

INFLUÊNCIA DA CURA NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO

INFLUENCE OF CURE ON THE STRENGTH OF CONCRETE

Edimilson Amancio Costa Junior¹
Fernanda Calado Mendonça²

¹Graduando em Engenharia Civil, Faculdade Internacional da Paraíba – FPB

² Professora Mestre Engenheira Civil, e-mail: fernanda.mendonca@fpb.edu.br

Resumo

O concreto é um material plástico que se molda adquirindo a forma pretendida antes do processo de endurecimento, constituído de aglomerantes, agregado miúdo, agregado graúdo e água, tem como a sua principal função resistir à esforços mecânicos de compressão. O concreto de cimento Portland é o principal elemento da construção civil e é utilizado fortemente nos elementos estruturais como lajes, vigas, pilares e fundações. O concreto durante sua execução pode ter suas propriedades e características modificadas caso o processo de cura não seja adequadamente realizado. A cura do concreto é um processo que visa garantir condições fundamentais para que ocorra a hidratação evitando assim que aconteça a retração do concreto que podem vir ocasionar fissuras que não estão previstas no projeto. Dessa forma, a cura deve ser considerada como uma etapa de extrema importância na execução de elementos estruturais, garantindo que o material atinja as características desejadas nos projetos. O sentido desse artigo é contribuir com informações para evitar que ocorra a negligência de uma cura adequada, que muitas vezes são feitas de maneira inapropriada ou até mesmo com a falta dela, sendo assim, a cura é uma etapa de fundamental importância para a garantia de uma boa execução de elementos estruturais. A metodologia aplicada para o desenvolvimento do presente artigo em pauta, foi de uma pesquisa bibliográfica e documental com base em trabalhos científicos. A comparação desses trabalhos serviu de embasamento no sentido de concluir sobre a importância da cura como etapa importante e constituinte da execução do concreto em obras.

Palavras-Chave: Concreto, Cura do Concreto, Compressão.

Abstract

Concrete is a plastic material that molds itself acquiring the desired shape before the hardening process, consisting of binders, fine aggregate, coarse aggregate and water, and has as its main function to resist mechanical stress of compression. Portland cement concrete is the main element of civil construction and is used heavily in structural elements such as slabs, beams, columns, and foundations. The concrete during its execution can have its properties and characteristics modified if the curing process is not properly performed. Concrete curing is a process that aims to ensure fundamental conditions for hydration to occur, thus avoiding concrete shrinkage that may cause cracks that are not foreseen in the project. Thus, curing should be considered an extremely important step in the execution of structural elements, ensuring that the material reaches the desired characteristics in the projects. The purpose of this article is to contribute with information to avoid the neglect of an adequate curing, which many times are made in an inappropriate way or even with the lack of it, thus, the curing is a step of fundamental importance to ensure a good execution of structural elements. The methodology applied for the development of this article was a bibliographic and documentary research based on scientific papers. The comparison of these works served as a basis for concluding on the importance of curing as an important and constituent step in the execution of concrete in construction sites.

Keywords: Concrete, Concrete Curing, Compression.

1. INTRODUÇÃO

A origem do concreto aponta para a sua utilização na Roma antiga (2000 a.c.) em que os romanos utilizavam o concreto como matéria prima para construção de aquedutos e estradas.

Os romanos empregavam uma mistura de matéria prima especial formada por areia grossa e cascalhos misturados com cal quente e água. De forma oficial historicamente a origem do concreto foi em 1756, quando John Smeaton produziu concreto fazendo a mistura de agregado graúdo e cimento.

A alta resistência a compressão e boa disponibilidade dos materiais fazem com que o concreto seja o material estrutural mais utilizado no mundo, um bom material para ser utilizado em uma estrutura é aquele que apresenta boas características de resistência e durabilidade” (BASTOS, 2017, p. 01), características essas que são encontradas em diversas obras que foram utilizadas o concreto como material nas suas execuções. O concreto é o segundo produto mais utilizado no mundo ficando atrás somente da água, o que mostra a sua grande importância na construção civil pelo mundo. Seu consumo anual é da ordem de uma tonelada por habitante (PINHEIRO, 2004). O concreto é material de construção civil mais utilizado no mundo na ordem de 19 bilhões de toneladas métricas ao ano (METHA, MONTEIRO 2014), o Brasil contribui efetivamente nessa estatística, com 30 milhões de toneladas ao ano (PEDROSO, 2009). De acordo com Bastos (2017):

As estruturas de concreto são comuns em todos os países do mundo, caracterizando-se pela estrutura preponderante no Brasil. Comparada a estruturas com outros materiais, a disponibilidade dos materiais constituintes (concreto e aço) e a facilidade de aplicação, explicam a larga utilização das estruturas de concreto, nos mais variados tipos de construção, como edifícios de pavimentos, pontes e viadutos, reservatórios, barragens, pisos industriais, pavimentos rodoviários e de aeroportos, paredes de contenção, obras portuárias, canais, etc. (BASTOS, 2017)

O concreto armado é uma técnica construtiva que combina dois materiais com características diferentes, utiliza-se o concreto formado por cimento Portland, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água, que tem como a sua principal característica resistir a esforços mecânicos de compressão, junto com armações feitas de barras de aço a qual tem como principal função resistir aos esforços de tração, sendo assim, as armações de aço tornam-se um complemento para o concreto que possui baixa resistência a esforços de tração.

O concreto armado possui várias vantagens em relação a outras técnicas construtivas. Além da alta resistência a compressão, o concreto armado também apresenta uma boa resistência a tração devido as armações de aço que o mesmo possui. Outras vantagens que podemos citar é o fato de ser um material adaptável que pode ser moldado de várias formas antes do seu endurecimento, tendo boa resistência ao fogo, ao tempo, ao desgaste mecânico como vibrações e choques, possuindo também baixo custo de manutenção, além de ser um excelente material resistente a água sendo, portanto, muito utilizado em barragens, estacas de fundações, pontes, etc.

O Concreto Armado é a junção das qualidades do concreto (durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e à água, e o baixo custo) com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração e à compressão), permitindo construir

elementos com as mais variadas formas e volumes, com relativa rapidez e facilidade, para os mais diversos tipos de obra (BASTOS, 2017).

Para se obter um concreto com excelente durabilidade e alta resistência a esforços mecânicos deve-se prepará-lo e executá-lo seguindo etapas normatizadas. De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada, assegurar a formação de uma capa superficial durável.

Uma das etapas importantes para se obter tais propriedades e características é a execução de uma cura adequada, evitando que o concreto perca sua água de hidratação dos compostos presentes na pasta do cimento evitando patologias como, porosidade, alta permeabilidade, carbonatação, ocorrência de fissuração, etc. De acordo com o Programa de Educação Tutorial da Universidade Federal de Juiz de Fora (2012), além da perda de resistência do concreto, a ausência de uma cura adequada, poderá trazer patologias, como fissuras de retração, cuja ocorrência se dá quando a velocidade de evaporação é maior que a velocidade de exsudação (SARAIVA, 2018)

Cura é o nome dado aos procedimentos utilizados para promover a hidratação do cimento e, conseqüentemente o desenvolvimento de sua resistência. Os processos de cura consistem em controle da temperatura e do movimento de água do interior para fora do concreto e vice-versa, que afetam tanto a resistência quanto à durabilidade. A água perdida internamente pelo auto dessecação deve ser substituída pela água do exterior, ou seja, deve ser ingressada água na estrutura de concreto. (NEVILLE, BROOKS, 2013).

