

ANÁLISE DOS TIPOS DE CURA E SUA INFLUÊNCIA NO GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM UM CONCRETO CONVENCIONAL

Jéssica Ferreira da Silva¹

Simone Perruci Galvão²

RESUMO

O procedimento de cura consiste em proteger a superfície do concreto do meio ambiente ao qual está exposto, evitando a perda excessiva da água de amassamento e formação precoce de fissuras, sendo essencial para o desenvolvimento da resistência do concreto e para a sua integridade nos primeiros momentos da hidratação. Com o intuito de analisar os diferentes métodos de cura e sua influência na propriedade de resistência característica à compressão de um concreto convencional de 30 MPa, este trabalho 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. Para a cura térmica, foi desenvolvido um dispositivo, utilizando o arduíno, para que as condições previstas da temperatura da água em função do tempo fossem atingidas. 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.

Palavras Chaves: procedimento de cura, cura térmica, cura úmida, programação em Arduíno.

ABSTRACT

The curing procedure consists of protecting the surface of the concrete from the environment to which it is exposed, avoiding the excessive loss of water from kneading and early formation of cracks. Is essential for the development of concrete strength and for its integrity in the first moments of the hydration. The order to analyze the different curing methods and their influence on the property of characteristic resistance to the compression of a conventional concrete for 30MPa, it work examined three types of cure, among them: thermal cure at 70°C, wet cure by immersion in water and wet cure by immersion in calcium hydroxide solution. For the thermal curing a device was developed using the Arduino so that the expected conditions were reached. From the analysis obtained in this work it was observed that the thermal and wet curing by immersion in water were more effective at the age

1 - Graduanda de Engenharia Civil

2 - Professora da UACSA, Doutorado em Ciências de Materiais – UFPE

of 7 days, compared to the wet curing in saturated lime solution. At 28 days, the cure by immersion in calcium hydroxide solution showed the highest strength gain compared to other types of cure, showing an increase of 1.42 MPa compared to the cure made by immersion in water for 3 days, and 1.97 MPa in relation to thermal cure.

Keywords: *curing procedure, thermal cure, moist cure, arduino programming.*

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente avanço tecnológico nos materiais de construção, juntamente com processo de produção do concreto, se faz necessário sistematizar medidas que proporcionem um melhor desempenho do mesmo, aliado ao fator custo e tempo.

Segundo Acker (2002), a pré-fabricação de artefatos de concreto na construção civil, demonstra ser a forma mais eficiente de industrializar o setor da construção, tornando o processo mais eficiente através de sua rapidez, economia e segurança, pelo uso altamente eficiente e otimizado dos materiais e da mão de obra.

Para agilizar o processo de fabricação de pré-moldados, a cura térmica é muito utilizada pelas empresas para reduzir as áreas de estocagem e o tempo para colocar as peças em serviço, pois reduzindo o tempo de cura, a utilização das fôrmas, leitos de protensão e equipamentos de cura poderão ser feitos em intervalos menores (CAMARINI, 1995; HO et al., 2003; ERDEM et al., 2003 *apud* Bardella, Barbosa e Camarini, 2005).

Além da cura térmica, outros tipos de cura são indispensáveis para o controle tecnológico do concreto. Cada tipo de cura deve ser especificada conforme a necessidade de projeto. Um procedimento de cura inadequado ou interrompido precocemente, pode ocasionar a perda de água necessária à hidratação do concreto, propiciando um aumento na porosidade e favorece o desenvolvimento de fissuras, oriundas da retração plástica, na superfície do concreto, comprometendo a durabilidade do material.

2. PROCEDIMENTOS DE CURA DO CONCRETO

De acordo com Neville (2016), a cura tem por objetivo retardar a evaporação da água da mistura e deve ser executada durante as primeiras horas do endurecimento do concreto.

Existem diversos tipos de cura e a adoção de um determinado tipo de cura em relação a outro, dependerá dos objetivos especificados no projeto e o ambiente de exposição. Entre os tipos, destacam-se a cura úmida e a cura térmica, foco deste trabalho.

