

A Influência da Cura do Concreto na Resistência a Compressão Axial



MATTOS, Gustavo de¹; HENN, Deividi M¹; KAILER, Diter Lon¹; PINHEIRO, Cristian G.¹; TEGNHER, Hediziane¹; PEIXOTO, Rafael S.¹; ZANCHET, Lucas G.¹; LAZARINI, Pablo R. S.¹

¹Associação Paranaense de Ensino e Cultura

RESUMO

O presente trabalho visou buscar bibliografias e normativas que esclarecessem os diversos métodos de cura realizados em concretos e como estes podem afetar a resistência característica do concreto, para isso foram abordadas as características do cimento Portland para a partir dele verificar como se dá o processo de hidratação e quais os critérios que influenciam diretamente a mesma. Desta forma, foi realizada uma revisão bibliográfica e normativa para explicar como deve ser feita a cura tanto em ensaios de laboratório, como nos canteiros de obras em geral.

Palavras Chave: concreto; cura do concreto; processos de cura; cimento Portland, resistência do concreto.

ABSTRACT

This study aimed to seek bibliographies and codes that clarify the various curing methods performed on concrete and how these may affect the characteristic of strength on concrete, for it were discussed the characteristics of cement Portland to check how is the hydration process and what are the criteria that directly influence the same. Therefore, were done literatures and codes review to explain how it should be make the curing in laboratory and in the general construction builds.

Keywords: concrete; concrete curing; curing process; Portland cement; resistance of concrete.

1. INTRODUÇÃO

O concreto não é o melhor material a disposição na construção civil para fins estruturais. Ele não é tão resistente, nem tão tenaz quanto o aço, sua homogeneidade é precária, e exige muitos cuidados na fabricação, que frequentemente não são respeitados. Essas deficiências são “compensadas” elevando-se seu coeficiente de segurança nos cálculos estruturais. Contudo, ele tem suas vantagens, ao contrário da madeira e do aço comum, que perdem resistência devido à corrosão e ao apodrecimento, o concreto adapta-se muito bem a ambientes, secos, úmidos ou imersos em água, não

sofrendo variações significativas mesmo que os estágios seco e molhado se alternem frequentemente.

Outra vantagem é a facilidade com que elementos estruturais de concreto podem ser executados, numa variedade de formas e tamanhos, isto porque o concreto fresco tem uma consistência plástica que o permite fluir nas fôrmas, além dessas, há ainda a vantagem do concreto ser mais barato e mais facilmente disponível nos canteiros de obra.

Todavia, como dito anteriormente, o concreto necessita de cuidados no seu processo de fabricação, para que atinja seu potencial. Como o concreto é composto de vários materiais, sua resistência é determinada pela dosagem de seus componentes. O traço do concreto é essa dosagem, a relação entres esses materiais, que são classificados em agregados (areia, brita) e aglomerantes (cimento).

O cimento por si só não aglomera os agregados, faz-se necessária uma reação entre seus componentes, conseguida com a adição da água à mistura. É de amplo conhecimento dos meios técnicos, e corriqueira no dia-a-dia as reações de hidratação do cimento. Logo a água entra em contato com o cimento e o concreto é adensado em suas fôrmas, iniciam-se as reações de hidratação do concreto.

No caso do concreto sem aditivos, as reações dependem de condições ambientais (temperatura, umidade, etc.), e estas influenciam no tempo necessário para que o concreto atinja sua resistência efetiva. A perda de água durante esse processo causa retração no concreto, e conseqüentemente, fissuras, o que pode minorar sua resistência.

Na construção civil, fissuras são classificadas como patologias, doenças do concreto. Para que tal inconveniência ocorra, faz-se necessária a prevenção da perda de água durante as reações de hidratação do concreto, essa prevenção é conhecida como processo de cura.

2. DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a influências dos métodos de cura na resistência à compressão do concreto.

De maneira específica, pretende-se:

- Explicar o que é cura do concreto, por que ela é importante e como ela ocorre;

- Analisar como as reações de hidratação influenciam na resistência final do concreto;
- Apresentar processos de curas que podem ser aplicados ao concreto.

2.1 Concreto

O concreto é um material composto que consiste essencialmente de um aglomerante, dentro do qual estão mergulhados os agregados (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

O agregado é o material granular (areia, brita) dividido em duas categorias, o agregado graúdo, que caracteriza as partículas maiores que 4,8 mm (pedra britada, pedregulho, escória de alto forno) e o agregado miúdo referindo-se a partículas menores do que 4,8 mm (areia) (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Os agregados desempenham papéis importantes no concreto, entre suas características estão resistência a retração, aumento da resistência ao desgaste, etc. (PETRUCCI, 1998).