Os agregados são geralmente materiais inertes, portanto as reações químicas que ocorrem no interior do concreto, são as de hidratação do cimento, e os produtos gerados no processo são os responsáveis pelas propriedades mecânicas do mesmo (NEVILLE, BROOKS, 2013).

A cura do concreto é a última etapa do processo de produção de concretos e deve ser bem executada de forma a proporcionar os requisitos de qualidade desejados pelos usuários (NEVILLE, 1997). A cura adequada, desempenha papel fundamental no processo de ganho de resistência, garantindo a hidratação dos compostos do cimento Portland e evitando a fissuração por retração nas primeiras idades (METHA, MONTEIRO, 2008). Uma cura eficiente envolve uma combinação de fatores como tempo, temperatura e umidade.

Para uma determinada relação água/cimento, quanto maior o período de cura, maior será a resistência final obtida, com peças de concreto submetidas a uma cura úmida contínua mostrando resistência três vezes maior que as alcançadas ao ar livre (METHA, MONTEIRO, 2008).

A cura inapropriada provoca a redução da resistência e durabilidade, devido a perda acentuada de umidade e aumento da temperatura (ISAIA et al, 2011). A perda de água pelo concreto, deixa vazios, elevando a porosidade, além da possibilidade de deixar a quantidade abaixo da mínima exigida, necessária para formação dos cristais na matriz cimentícia e garantir uma boa trabalhabilidade (HELENE, LEVY, 2013). A temperatura elevada das reações exotérmicas de hidratação, pode ocasionar fissuras por retração que atuam como porta de acesso à agentes agressivos que podem degradar tanto o concreto, quanto sua armadura, quando este for armado, podendo levar a peça ao colapso (ISAIA et al, 2011).

Existem diversos tipos de curas para elementos estruturais de concreto, e são classificados em 3 grandes grupos, a saber: cura úmida, cura química e cura térmica, sendo adotado o mais adequado ao tipo da obra.

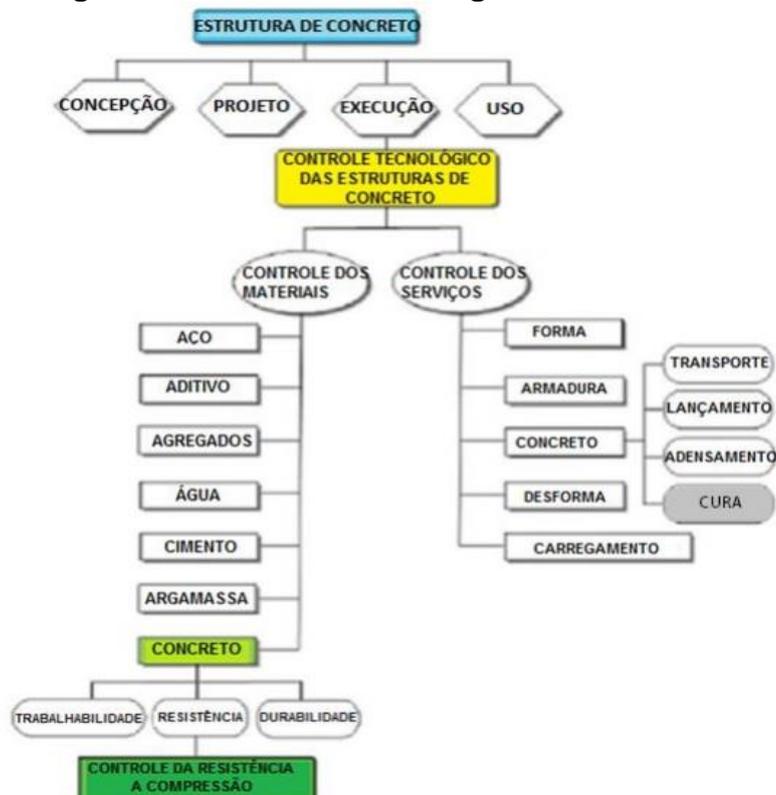
A cura úmida é o processo de cura que visa manter a superfície do concreto sempre com água, com o objetivo de conservar a umidade evitando a perda de água constituinte do concreto. Segundo Helene (2013) temos na maioria das grandes obras as seguintes curas úmidas: Represamento ou Imersão, borrifamento de água ou neblina de água, uso de revestimentos saturados que retenham umidade (mantas, cobertores etc.) e vedação da superfície concretada através da aplicação de manta de polietileno, papel impermeável, compostos formadores de membranas de cura.

A cura química é o processo de cura do concreto que é realizado através do borrifamento de substâncias específicas sobre a superfície do concreto, esse processo tem o objetivo de criar uma película superficial selando o concreto. Algumas das substâncias que podem ser utilizadas são ceras, acrílicos, parafina, resinas, PVA (Poliacetato de Vinila) entre outros. O processo de cura química tem a sua atuação durante as primeiras idades do concreto ou argamassa, mantendo o interior do composto a água de hidratação (HELENE, 2013). Esse processo evita os efeitos de retração na secagem que contribuem com a formação de fissuras, sendo assim, o processo de cura favorece para o desenvolvimento perfeito das resistências mecânicas.

A cura térmica tem por objetivo acelerar o processo de cura obtendo uma resistência mecânica desejada mínima em um curto período de tempo, esse processo submete os elementos de concreto a altas temperaturas de forma programada (TECNOSIL, 2022).

Na Figura 1, pode-se visualizar um diagrama detalhado caracterizando a representação de um controle tecnológico de uma estrutura de concreto com a cura do concreto sendo etapa fundamental da execução.

Figura 1 – Controle Tecnológico do Concreto



Fonte: Terzian (1993)

O tempo de cura do concreto é subjetivo. Segundo a NBR 14931/2004 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento deve ser adotado a cura no mínimo até atingir endurecimento satisfatório e com resistência a compressão igual ou superior a 15 MPa, no entanto, alguns estudos científicos recomendam no mínimo 7 dias.

O Brasil devido a sua grande extensão territorial possui diversos climas, conseqüentemente apresenta variadas taxas de umidade e temperaturas ambientes, diante disso, não se pode adotar o mesmo tempo e frequência de cura para obras com temperatura e taxas de umidades diferentes. O ideal deve ser considerar a necessidade do local em que a obra está sendo executada, baseando-se nas condições climáticas e ambientais.

Para temperaturas ambientes superiores a 4°C, o período mínimo recomendável de cura para todos os procedimentos é de sete dias ou o tempo necessário para se obter 70 % da resistência à compressão especificada, adotando o período que seja menor. Se o concreto é aplicado a uma temperatura ambiente de 4°C ou inferior, deverão ser tomadas precauções para prevenir que ele não seja danificado por congelamento (BAUER, 1991).