2.1. CURA TÉRMICA

O procedimento associado a este tipo de cura consiste em elevar a temperatura da água em contato com a superfície do concreto. De acordo com Debs (2000) apud Philippsen e Shimosaka (2014), às formas mais adequadas de proceder à cura térmica são:

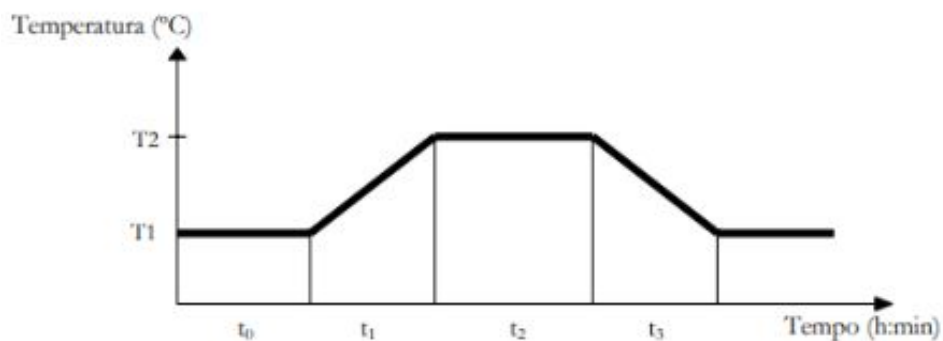
- com vapor atmosférico;
- com vapor e pressão (autoclave);
- com circulação de água ou óleo em tubos junto às fôrmas;
- com resistência elétrica (utilização da armadura ou fios especiais como resistência elétrica)

De acordo com Neville (2016), a elevação de temperatura de cura acelera as reações químicas, trazendo benefícios a resistência inicial do concreto. Embora a temperatura elevada durante o lançamento e a cura acelere a resistência nas primeiras idades, pode ser que ocorra um efeito adverso sobre a resistência a partir dos sete dias. Isto ocorre, de acordo com Neville (2016), devido à rápida hidratação inicial formar aparentemente produtos de pior estrutura física, provavelmente mais porosos.

Para Camarini (1995) apud Bardella, Barbosa e Camarini (2005), na cura térmica as temperaturas não deverão exceder 80°C para não causar modificações na microestrutura do concreto. De acordo com a NBR 9062 (2017), no caso da cura

a vapor, deve-se estabelecer uma curva de temperatura (FIGURA 1) que seja mais conveniente para o processo de produção. Deve-se atender os seguintes itens:

- a) Incremento máximo na elevação de temperatura: 20°C/h;
- b) Temperatura máxima no elemento submetido a tratamento de vapor sob pressão atmosférica;
- c) Decrescimento de temperatura no resfriamento de no máximo 30°C/h;



T_1 - Temperatura ambiente (°C);

T_2 - Temperatura máxima do ciclo (°C), não ultrapassando de 70 °C (ABNT - NBR 9062/2017);

t_0 - Período de espera, tempo necessário para o concreto estiver pronto para a cura

t_1 - Período de elevação de temperatura, não ultrapassando 20 °C/h (ABNT - NBR 9062/2017);

t_2 - Período de manutenção de temperatura

t_3 - Período de esfriamento até a temperatura ambiente, não ultrapassando 30°C por hora (ABNT - NBR 9062/2017).

Figura 1: Ciclo de temperatura térmica.

Fonte: Adaptação de Camarini (1995) apud Bardella, Barbosa e Camarini(2005)

No estudo de Bardella, Barbosa e Camarini (2005), no qual os autores utilizaram um cimento CP III 40 para a produção de um concreto com resistência a compressão maior que 40 Mpa, foi avaliada a resistência à compressão nas idades de 1, 3, 7, 28, 90 e 180 dias. Os autores submeteram o concreto a uma condição de cura térmica e cura ambiente. Na cura térmica, após 460 minutos da fabricação do concreto, houve um aumento da temperatura inicial de 20°C/h, até atingir a

temperatura de 80°C, por um período de 4 horas. Após este período, houve um decréscimo da temperatura de 30°C/h, até atingir a temperatura ambiente.

Por este estudo, os autores concluíram que a resistência à compressão nos corpos de prova curados com cura térmica, obtiveram uma resistência superior a 15 Mpa, na idade de 1 dia, em relação aos concretos curados em cura ambiental. Porém, a partir dos 28 dias, a cura ambiente se mostrou mais eficiente, resultando em uma diferença de 8 MPa aos 180 dias.