O material aglomerante é o cimento. Este é um material que sozinho não é aglomerante, todavia desenvolve propriedades ligantes quando em contato com a água, além de formar um produto resistente a mesma. O cimento mais utilizado para confecção do concreto é conhecido como cimento Portland, que consiste essencialmente de silicatos e aluminatos de cálcio hidráulicos (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Outros materiais que podem ou não compor o concreto são conhecidos como aditivos. Estes são utilizados para alterar as características do concreto em estado fresco, como a plasticidade, o tempo de pega¹, etc. Estas alterações refletem diretamente na resistência característica ou na durabilidade do concreto enrijecido (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

O cimento Portland é classificado em 3 tipos, 250kgf/cm², 320kgf/cm² e 400kgf/cm² cada um apresentando características diferentes de resistência a compressão aos 28 dias, que são obtidas de acordo com o processo de fabricação.

Divide-se também quanto a sua utilização, outro fator relacionado ao processo de fabricação e as adições de outros materiais, conforme Quadro 01 (PETRUCCI, 1998).

TABELA 01 – TIPOS DE CIMENTO PORTLAND

Tipo	Característica
Tipo I	Comum
Tipo II	Moderada resistência aos sulfatos e moderado calor de hidratação
Tipo III	Alta resistência inicial
Tipo IV	Baixo calor de hidratação
Tipo V	Alta resistência aos sulfatos

¹ Início da solidificação da mistura fresca.

FONTE: adaptado de Petrucci (1998)

No Brasil, o cimento Portland é classificado de maneira parecida com a classificação americana, diferindo-se apenas a relação do tipo com a característica, conforme Quadro 02 (ABCP, 2016).

TABELA 02 – TIPOS DE CIMENTO PORTLAND NO BRASIL

Tipo	Característica
CP I	Comum Material Pozolânico
CP II	Escória Pozolana Fíler
CP III	Alto forno
CP IV	Pozolânico
CP V	Alta resistência inicial
RS	Resistente a sulfatos
BC	Baixo calor de hidratação
CPB	Branco

FONTE: adaptado da Associação Brasileira de Cimento Portland (2016)

2.2 Fatores que influenciam a qualidade do concreto

Como qualquer outro composto, a qualidade do concreto depende primeiramente da qualidade dos materiais que o compõem, portanto, um concreto superior, exige matérias com qualidade superior. Todavia, como um brinquedo de montar, se suas peças não forem encaixadas uniformemente este entrará em colapso, o concreto também requer uma boa distribuição de seus componentes. Portanto, além dos materiais adequados, faz-se necessário misturá-los nas proporções adequadas (PETRUCCI, 1998).

Esta proporção leva em conta a relação entre cimento e agregado, a divisão entre agregado miúdo e agregado graúdo e, principalmente a relação entre a água empregada e o cimento. O importante é que o mesmo cumpra seu papel de aglomerante, eliminando os vazios dos agregados miúdo e graúdo (PETRUCCI, 1998).

Vale lembrar que a hidratação do cimento leva tempo e é preciso que as condições ambientais favoreçam as reações, este processo é conhecido como cura (PETRUCCI, 1998).

2.3 Composição do cimento Portland

Segundo Petrucci (1998), o cimento Portland, por ser composto de silicatos e aluminatos de cálcio, em contato com água, hidratam-se e ao mesmo tempo que endurecem a massa, conferem a mesma resistência mecânica.

[...] Os principais componentes, cuja determinação é feita a partir de uma análise química, são: cal (CaO), sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), óxido de ferro (Fe₂O₃), magnésia (MgO), álcalis (Na₂O e K₂O) e sulfatos (SO₃). (PETRUCCI, 1998, p. 5)

No caso da análise química dos componentes do Cimento Portland, geralmente usam-se abreviações próprias para cada componente, como segue no Quadro 03 (PETRUCCI, 1998):

TABELA 03 – ABREVIÇÃO DOS COMPOSTOS DO CIMENTO PORTLAND

Composto	Abreviação
CaO	C
SiO ₂	S
Fe ₂ O ₃	F
Al ₂ O ₃	A

FONTE: adaptado de Petrucci (1998)

Essa simplificação tem como objetivo favorecer o estudo e a compreensão das reações referentes ao cimento Portland. Estes formam os compostos principais constituintes do cimento Portland: silicato tricálcico (C3S), silicato dicálcico (C2S), aluminato tricálcico (C3A) e ferroaluminato tetracálcico (C4AF) (PETRUCCI, 1998).