O sentido desse artigo é reunir informações de estudos científicos, comparando e determinando a importância da cura do concreto como etapa fundamental na execução. Diante disso a função principal do artigo é fornecer dados e contribuir para evitar que ocorra a negligência de uma cura adequada, que muitas vezes são feitas de maneira inapropriada ou até mesmo com a falta dela.

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento do presente artigo em pauta, foi de uma pesquisa bibliográfica e documental, tendo como base artigos, livros, trabalhos de conclusões de cursos de graduações, dissertações de mestrado, tratados e publicações afins, no que diz respeito à influência da cura do concreto e suas características e propriedades finais na presença da cura adequada e na ausência ou cura inadequada realizada na execução de elementos estruturais como lajes, vigas, pilares e fundações. Os trabalhos científicos analisados serão comparados e servirão de embasamento para se obter uma conclusão sobre a importância da cura como etapa importante e constituinte da execução do concreto em obras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo a metodologia do presente artigo, este trabalho foi desenvolvido através de um levantamento bibliográfico utilizando-se de 5 artigos como base para extração de informações. Essas informações estão relacionadas com os ensaios de resistência à compressão utilizando diferentes tipos de cura do concreto.

No levantamento bibliográfico foram utilizados como base de dados trabalhos científicos com tempo de publicação inferior a 15 anos.

No Quadro 1, percurso das análises, pode-se observar as informações resumidas dos artigos utilizados como base de dados para a construção das análises e conclusões deste artigo.

Quadro 1 – Percurso das Análises

Artigo	Autor	Ano	Título	Método	Conclusão
1	DA SILVA et al	2011	Análise de diferentes processos de cura na resistência à compressão apresentado	Experimentos práticos com ensaios utilizando corpos de provas.	Quando submetido a processos de cura nos quais há saturação do concreto com água seu ganho de resistência é mais ameno, porém o resultado final de resistência é favorecido. A utilização de uma solução saturada de C_aO na cura, propicia um ganho extra na resistência final do mesmo.
2	DE ASSUNÇÃO, DE ALMEIDA E GOMES	2021	Análise Estatística da Influência do Tipo de Cura na Resistência Mecânica do Concreto de Cimento Portland	Experimentos práticos com ensaios utilizando corpos de provas.	A partir dos dados obtidos nos ensaios de compressão axial e de tração indireta, mostram que o tipo de cura influência diretamente na evolução e ganho de resistência ao longo do tempo, com os tipos de cura realizados por imersão (AG e ASHC) apresentando os melhores resultados.
3	DE FARIA, C. S. et al	2021	Análise da influência do método de cura na evolução da resistência à Compressão do concreto com o tempo	Experimentos práticos com ensaios utilizando corpos de provas.	Os resultados evidenciaram que a cura ao ar não conduz a bons resultados em relação ao concreto na estrutura real, mesmo em ambientes internos de laboratórios, indicando que as melhores estimativas da resistência do concreto são obtidas quando se considera a resistência à compressão medida de amostras curadas em ambiente saturado de água.
4	SILVA E GALVÃO	2019	Análise dos Tipos de Cura e Sua Influência no Ganho de Resistência à Compressão em um Concreto Convencional	Experimentos práticos com ensaios utilizando corpos de provas.	Diferentes procedimentos de cura e tempos de duração, podem propiciar uma resistência à compressão distintas, em tempos específicos.
5	SARAIVA	2018	Análise Da Influência da Cura na Resistência à Compressão do Concreto	Levantamento bibliográfico e experimentos práticos com ensaios utilizando corpos de provas.	Pôde-se concluir que a hidratação do cimento é mantida quando a umidade interior do concreto é aproximadamente igual à umidade relativa do ar. Desta forma, implica-se que poucas serão as chances de haver movimentação de água entre o concreto e o ar ambiente.

Fonte: Própria (2022)

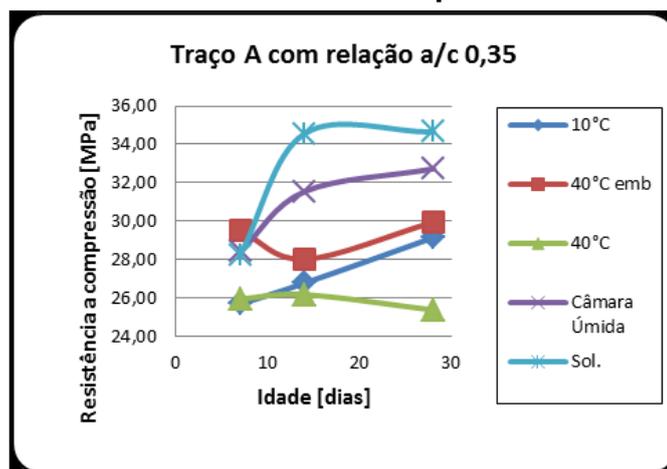
No artigo de análise de diferentes processos de cura na resistência à compressão apresentado no 53º Congresso Brasileiro de Concreto – IBRACON 2011,

o desenvolvimento da análise foi efetuado com 2 traços e para cada traço variou-se a relação água cimento (0,35 e 0,55). Sendo o primeiro traço de 1:2:3 escolhido pela sua larga utilização e o segundo traço de 1:1,59:1,95 escolhido para poder haver a comparação com uma pesquisa desenvolvida por outros autores (KHAN, KRISHNA RAO, KUMAR, 2010). A moldagem dos corpos de provas e cura foram realizados na UFRGS seguindo a metodologia da NBR 5738 (ABNT, 2003).

Foram definidos 5 métodos diferentes de cura no referido trabalho: Cura em câmara úmida, cura em solução saturada de cal, cura a 10°C em câmara climatizada, cura a 40°C e cura a 40°C com vedação. Os ensaios de resistência a compressão realizados seguiram os procedimentos da NBR 5739 (ABNT, 2007) com a utilização de corpos cilíndricos de concreto.

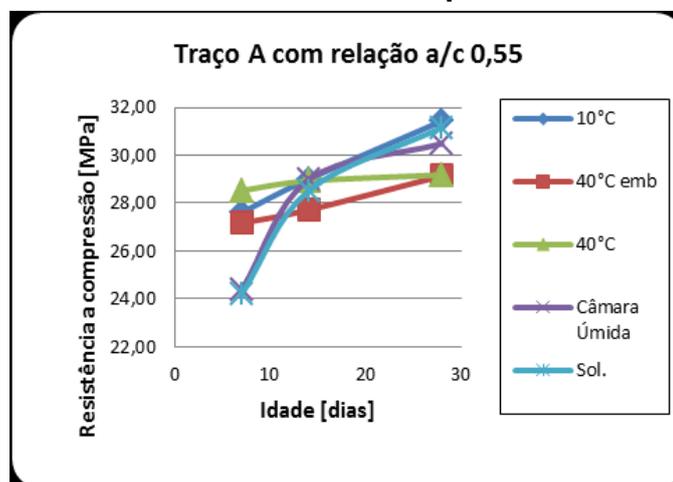
O Gráfico 1 e o Gráfico 2 demonstram o comportamento a resistência do Traço A (1:2:3) com relação a/c 0,35 e a/c 0,55. Observa-se por estes gráficos que a cura com imersão em solução saturada de cal apesar de apresentar um ganho de resistência mais lento possui uma significativa influencia na resistência final do corpo de prova, assim como a tendência quase linear apresentada pelos corpos de prova submetidos a temperatura de 40° mostra que esta possui um elevado ganho de resistência nas primeiras idades (DA SILVA et al., 2011, p.12).