No trabalho desenvolvido por Santos (2009), foi também analisados diferentes temperaturas de cura, neste caso a autora comparou 3 diferentes traços de concreto com relação aglomerante/agregados de 1:7, 1:9 e 1:11. As temperaturas de cura avaliadas foram de 40°C, 60°C e 80°C e o tempo de espera entre a fabricação do concreto e o procedimento de cura foram de 1 e 2 horas. As resistências à compressão do concreto foram analisadas nas idades de 8 horas, 7, 28 e 90 dias.

Por este estudo a autora concluiu que até 8 horas, a resistência dos concretos curados em cura térmica apresentou melhores desempenhos e com maiores resistências observadas, conforme a temperatura foi elevada. Porém, a partir da idade de 7 dias, os corpos de prova de referência, que não receberam tratamento térmico, obtiveram resultados melhores do que qualquer outra situação de cura, conforme mostra o quadro 1 abaixo.

Tempo	Ref	40°C 1h	40°C 2h	60°C 1h	60°C 2h	80°C 1h	80°C 2h
Traço 1:7							
8 horas	0	1,87	2,85	3,65	4,66	4,37	4,9
7 dias	10,69	7,89	9,27	9,7	9,98	9,44	9,7
28 dias	11,99	11,51	11,19	10,86	10,81	10,55	10,94
90 dias	12,42	11,87	11,64	12,26	11,61	11,84	10,33
Traço 1:9							
8 horas	0	1,14	1,92	2,76	3,48	2,82	3,82
7 dias	9,12	7,6	8,1	7,62	8,65	6,75	7,22
28 dias	10,27	9,47	10,1	10,23	9,56	8,86	9,43
90 dias	10,67	10,45	9,93	10,24	10,12	8,72	8,58

	Traço 1:11						
8 horas	0	0,69	1,12	1,76	2,12	2,09	2,66
7 dias	7,18	6,31	6,83	6,39	6,93	5,76	5,88
28 dias	9,21	9,34	9,2	7,69	8,3	8,72	7,99
90 dias	9,05	9,71	9,98	9,29	8,66	9,41	8,66

Quadro 1: Resultados em MPa dos corpos de prova submetidos à cura térmica.

Fonte: Santos (2009).

Pelos estudos analisados e citados aqui, o procedimento de cura térmica é eficaz para aumentar a resistência em idades muito iniciais, cerca de horas após a moldagem. Entretanto, após os 28 dias esta influência não é tão expressiva e até mesmo haver um desenvolvimento menor da resistência mecânica à compressão em relação a cura feita.

2.2. CURA ÚMIDA

Esse procedimento deve ser iniciado assim que a superfície do concreto não estiver mais sujeita a danos. A superfície deve estar permanentemente em contato com a água desde o início do endurecimento e por um período de tempo mínimo, adequado a viabilidade em obra (NEVILLE, 2016).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2003), a realização da cura é fundamental para a garantia da resistência desejada na estrutura, pois evita a ocorrência de fissuração de origem plástica ao concreto, impedindo a perda de umidade precocemente. Recomenda-se a realização da cura até os 14 dias e, no caso de lajes, por um período mínimo de 7 dias, após o lançamento do concreto (ABCP, 2003). Na prática, os tipos de cura úmida que normalmente é feito em obra são:

- Molhagem das fôrmas, no caso de pilares;
- Irrigação periódica das superfícies;
- Recobrimento com material para manter a estrutura sempre úmida;
- Submersão;

Diniz *et al.* (2015), comparam a propriedade de resistência à compressão em

concretos com resistência característica (fck) de 32 MPa, submetidos à cura úmida por imersão e a cura ao ar livre. As idades de rompimentos dos corpos de prova, foram: 3, 7, 14, 28, 50 e 70 dias. Por este estudo, os autores concluíram que o desenvolvimento da resistência à compressão de concretos curados por imersão teve um aumento desta propriedade em relação aos concretos curados ao ar livre, onde aos 28 dias apresentou um ganho de 10,92% e aos 70 dias, este incremento foi de 23,77%. Conforme mostra o Quadro 2.

Dias	Cura ao ar Livre (MPa)	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

Quadro 2: Resultados em MPa dos corpos de prova. Fonte: Diniz (2015).

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo deste trabalho foi o de produzir um concreto de 30 MPa, dosado pelo método da ABCP/ACI, e analisar a influência de diferentes métodos de cura e sua influência na propriedade de resistência à compressão dos concretos produzidos. As idades de análise foram 7 e 28 dias.