2.4 Hidratação do cimento Portland

Os elementos constituintes do cimento Portland são anidros, todavia em contato com a água, reagem com ela. Segundo Petrucci (1998), os compostos apresentam as seguintes características demonstradas no Quadro 04, em resumo:

TABELA 04 – RELAÇÃO ENTRE COMPOSTO E CARACTERÍSTICA

Propriedade	C3S	C2S	C3A	C4AF
Resistência	boa	boa	fraca	fraca
Intensidade de Reação	média	lenta	rápida	rápida
Calor desenvolvido	médio	pequeno	grande	pequeno

FONTE: adaptado de Petrucci (1998)

Portanto, os silicatos são os principais responsáveis pela resistência, o C3S em idades iniciais e o C2S em idades maiores, enquanto o C3A dá início à pega (PETRUCCI, 1998).

É discutível o papel do C4AF no desenvolvimento do cimento, mas, certamente, não é apreciável a sua contribuição. É provável que o $\text{CaO.Fe}_2\text{O}_3$ coloidal se deposite nos grãos de cimento, retardando assim a hidratação dos outros compostos (NEVILLE, 2015, p. 62).

Vale salientar que segundo Mehta e Monteiro (1994) a reação do C3A é imediata, com grande liberação de calor a ponto de quase secar a massa, e a menos que sua reação seja retardada, o cimento Portland não alcançará os propósitos de construção. Isso geralmente é conseguido adicionando-se gipsita na composição da massa.

Uma vez que os silicatos são responsáveis pela resistência, é extremamente importante que estes sofram as reações de hidratação. Para tanto, faz-se necessária a presença de água durante todo o processo (PETRUCCI, 1998).

Deve-se acrescentar que segundo Neville (2015), o concreto mais afastado da superfície exposta é muito pouco sujeito a deslocamentos de umidade, que somente atinge a parte externa, tipicamente 30 mm da superfície, ocasionalmente, 50 mm, o que no concreto armado, quase sempre representa a espessura do cobrimento². A abertura de fissuras nessa região pode abrir oportunidades para a corrosão da armadura.

2.5 Fatores que influenciam a cura

2.5.1 Umidade

Geralmente o concreto fresco fica exposto às intempéries, e o próprio calor do ambiente, somado a umidade relativa do ar, o calor gerado nas reações de hidratação, mais uma série de fatores climáticos podem ser prejudiciais ao concreto durante esse processo, uma vez que a água pode evaporar, ou perder-se naturalmente para o ambiente, se este estiver muito árido, avariando assim as lentas reações de hidratação do silicato dicálcico (C2S) (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Segundo Neville (2015), para prosseguimento da hidratação, o interior do concreto deve ser mantido a uma umidade relativa no mínimo igual a 80%. Com tal umidade relativa do ar, há pouca movimentação de água entre o concreto e o ambiente.

² Espessura de concreto entre a face da fôrma e a armadura.

Todavia tal afirmação só é válida se não houver interferências externas, como vento ou diferença de temperatura entre o ambiente e o concreto, e este não estiver exposto ao sol.

2.5.2 Temperatura

A temperatura é outro critério que influencia a resistência final do concreto. Segundo Mehta e Monteiro (1994), se as temperaturas de lançamento e hidratação do concreto forem constantes, observa-se que até os 28 dias, quanto maior for a temperatura, mais rápida é a hidratação, todavia, menor será a resistência final.

Por outro lado, temperaturas baixas geram menores resistências até os 28 dias. Concretos curados a temperaturas de 0° C atingem cerca de metade da resistência de um concreto curado a 21° C, e temperaturas abaixo da de congelamento da água quase não desenvolvem resistência. Como as reações são lentas, os níveis de temperatura devem ser mantidos por tempo suficiente para proporcionar energia de ativação necessária (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Há um paradoxo então entre as temperaturas ideais de cura, visto que temperaturas mais altas garantem melhor resistência inicial, contudo, menor será sua resistência em idades mais avançadas, enquanto há temperaturas mais baixas o processo é o inverso. Faz-se então necessário um equilíbrio de temperatura. Ainda segundo Mehta e Monteiro (1997), os concretos que são lançados e curados a temperaturas variando entre 4 e 13° C obtém melhores desempenhos.

2.5.3 Tempo

O terceiro critério de influência na cura do concreto é o tempo. Segundo Petrucci (1998), 90% do calor é liberado aos 28 dias, atingindo-se cerca de 50% aos 3 dias de idade. Em outras palavras, 90% das reações de hidratação do C2S concluem-se apenas aos 28 dias.