Gráfico 1 – Resistência a Compressão de Traço A



Fonte: Da Silva et al (2011)

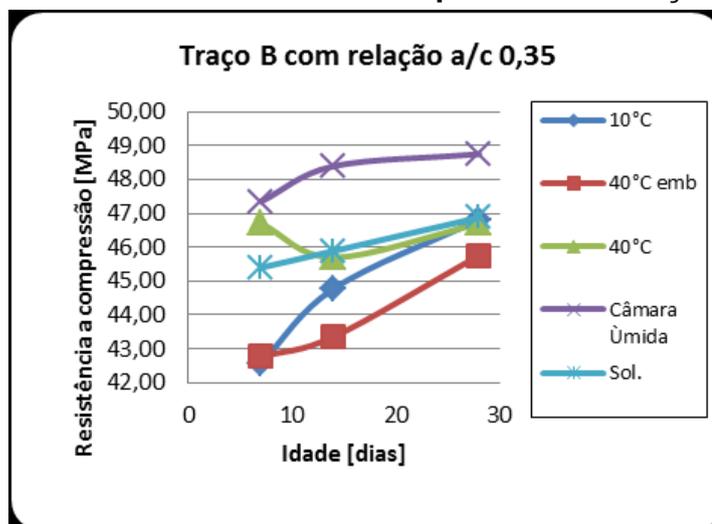
Gráfico 2 – Resistência a Compressão de Traço A



Fonte: Da Silva et al (2011)

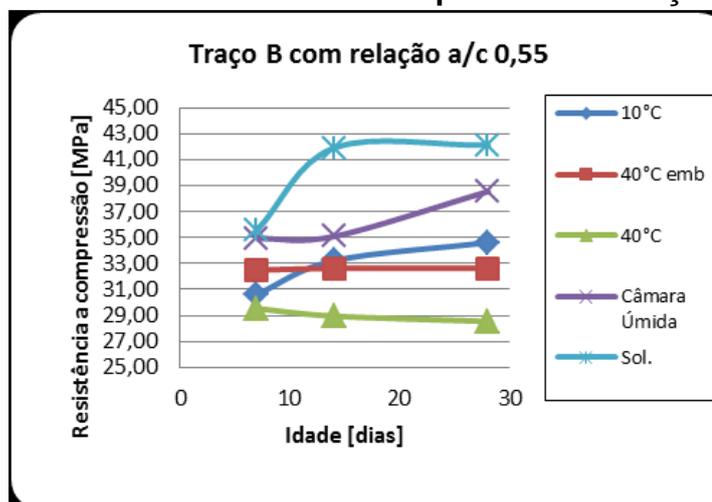
O Gráfico 3 e o gráfico 4 apresentam os comportamentos a resistência do Traço B (1:1,59:1,95) com relação a/c 0,35 e a/c 0,55, nos quais se pode notar uma taxa de ganho de resistência mais baixa dos corpos de prova submetidos à imersão em solução saturada assim como uma tendência desta à linearidade sugerindo que há uma taxa de ganho de resistência mais elevada nas primeiras idades (DA SILVA et al., 2011, p.12).

Gráfico 3 - Resistência a Compressão do Traço B



Fonte: Da Silva et al (2011)

Gráfico 4 - Resistência a Compressão do Traço B



Fonte: Da Silva et al (2011)

No estudo Análise Estatística da Influência do Tipo de Cura na Resistência Mecânica do Concreto de Cimento Portland publicado na RCT-Revista de Ciência e Tecnologia dos autores De Assunção, De Almeida e Gomes (2021), no desenvolvimento da análise foi utilizado o Cimento Portland CP-II-E-32. Para a produção do concreto a relação a/c foi de 0,39 e foram utilizados cal hidratada (hidróxido de cálcio), do tipo CH-III, para preparação de solução da cura conforme a norma NBR-5738 (2015) e aditivo Superplastificante Glenium 51, que tem a função de aumentar a trabalhabilidade do concreto.

A produção e moldagem dos corpos de prova, foi realizada de acordo com a NBR-5738 (2015), sendo produzido ao todo 128 corpos de provas, divididos em 4 lotes

referente a um tipo de cura: imersão em água saturada em hidróxido de cálcio (ASHC), imersão em água (AG), ar livre (AL) e acondicionada em saco plástico (ASP).

Foram realizados ensaios destrutivos de compressão axial direta e tração indireta sendo esse desconsiderado como referência para esse estudo, nas idades específicas de 7, 14 e 28 dias, contados a partir da moldagem dos corpos de prova.

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão axial e diametral dos lotes são expressos de forma resumida com as resistências médias a compressão (f_c) e resistência média a tração indireta ($f_{t,sp}$) no Quadro 2.

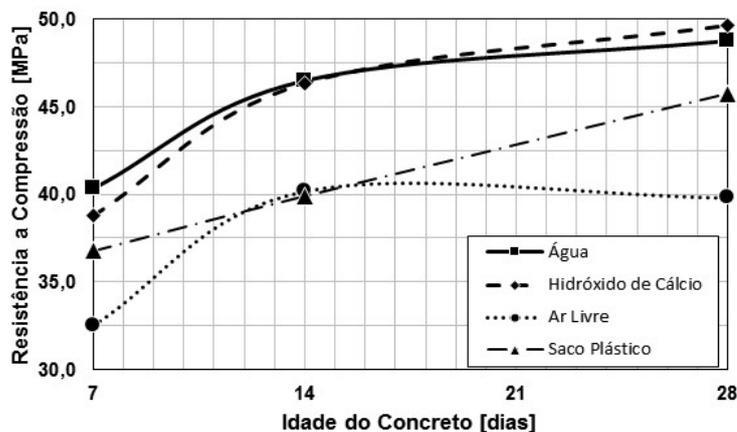
Quadro 2 – Resistência Média Obtidas ao Longo do Tempo

Resistência médias obtidas ao longo do tempo						
Idade do Concreto	7 Dias		14 Dias		28 Dias	
Resistência Médias	f_c	$f_{t,sp}$	f_c	$f_{t,sp}$	f_c	$f_{t,sp}$
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
Tipo de Cura	ASHC	38,75	46,31	3,42	49,62	3,11
	AG	40,31	46,5	2,82	48,78	3,53
	AL	32,51	40,16	2,56	39,78	2,37
	ASP	36,78	39,91	2,77	45,75	3,31

Fonte: De Assunção, De Almeida e Gomes (2021)

Pode-se observar no Gráfico 5 a evolução da resistência do concreto à compressão ao longo do tempo para os métodos de cura propostos no trabalho mencionado.