3.1. VARIÁVEIS DO TRABALHO

Constituem-se variáveis independentes deste trabalho os tipos de cura e as idades de ensaio. A nomenclatura dos concretos produzidos, em relação às condições de cura adotadas, é exposta no Quadro 3 a seguir.

Sigla	Tipo de Cura	Tempo de cura
A7SC	Submersa com Cal	7 dias
B3SA	Submersa na água	3 dias
C9H70	Cura térmica a 70° C	9 horas

Quadro 3: Variáveis do trabalho experimental.

3.2. MATERIAIS

O concreto foi dosado pelo método da ABCP, para obtenção de uma resistência característica à compressão, aos 28 dias, de 30 MPa. O slump adotado foi de 90mm. O traço desenvolvido foi 1: 1,95: 2,2: 0,53, referente ao cimento, areia, brita e relação água/cimento, respectivamente. A caracterização dos materiais é exposta nos itens 3.2.1 ao 3.2.3.

3.2.1. Cimento

O cimento Portland utilizado foi o CP II F– 40, fornecido pela Cimento Poty, e comumente distribuído pelo comércio local.

3.2.2. Agregados.

O agregado miúdo utilizado foi uma areia lavada, tipo padrão, com módulo de finura de 1,9. Este material foi seco em estufa, em temperatura de aproximadamente 100° C. A análise granulométrica feita de acordo com a NBR 248 (2003) da areia encontra-se no Quadro 4,.

Abertura Peneira (Nº)	Abertura Peneira (mm)	Peso Retido (g)	Percentual Retido (%)	Percentual % Retido Acumulado(%)
3/8	9,5	0	0,00	0,00
1/4	6,3	0	0,00	0,00
4	4,8	0,7	0,07	0,07
8	2,4	8,1	0,82	0,89
16	1,2	105,95	10,66	11,55
30	0,6	230,05	23,16	34,71
50	0,3	253	25,47	60,17
100	0,15	232,6	23,41	83,58
Fundo	0,075	163,1	16,42	100,00
TOTAL		993,5	100,00	

Quadro 4: Composição granulométrica da areia.

O agregado graúdo utilizado foi uma brita com dimensão máxima característica de 12,5 mm. A composição granulométrica encontra-se no Quadro 5.

Abertura Peneira (mm)	Peso Retido (g)	Percentual Retido (%)	Percentual Acumulado (%)
75		0,000	0,000
63		0,000	0,00
50		0,000	0,00
37,5		0,000	0,00
31,5		0,000	0,00
25		0,000	0,00
19		0,000	0,00
12,5	142,5	4,750	4,75
9,5	1498,5	49,950	54,70
6,3	1055	35,167	89,87
4,75	236,8	7,893	97,76
2,36	58,2	1,940	99,70
1,18	0,2	0,007	99,71
0,6	0,1	0,003	99,71
0,3	1,5	0,050	99,76
0,15	1,2	0,040	99,80
FUNDO	6	0,200	100,00
Total	3000	100,000	100

Quadro 5: Composição granulométrica da brita.

3.3. CONDIÇÕES DE MOLDAGEM, ARMAZENAMENTO E CURA

Para a produção dos concretos, os materiais foram misturados na betoneira na seguinte sequência, por um período de 5 minutos.

- 1) Toda a brita com 70% da água;
- 2) Cimento;
- 3) Areia;
- 4) 30% restante da água;

Após esta etapa, foram moldados 36 corpos de prova cilíndricos com dimensões de 10x20 cm. Os corpos de provas foram desmoldados após 24 horas, para então serem submetidos às condições de cura úmida e térmica adotadas neste trabalho.

3.3.1. CONDIÇÕES DE CURA

Foram utilizados 6 corpos de provas cilíndricos, com dimensões 10x20cm, para cada situação de cura. As condições testadas, foram:

1. Cura térmica com temperatura de 70°C;
2. Cura úmida por 7 dias - submersão dos corpos de prova em solução saturada com cal;
3. Cura úmida por 3 dias, submersão dos corpos de prova em água;

Após este período os corpos de prova foram mantidos envolvidos em um filme plástico até a data do ensaio.

