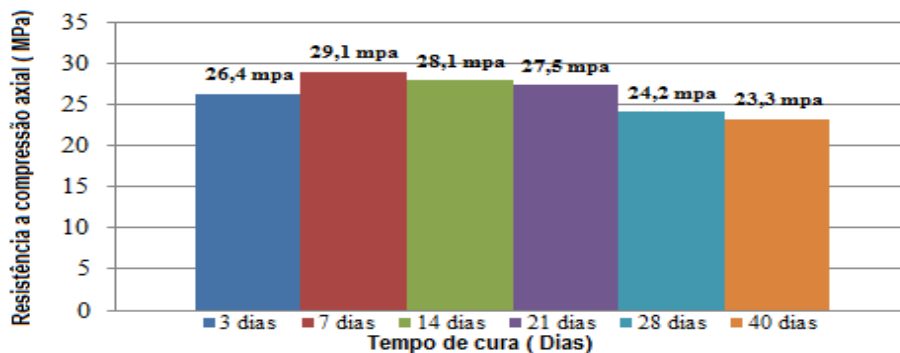
Verificou-se que no período de 14 dias suas características de compressão do concreto (fck) sendo dotado pelo projeto estrutural, lançado e apresentando resultados satisfatórios a compressão do corpo de prova.

Nos períodos de 14 e 21 dias, foram obtidos os valores de 31,6 e 32,4 Mpa respectivamente. Nos últimos períodos de 28 e 40 dias, os corpos de prova apresentaram resultados de 33,5 e 35,1 Mpa, respectivamente. Isto mostra que seu processo de abatimento do concreto e moldagem dos corpos de prova foi eficaz trazendo resultados esperados conforme o projeto estrutural pedia para o concreto em laje.

Ao analisar os resultados dos rompimentos dos corpos de prova pelo processo de irrigação nota-se que durante seus primeiros rompimentos apresentaram resultados. Com a relação à durabilidade e permeabilidade do concreto, as amostras apresentaram um desgaste superficial, causando um aparecimento de fissuras com um aspecto poroso.

Na figura 3 verifica-se a resistência dos CPs pelo método de irrigação, onde mostra uma redução na resistência dos CPs.

**Figura 3:** Resistências à compressão axial dos corpos de prova curados por irrigação.



**Fonte:** Própria (2020).

Os primeiros resultados obtidos que foram na idade de 3 e 7 dias, as amostras obtiveram um valor médio equivalente a 26,4 e 29,1 Mpa, onde obteve esse aumento pelo processo de cura muito rápido devido a evaporação.

Aos 14 e 21 dias foram obtidos os resultados dos rompimentos dos corpos de prova com 28,1 e 27,5 Mpa, com esses dois resultados observamos uma pequena queda de resultados.

Nos últimos rompimentos, aos 28 e 40 dias, foram obtidos os valores de 24,2 e 23,3 Mpa. Isto significa que, assim como no método de cura por imersão, com o passar do tempo, a relação Resistência x Dias, estabiliza-se, variando muito pouco.

Na tabela a seguir compara as resistências alcançadas para cada tipo de cura avaliada. Percebe-se que na primeira análise (realizada no 3º dia) a cura por irrigação apresentou valor pouco superior ao método de imersão. Este resultado era previsto devido ao tempo de exposição das amostras às intempéries do local (calor), fator que contribuiu para a aceleração do processo de hidratação do concreto inicialmente, aumentando, conseqüentemente, sua resistência, em comparação à cura por imersão, considerando que o desenvolvimento da resistência à compressão é proporcional à velocidade das reações cinéticas de hidratação (Mascolo, 2012).

**Tabela 2:** Resultados médios das amostras avaliadas

Dias	Cura por imersão (Mpa)	Cura por irrigação (Mpa)	Varição
3	21,8	26,4	-4,6
7	28,6	29,1	-0,5
14	31,6	28,1	-3,5
21	32,4	27,5	-4,9
28	33,5	24,2	-9,3
40	35,1	23,3	-11,8

Fonte: Própria (2020).

## 5. CONCLUSÃO

O estudo abordou questões relevantes sobre o desempenho da resistência a compressão axial do concreto usinado quando submetidos a diferentes condições de hidratação no processo de cura para assim avaliar e compreender a importância da água no concreto.

Diante dos resultados obtidos foi possível observar que a cura em água saturada com hidróxido de cálcio apresentou melhores valores de resistência em relação aos da cura por irrigação (*in loco*), o que comprova ser o método ideal de hidratação durante o processo de cura do concreto, uma vez que existe um maior controle da água.

As amostras que ficaram expostas no canteiro de obra apresentaram um desgaste superficial e algumas fissuras, caracterizando assim um material frágil propício a agentes agressivos. Nestas condições, o controle da água durante o processo de cura fica mais difícil, pois devem ser inseridos/avaliados, no processo, outros fatores como umidade relativa do ar, temperatura ambiente e amplitude térmica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11768 – Aditivos para Concreto Portland, Rio de Janeiro, 1992.

N1/77: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado, Rio de Janeiro, 1977.

NBR 12655: – Concreto – Prepara Controle e Recebimento, Rio de Janeiro, 1996.

NBR 5738: – Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto, Rio de Janeiro, 2003.

NBR 5739: – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 1994.

NBR 7211: – Agregados para Concreto, Rio de Janeiro, 2009.

NBR 7212: – Execução de Concreto Dosado em Central, Rio de Janeiro, 1984.

NBR 7223: – Determinação da Consistência Pelo Abatimento do Tronco de Cone, Rio de Janeiro, 1996.

Adão, F.X; Hermerly, A.C. Concreto armado: novo milênio. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2002.

ARAÚJO, J. M. Estrutura de concreto: A resistência à compressão e critérios de ruptura para o concreto. Ed. Dunas, v. 1, 2001.

ARAÚJO, J. M. Curso de Concreto Armado. 2 Ed. Rio Grande: Ed. Dunas, v.1, 2010 Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Apostila de ensaios de concretos e agregados. 3 ed. Curitiba, 2011.

BARDELA, P.S et al. Sistema de Cura em Concreto Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa. In : Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado 1 - ENPP, 2005, São Carlos, SP BAUER, L.A.F.

Materiais de Construção; 5° ed. Revisada. Rio de Janeiro: Ed LTC, v.1, 2005. H, LAWRENCE; VAN VLACK. Princípio de ciência dos materiais. São Paulo. Edgard Blucher Ltda. 2000.

LA SERNA, H. A; REZENDE, M. M. Agregados para construção civil, 2009.

Acesso em: 04 mar. 2020. MASCOLO, R. Concreto Usinado: Análise da variação da resistência à compressão e de propriedades físicas ao longo da descarga do caminhão betoneira.



PEDROSO, F.L. Concreto: O Material Construtivo mais Consumido do Mundo. São Paulo, SP: Ed IBRACON, 1972- Trimestral. Instituto Brasileiro de Concreto – IBRACON, 2009. ISSN18097197