Gráfico 5 – Resistência a Compressão [MPa]



Fonte: De Assunção, De Almeida e Gomes (2021)

Observa-se pelo gráfico que nas idades iniciais de cura (7 dias), houve um maior ganho de resistência nos grupos que tiveram seus exemplares imersos em água (ASHC e AG), com seus valores de resistência em torno de 40 MPa, sendo seguido dos exemplares acondicionados em embalagem plástica (ASP), com o pior desempenho sendo os curados ao ar livre (AL), o que pode indicar a tipo de cura influência nas reações de hidratação do cimento e nos ganhos de resistência do concreto (DE ASSUNÇÃO, DE ALMEIDA, GOMES, 2021, p. 07).

Os resultados também indicam que os CP's que aos 28 dias alcançaram os maiores valores de resistência foram os CP's com cura ASHC, seguido bem próximo

com cura AG, com uma diferença de 0,84 MPa, cerca de 1,73%. Observou-se também que o concreto com os piores resultados, em relação à compressão, foram os com a cura AL, com resistências aproximadamente 24,75% menores em relação ao ASHC.

A curva de ganho de resistência do concreto com cura AL, estabilizou-se aos 14 dias, seguindo praticamente constante até os 28 dias, não havendo maiores acréscimos na resistência, o que pode ter como explicação, o fato de que o concreto curado ao ar livre, perde maior umidade, estagnando as reações de hidratação do cimento, além de que, como a literatura afirma, possui um maior índice de poros e vazios e apresentar microfissuras devido a retração plástica. (DE ASSUNÇÃO, DE ALMEIDA, GOMES, 2021, p. 07 e 08).

No artigo análise da influência do método de cura na evolução da resistência à Compressão do concreto com o tempo, de, De Faria, C. S. et al (2021), a resistência a compressão foi determinada através de 72 corpos de provas cilíndricos que foram submetidos e divididos em 3 grupos diferentes de cura: ao ar, em saco plástico e cura imersa em solução saturada de hidróxido de cálcio, segundo as recomendações normativas da ABNT NBR 5738:2015, e foram realizados todos em ambiente interno. no Laboratório de Estruturas da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Os concretos produzidos tiveram a seguinte composição: relação a/c = 0,55 e 0,60, cimento Portland CP-III-40 RS, sílica ativa e aditivos superplastificante (aditivo 01) e retardador de pega (aditivo 02). Os dois concretos foram dosados para $f_{ck} = 40$ MPa e um abatimento do tronco de cone de 18 ± 3 cm.

No Quadro 3 foram apresentados os dados de corpos de provas e resultados dos ensaios de resistência a compressão dos concretos A e B, respectivamente.

Quadro 3 – Dados dos Corpos de Prova

Concreto A (a/c = 0,55)					Concreto B (a/c = 0,60)				
ID	Tipo de cura	Idade (dias)	Massa específica (kg/m³)	f_c (MPa)	ID	Tipo de cura	Idade (dias)	Massa específica (kg/m³)	f_c (MPa)
1	CI	3	2344,6	14,23	37	CI	3	2258,5	11,37
2	CI	7	2366,2	27,88	38	CI	7	2279,9	21,56
3	CI	14	2369,1	36,87	39	CI	14	2284,8	30,08
4	CI	28	2375,5	42,35	40	CI	28	2278,2	36,11
5	SP	3	2333,3	16,26	41	SP	3	2292,6	11,59
6	SP	7	2356,7	26,11	42	SP	7	2281,1	20,74
7	SP	14	2345,7	34,73	43	SP	14	2274,5	27,52
8	SP	28	2372,3	38,81	44	SP	28	2292,5	31,92
9	AR	3	2324,3	14,48	45	AR	3	2295,1	9,90
10	AR	7	2348,7	24,82	46	AR	7	2268,4	17,09
11	AR	14	2318,0	29,55	47	AR	14	2281,0	24,68
12	AR	28	2339,8	33,29	48	AR	28	2313,8	28,48
13	CI	3	2334,4	12,05	49	CI	3	2231,1	9,54
14	CI	7	2357,2	23,78	50	CI	7	2245,8	18,79
15	CI	14	2341,6	36,95	51	CI	14	2282,6	27,37
16	CI	28	2355,5	41,53	52	CI	28	2305,2	32,20
17	SP	3	2339,5	15,24	53	SP	3	2269,9	9,65
18	SP	7	2352,3	27,55	54	SP	7	2326,2	20,78

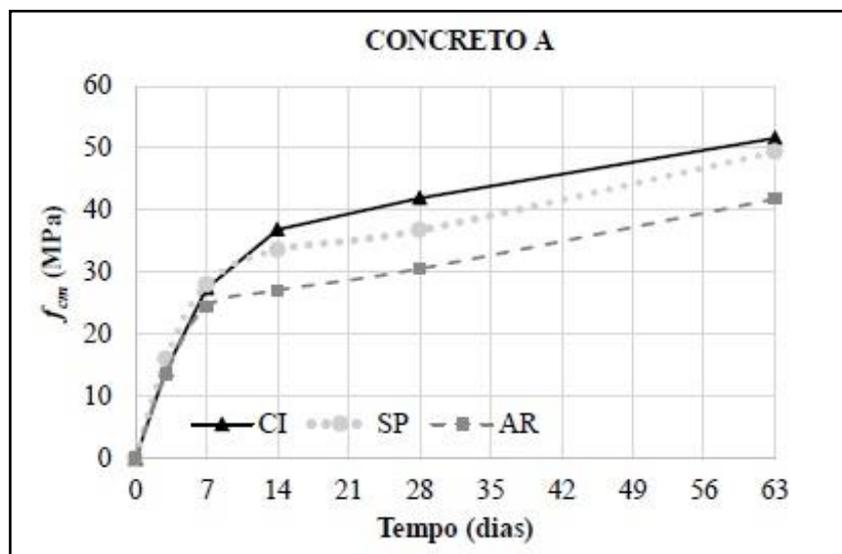
Continua na próxima página

19	SP	14	2315,5	32,50	55	SP	14	2302,9	24,94
20	SP	28	2318,3	34,69	56	SP	28	2279,1	32,07
21	AR	3	2266,3	12,66	57	AR	3	2288,9	9,40
22	AR	7	2255,4	21,39	58	AR	7	2254,8	17,58
23	AR	14	2246,4	24,60	59	AR	14	2256,1	22,85
24	AR	28	2262,0	27,83	60	AR	28	2287,5	26,84
25	CI	3	2333,9	16,34	61	CI	3	2348,6	13,35
26	CI	7	2343,8	30,64	62	CI	7	2370,8	26,77
27	CI	63	2343,6	50,83	63	CI	63	2273,4	42,98
28	CI	63	2351,8	52,37	64	CI	63	2301,8	45,97
29	SP	3	2323,7	16,55	65	SP	3	2332,3	14,50
30	SP	7	2339,0	30,38	66	SP	7	2346,6	26,91
31	SP	63	2323,0	50,50	67	SP	63	2333,4	45,02
32	SP	63	2375,6	48,20	68	SP	63	2277,2	38,69
33	AR	3	2303,2	13,70	69	AR	3	2234,9	12,92
34	AR	7	2304,8	26,95	70	AR	7	2250,5	21,24
35	AR	63	2314,9	41,84	71	AR	63	2301,0	29,15
36	AR	63	2309,6	41,75	72	AR	63	2381,3	29,17