A cura térmica adotada consistiu em imergir os corpos de prova em água aquecida, em um tanque com isolamento térmico na temperatura de 70°C, aproximadamente (FIGURA 2). Os corpos de prova foram imersos quando a água estava em temperatura ambiente, sendo esta em seguida aquecida pelos ebulidores até atingir a temperatura de 70 °C.



Figura 2: Concreto submerso em água à 70°C.

Através do sensor do arduino, a cada 30 minutos, verificou-se a temperatura em que a água estava (FIGURA 3).

TEMPERATURA x TEMPO

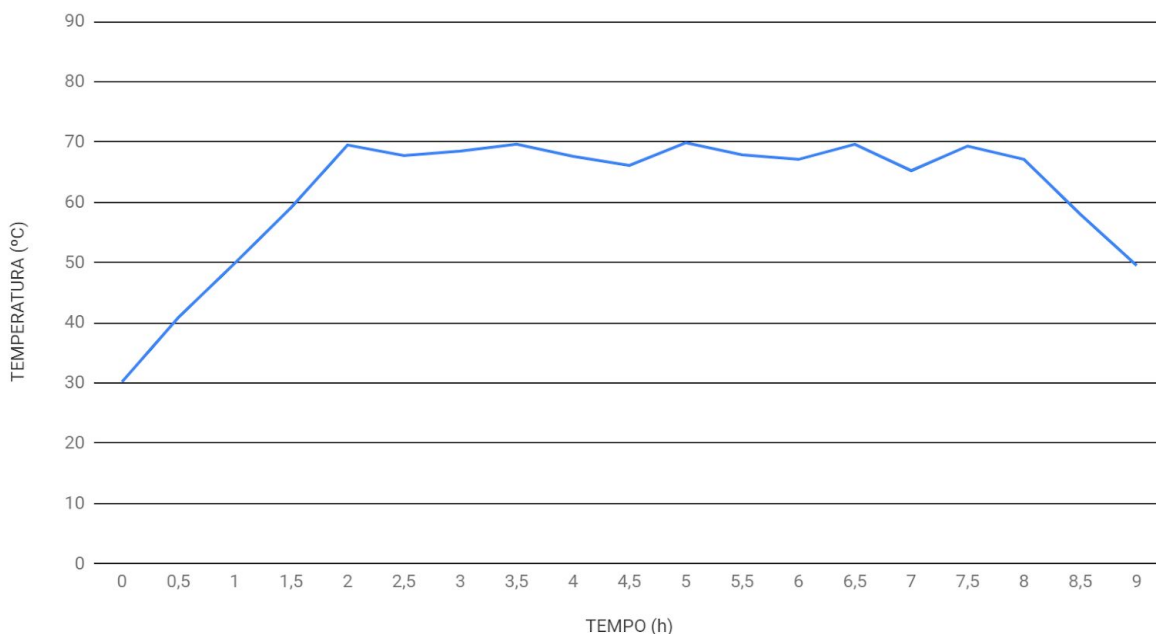


Figura 3: Temperatura real durante o procedimento de cura

Foi utilizado neste trabalho as seguintes taxas de aquecimento e resfriamento, de acordo com a NBR 9062 (2017), onde a água foi esquentada pelo resistor até atingir a temperatura definida, onde o dispositivo manteve (QUADRO 6).

Aquecimento		Tempo de Cura		Resfriamento		Total
Taxa de Cresc. (C°)	Tempo (h)	Temp. Max (°C)	Tempo (h)	Taxa de Decresc. (C°)	Tempo (h)	Tempo (h)
20°C	2h	70°C	6h	25°C	1h	9h

Quadro 6: Procedimento de cura

Com relação à cura úmida foram adotados dois procedimentos. No primeiro, a cura úmida foi feita em solução saturada de cal, neste caso os corpos de provas ficaram submersos em um tanque, por um período de 7 dias. No segundo caso, a cura úmida foi feita somente com a água, durante um período de 3 dias. Após a finalização dos procedimentos de cura, os corpos de prova foram armazenados em uma temperatura ambiente, protegidos por um plástico filme.

3.3.2. Produção do equipamento para realização da cura térmica.

Para fazer a cura térmica, foi desenvolvido um equipamento para controlar a temperatura da água onde o corpo de prova foi inserido. Utilizou-se uma placa Arduino® Uno R3 (Figura 4), sendo a versão open-hardware da original, ou seja, possui a mesma estrutura e componentes de uma placa controladora Arduino® autêntica. O arduino é equipado com um microcontrolador ATmega328, memória Flash: 32KB (0,5KB usado no bootloader), com velocidade do Clock 16MHz e tensão de operação 5V e 3,3V.