2.6 Tipos de cura

2.6.1 Cura úmida

A cura úmida é aplicada onde o concreto é exposto aos raios solares ou a temperaturas elevadas. Esta pode ser conseguida de diversas maneiras. De acordo com

Yazigi (2014), cobrir as lajes com sacaria de estopa ou sacos vazios de cimento, ou ainda uma camada de areia de aproximadamente 5 cm, garantem uma boa cura, desde que o modelo utilizado permaneça úmido durante todo o processo.

Ainda segundo Yazigi (2014), as próprias fôrmas utilizadas para moldagem do concreto protegem vigas e pilares, evitando a perda de água rapidamente.

Neville (2015) sugere a cura por molhagem, que consiste em embeber o concreto em água, logo sua superfície não seja mais danificada com o contato da água, e mantê-la por todo o período de cura. Esta pode ser alcançada por espalhamento contínuo ou inundação, formando um reservatório sobre o concreto.

2.6.2 Cura por represamento

Outro método de cura está baseado na prevenção do concreto através de mantas de papel impermeável ou mantas de polietileno ou ainda compostos químicos formadores de membrana, com o objetivo de impedir a movimentação de água do interior para o exterior do concreto (NEVILLE, 2015).

Há ainda a cura feita com a aplicação superficial de cloreto de cálcio sobre o concreto. Este age absorvendo a água do ambiente e a retendo sobre o concreto (PETRUCCI, 1998).

2.6.3 Cura térmica

Quando a temperatura for baixa, o concreto deve ser protegido com mantas termoisolantes ou com aquecimento das fôrmas através de resistência elétrica ou vapor. Estas curas térmicas com utilização de vapor também são utilizadas para cura de concretos pré-moldados, onde a fabricação em escala exige resistências iniciais elevadas para o quanto antes encaminhar as peças a sua destinação (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

2.7 Recomendações técnicas

A NBR 14931/2004 recomenda que a cura do concreto executado nos canteiros de obra seja até que o concreto atinja 15MPa ou mais de resistência a compressão, ou de pelo menos 7 dias de cura para qualquer tipo de concreto, o que pode ser questionável, visto que é um prazo relativamente curto para que o concreto não perca água e gere fissuras ou poros.

Para condições de laboratório, a NBR 5738/2015 recomenda 28 dias de cura, e estes devem ou permanecer imersos em água saturada de cal, ou em câmara úmida que apresente no mínimo 95% de umidade relativa do ar, atingindo toda a superfície livre, ou ficar enterrados em areia completamente saturada de água, com temperatura variando entre 21° a 25° C até o instante de ensaio.

3. CONCLUSÃO

Através da pesquisa, conclui-se que há muito ainda a ser explorado quanto as propriedades do cimento Portland, principalmente quanto aos processos de hidratação. Infelizmente há um abismo entre os procedimentos de laboratório e a confecção de concreto em obra. Apesar das normas regulamentarem critérios que garantam a boa execução e por consequência, boa resistência do concreto, nem sempre esses cuidados são tomados, visto que há muitos fatores que podem interferir positivamente, como a umidade relativa do ar, que em determinadas regiões e estações do ano podem garantir a presença da água no concreto depois de sua plastificação, promovendo a hidratação dos silicatos, como podem interferir negativamente, como a temperatura do ambiente, que apesar de acelerar o processo de cura, pode também provocar a evaporação da água, principalmente a superficial, o que geralmente provoca fissuras por retração, principalmente em elementos que tenham grandes dimensões desprotegidas, como lajes, por exemplo, isso sem citar ainda o fator humano, que na situação brasileira de operários de construção civil, são geralmente de baixa instrução e pouco entendem do agravante de acrescentar água a mistura do concreto e tampouco preocupam-se em garantir a cura correta do concreto.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **A versatilidade do cimento brasileiro**. Disponível em < <http://www.abcp.org.br/conteudo/?p=166> > acesso em 25 de março de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2015.

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

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. – **Concreto: estrutura, propriedade e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.

NEVILLE, A. M. – **Propriedades do concreto.** 5. ed.. – São Paulo: Bookman, 2015.

PETRUCCI, E. G. R. – **Concreto de cimento Portland.** 13. ed. rev. por Vladimir Antonio Paulon – São Paulo: Globo, 1998.

YAZIGI, W. – **A técnica de edificar.** 14. ed. – São Paulo: Pini, 2014.