Fonte: de Faria, C. S et al (2021)

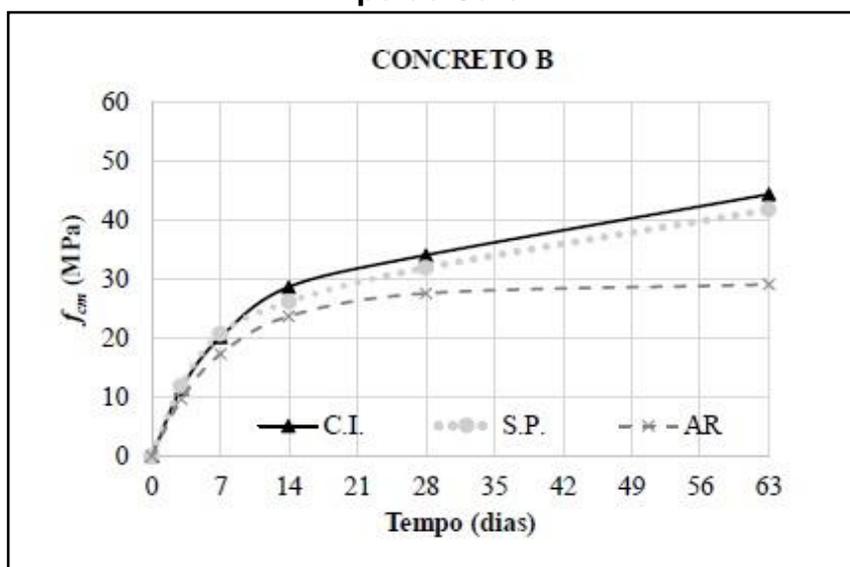
A partir dos dados apresentados no Quadro 3, os autores calcularam as resistências médias à compressão f_{cm} e agruparam os resultados obtidos para as amostras de mesmas idades, relação a/c e tipo de cura. Esses valores estão apresentados nos Gráfico 6 e Gráfico 7.

Gráfico 6 – Resistência Média à Compressão do Concreto A com a Idade, Por Tipo de Cura



Fonte: de Faria, C. S et al (2021)

Gráfico 7 – Resistência Média à Compressão do Concreto B com a Idade, Por Tipo de Cura



Fonte: de Faria, C. S et al (2021)

Comparando-se os resultados apresentados nos Gráfico 6 e Gráfico 7, percebe-se, como previsto pela Curva de Abrams, que os corpos de prova produzidos a partir do traço A, com relação $a/c = 0,55$, apresentaram maiores resistências à compressão, quando comparados às amostras do concreto B, com $a/c = 0,60$. Verificou-se que, aos 28 dias, o concreto A atingiu 23%, 15% e 11% a mais de resistência em relação ao concreto B, para cura imersa, cura em saco plástico e cura ao ar, respectivamente. Comparando-se os resultados apresentados nos gráficos 6 e 7, percebe-se, como previsto pela Curva de Abrams, que os corpos de prova produzidos a partir do traço A, com relação $a/c = 0,55$, apresentaram maiores resistências à compressão, quando comparados às amostras do concreto B, com $a/c = 0,60$. Verificou-se que, aos 28 dias, o concreto A atingiu 23%, 15% e 11% a mais de resistência em relação ao concreto B, para cura imersa, cura em saco plástico e cura ao ar, respectivamente.

Os resultados demonstram que as amostras submetidas à cura imersa em solução saturada de hidróxido de cálcio apresentaram as maiores resistências aos 28 dias, seguidas pelas que foram curadas em saco plástico e cura ao ar, independentemente da relação água/cimento utilizada nas dosagens. No caso do concreto A, as amostras curadas em saco plástico e ao ar apresentaram resistência 12% e 27% a menos do que as que sofreram cura imersa. Para o concreto B, esses percentuais foram de 6% e 19%, respectivamente.

Para avaliar o desempenho dos ensaios de resistência à compressão, realizou-se uma análise estatística, conforme o método do Anexo B da ABNT NBR 5739:2018. Os resultados mostram que a maioria dos grupos apresentou desempenho positivo (Quadro 4). Ressalta-se que os grupos avaliados como “deficiente” devem ser tratados com cuidado.

Quadro 4 - Análise Estatística dos Resultados – ABNT NBR 5739:2018 (Anexo B).

ID	Idade (dias)	CI			SP			AR		
		f_{cm} (MPa)	cv_e	Avaliação	f_{cm} (MPa)	cv_e	Avaliação	f_{cm} (MPa)	cv_e	Avaliação
Concreto A	3	14,21	5,9%	Razoável	16,02	1,6%	Excelente	13,61	2,6%	Excelente
	7	27,43	4,9%	Bom	28,01	3,0%	Excelente	24,39	4,5%	Bom
	14	36,91	0,1%	Excelente	33,62	2,9%	Excelente	27,08	8,0%	Deficiente
	28	41,94	0,9%	Excelente	36,75	5,0%	Bom	30,56	7,9%	Deficiente
	63	51,60	1,3%	Excelente	49,35	2,1%	Excelente	41,80	0,1%	Excelente
Concreto B	3	11,42	6,6%	Deficiente	11,91	7,8%	Deficiente	10,74	2,3%	Excelente
	7	22,37	5,9%	Razoável	22,81	0,1%	Excelente	18,64	1,3%	Excelente
	14	28,73	4,0%	Muito bom	26,23	4,4%	Bom	23,77	3,4%	Muito bom
	28	34,16	4,9%	Bom	32,00	0,2%	Excelente	27,66	2,6%	Excelente
	63	44,48	3,0%	Excelente	41,86	6,7%	Deficiente	29,16	0,0%	Excelente

Fonte: de Faria, C. S. et al (2021)

No artigo Análise dos Tipos de Cura e Sua Influência no Ganho de Resistência à Compressão em um Concreto Convencional, desenvolvida por Silva (2019), comparou a influência de três tipos de cura, entre estas: a cura térmica à 70°C, cura úmida por imersão na água e cura úmida por imersão em solução de hidróxido de cálcio.

Pela análise obtida neste trabalho observou-se que a cura térmica e úmida por imersão em água, foram mais efetivas no desenvolvimento da resistência na idade de 7 dias, em relação a cura úmida em solução saturada de cal. Aos 28 dias, a cura por imersão em solução de hidróxido de cálcio apresentou o maior ganho de resistência em relação aos outros tipos de cura, apresentando um incremento de 1,42 MPa em relação a cura feita por imersão em água por 3 dias e de 1,97 MPa, em relação à cura térmica.

Pode-se observar através do ensaio de resistência à compressão, na idade de 7 dias (Quadro 5), que os concretos que são curados na condição de cura térmica e cura úmida por 3 dias, obtiveram resultados muito próximos.

Na cura por imersão em solução saturada de cal, houve uma redução da resistência em 14 relação à cura úmida submersa em água, de 2,3 MPa (6,28%), e de 1,95 MPa (5,37%), em relação à cura térmica (SILVA, 2019).

Aos 28 dias (Quadro 6) também foi observado que os corpos de prova curados na condição de cura térmica (C9H70) apresentaram valores da resistência à compressão semelhantes aos dos concretos curados na cura em água (B3SA). No entanto, os concretos curados por 7 dias em solução de cal (A7SC), apresentaram os melhores resultados. Neste caso, os valores foram superiores à 1,42 MPa e 1,97 MPa, em relação aos concretos curados em cura úmida por 3 dias (B3SA) e na cura térmica (C9H70), respectivamente, correspondendo a valores percentuais de 3,18% e 4,46% superiores (SILVA, 2019).

Quadro 5 - Resultado do Ensaio Para Idade de 7 Dias

Análises	Variáveis		
	B3SA	A7SC	C9H70
CP 1	36,8	33,2	34,3
CP 2	32,8	34,1	36,7
CP 3	38,6	36	37,9
CP 4	38,3	34	36,2
CP 5	40,1	31,5	33
CP 6	29,1	39,7	38,6
MÉDIA - ANTES	35,95	34,75	36,12
DESVIO PADRÃO	4,179	2,829	2,131
MÉDIA - APÓS	36,63	34,33	36,28

Fonte: Silva (2019)

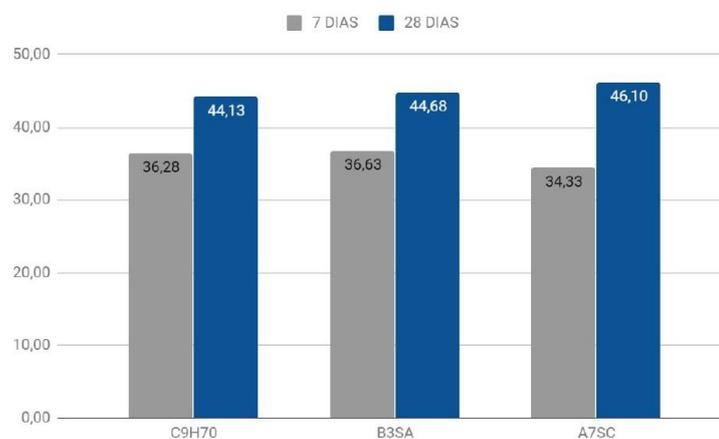
Quadro 6 - Resultado Do Ensaio Para Idade de 28 Dias

Análises	Variáveis		
	B3SA	A7SC	C9H70
CP 1	42,9	45,9	44,2
CP 2	46,3	44,3	42,7
CP 3	43,7	47,5	44,1
CP 4	45,8	46,7	45,5
CP 5	46,5	49,1	46,8
CP 6	42	43,4	40,9
MÉDIA - ANTES	44,53	46,15	44,03
DESVIO PADRÃO	1,917	2,092	2,070
MÉDIA - APÓS	44,68	46,10	44,13

Fonte: Silva (2019)

O Gráfico 8 mostra os valores da resistência à compressão média, obtidas em relação aos 3 tipos de cura, nas idades de 7 e 28 dias.

Gráfico 8 - Resultado da Resistência à Compressão em MPa

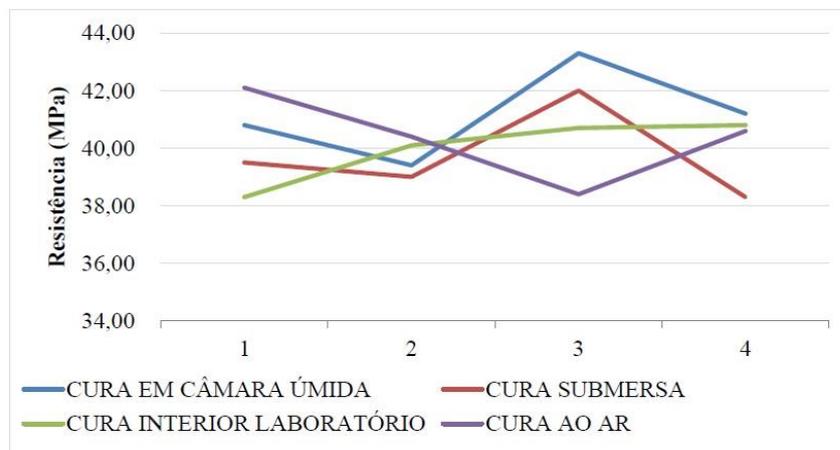


Fonte: Silva (2019)

No trabalho Análise da Influência da Cura na Resistência à Compressão do Concreto, desenvolvido por Saraiva (2018), tem como metodologia à análise, verificação e comparação da resistência à compressão dos corpos de prova submetidos a quatro tipos de cura, a saber: cura em câmara úmida, cura em tanque com água potável, cura em ambiente internos e cura em ambiente externo. Foram produzidos 4 corpos de provas de cada tipo de cura, após 28 dias esses corpos de provas foram submetidos ao ensaio de compressão axial em prensa hidráulica verificando suas resistências.

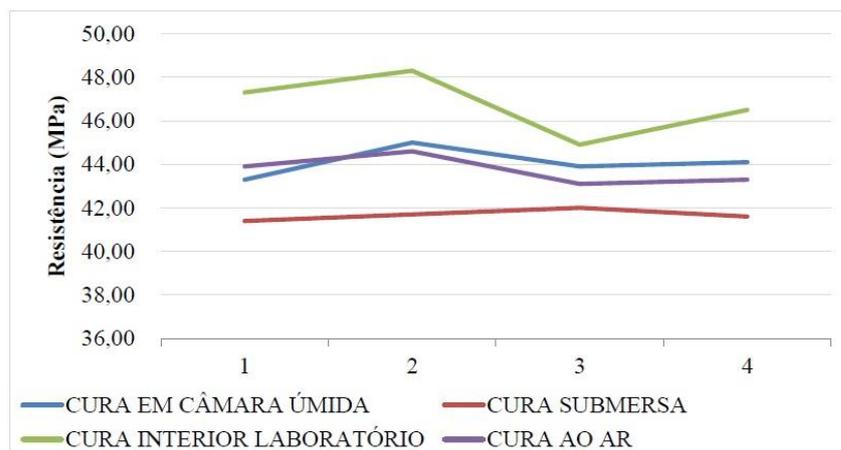
O Gráfico 9 apresenta a comparação entre os tipos de cura, relacionando a resistência à compressão obtida para cada uma destas técnicas executadas. O Gráfico 10 demonstra a comparação feita entre os tipos de cura relacionando a resistência à compressão obtida para cada umas destas técnicas executadas.

Gráfico 9 - Resistência à Compressão X Tipo de Cura (7 Dias)



Fonte: Saraiva (2018)

Gráfico 10 - Resistência à Compressão X Tipo de Cura (28 Dias)



Fonte: Saraiva (2018)

Portanto, com análise específica do caso que apresenta determinada relação a/c, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, infere-se que para a idade inicial de cura (7 dias) as resistências encontradas não obtiveram grandes variações já que

as influências externas não causaram perda de água necessária para a devida hidratação do cimento. O mesmo não ocorreu com o decorrer dos 28 dias de cura, após a moldagem dos corpos, também pode-se observar um maior ganho de resistência para a cura realizada no interior do laboratório, quando comparada aos demais tipos de cura realizados (SARAIVA, 2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou através de um levantamento bibliográfico investigar o comportamento do concreto após sua execução. O concreto por ser um material amplamente empregado na construção civil, e dependente das condições climáticas como a temperatura, conclui-se a necessidade de haver o cuidado com a evaporação da água do concreto.

Na análise dos artigos pode-se concluir que o concreto de cimento Portland, quando submetido a uma cura em que ocorre sua saturação na presença de água, este material alcança resultado com resistências melhores em comparação com a cura ao ar, após 28 dias. Os gráficos analisados, mostram que o tipo de cura influencia diretamente no desenvolvimento e crescimento da resistência ao longo do tempo.

A perda de água de amassamento de forma rápida influencia negativamente na resistência final do concreto, revelando que a cura ao ar não direciona a bons resultados, ou seja, a resistência a compressão do concreto de cimento Portland curado ao ar é menor em relação a outros procedimentos de cura. Diante disso, os diversos tipos de cura existentes podem fornecer diferentes resistências em tempo semelhantes. O método de cura deve ser pensado analisando cada tipo de projeto e suas particularidades.

Após as análises dos resultados encontrados no levantamento bibliográfico, referenciado em trabalhos científicos sobre o tema, obtém-se a conclusão que de fato a cura do concreto é etapa fundamental para garantir as características e propriedades desejadas, que são a boa durabilidade e sua alta resistência a compressão, características essas que torna propício a utilização do concreto como material estrutural.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto — Procedimento Para Moldagem e Cura de Corpos-de-Prova**: Referências. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos-De-Prova Cilíndricos**: Referências. Rio de Janeiro, 2007.

AUTH, A.; DAMBROS FERNANDES, W.; MARANGON, E. Influência De Diferentes Situações De Cura Na Resistência Do Concreto. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 6, n. 4, 12 fev. 2020.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do concreto armado. **Bauru: Unesp**, 2017.

BATTAGIN, Arnaldo Forti et al. Influência das condições de cura em algumas propriedades dos concretos convencionais e de alto desempenho. In: **44º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, IBRACON**. 2002.

BAUER, L. A. Falcão. A CURA DO CONCRETO: Métodos e Materiais. Boletim nº 32, São Paulo, 1991, 33 p.

DA SILVA, Suriane et al. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROCESSOS DE CURA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO. In **53º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, IBRACON**. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Carlos-Silva-Filho/publication/283733097_Analise_da_influencia_de_diferentes_processos_de_ccur_na_resistencia_a_compressao/links/5646448d08ae451880aa433e/Analise-da-influencia-de-diferentes-processos-de-cura-na-resistencia-a-compressao.pdf. Acesso 18 abr. 2022.

DE ASSUNÇÃO, Welton Raiol; DE ALMEIDA, Gyselle Maciel; GOMES, Laércio Gouvêa. Análise Estatística da Influência do Tipo de Cura na Resistência Mecânica do Concreto de Cimento Portland. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 7, 2021.

DE FARIA, C. S. et al. Análise da influência do método de cura na evolução da resistência à compressão do concreto com o tempo. **XVI Congresso Latino-americano de Patologia e Construções e XVIII Controle de Qualidade na Construção – CONPAT. Brasil**. 2021.

EVANGELISTA, Ana Catarina Jorge. Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos. Rio de Janeiro, 2002. **Tese de Mestrado** – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em file:///D:/Downloads/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DA%20RESIST%C3%8ANCIA%20DO%20CONCRETO%20USANDO%20DIFERENTES%20ENSAIOS%20N%C3%83O%20DESTRUTIVOS.%20Ana%20Catarina%20Jorge%20Evangelista.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

Helene, P. e Levy, S. M. (2013) Qual é a Cura Recomendada para a Estrutura de Concreto? Boletín Técnico nº 8. Mérida, México: ALCONPAT – Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología e Recuperación de la Construcción

ISAIA, Geraldo Cechella. CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações. V. 01, São Paulo: IBRACON, 2005, 792 p.

ISAIA, G. C. et al. (2011) A água no Concreto. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo, Ed. Ibracon.

KAEFER, Luís Fernando. A evolução do concreto armado. **São Paulo**, v. 43, 1998.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. **Concreto: microestruturas, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MEHTA, P.K. & MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pinni, 2008.

MELO, Felipe Guimaraes de Souza. Análise da influência do tempo de cura na resistência à compressão do concreto. 2017. 60 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação de Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Aracaju, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/439/1/Felipe%20Guimaraes%22de%20Souza%20Melo.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MORAIS, Vitória Camelo. Análise da influência da cura na resistência à compressão axial do concreto. 2021. **Monografia** (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://unichristus.siteworks.com.br/jspui/bitstream/123456789/1148/1/Vit%c3%b3ria%20Camelo%20Morais.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2022.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2ª ed., Tradução por Cremonini, Ruy Alberto, São Paulo: Bookman Editora, 2013, 447 p.

NEVILLE, Adam M. Propriedades do Concreto. 3ª ed., Tradução por Salvador E. Giammuso, São Paulo: Editora Pinni, 1997, 749 p.

O que é cura de concreto e como fazer uma cura eficiente? **TECNOSILBR**, 2022. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-cura-de-concreto-e-como-fazer-uma-cura-eficiente/>. Acesso em 02 de mai. de 2022.

PEDROSO, Fabio Luis, **Concreto: As origens e a evolução do material construtivo Mais usado pelo homem**, Revista Concreto e Construções, IBRACON, n.53, jan, fev, Mac, 2009.

PINHEIRO, Libânio M. Fundamentos do concreto e projeto de edifícios. 2004.

RAO, M.V. Krishna; KUMAR, P. Rathish; KHAN, Azhar M. A STUDY ON THE INFLUENCE OF CURING ON THE STRENGTH OF A STANDARD GRADE CONCRETE MIX. Facta Universitatis, 2010.

SARAIVA, Marco Antônio Caixeta. Análise da influência da cura na resistência à compressão do concreto. 2018. **Trabalho de conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIEVANGÉLICA. Anápolis, 2018. Disponível em: http://45.4.96.19/bitstream/aee/107/1/2018_1_TCC_Marco%20Saraiva.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

SILVA, Bruno Araújo. **Análise da influência do tipo de cura na resistência a compressão de corpos de prova de concreto**. 2009. 48 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Aeronáutico de Engenharia, São José dos Campos, 2009.

SILVA, Jéssica Ferreira da. Análise dos tipos de cura e sua influência no ganho de resistência à compressão em um concreto convencional. 22 f. **Trabalho de conclusão de curso**. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019. Disponível em:

https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1620/1/tcc_art_jessicaferreiradasilva.pdf. Acesso 20 abr. 2022.

Souza Neto, João Augusto de; Araújo, Joviano Gonçalves de. Estudo da Influência dos Processos de Cura na Resistência à Compressão do Concreto Convencional em Anápolis. **Trabalho de conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIEVANGÉLICA. Anápolis, 2018. Disponível em: http://45.4.96.19/bitstream/ae/8662/1/TCC2%202019_1%20Jo%C3%A3o%20e%20Joviano.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

Terzian, Paulo & Helene, Paulo. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo, PINI / SENAI, 1993. 189p. ISBN 85-7266-007-0