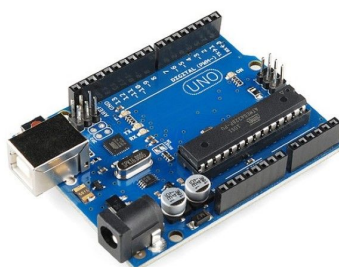


Figura 4. Placa Uno R3 utilizada para fazer o controle do hardware

O Arduino® tem a função de fazer todo o controle do hardware, que possui um display LCD 16×2 Backlight Azul (Figura 5), permitindo mostrar os resultados captados pelo sensor de temperatura a prova de água. O tipo de sensor adotado é o DS18B20 com precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de exatidão. O dispositivo proporciona leituras de temperatura de até 12-bits (configurável), tem uma faixa de medição que vai de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$ e uma tensão de operação de 3V a 5,5V, fornecida pelo Arduino®.

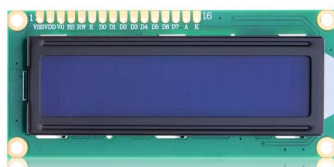


Figura 5. Display LCD 16×2 Backlight Azul utilizado para exibir os dados da temperatura em tempo real



Figura 6. Sensor de Temperatura DS18B20 impermeável utilizado para medir a temperatura da água

O hardware conta com um relé que faz o controle de uma resistência para manter a temperatura próxima dos 70°C, variando $\pm 2^\circ\text{C}$, o relé cortar o fornecimento de energia para resistência quando a temperatura atingir o máximo programado e religa quando atingir o mínimo, foi utilizado o SRD-24VDC-SL-C (Figura 7).



Figura 7. Módulo relé

A resistência descrita acima foi fixada em um tanque com isolamento térmica e para esquentar a água, foi utilizado um ebulidor elétrico de 220v (Figura 8).



Figura 8. Ebulidor elétrico

Com o equipamento pronto, o resistor foi imerso no tanque para esquentar a água até a temperatura desejada (Figura 9). A Programação foi feita utilizando o IDE do Arduino® em linguagem C, para fazer o controle do hardware, a programação adotada encontra-se no Apêndice A.



Figura 9: Funcionamento do dispositivo.

O esquema do dispositivo para a visualização do circuito (Figura 10):

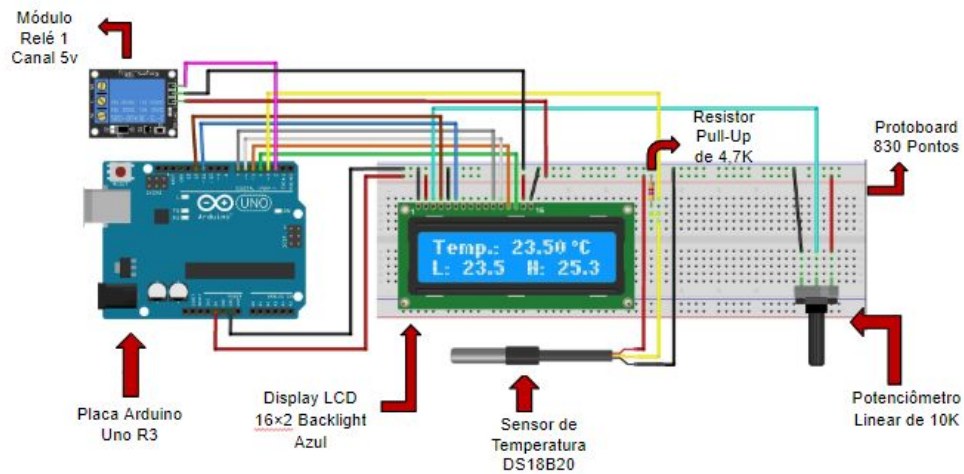


Figura 10: Esquema do dispositivo

3.4. MÉTODOS

Os corpos de provas foram rompidos aos 7 e 28 dias por resistência à compressão, em uma prensa de modelo Emic SSH300. A preparação dos corpos de prova e os procedimentos de ensaio seguiram as recomendações da norma NBR 5739 (2007).

Os dados obtidos foram analisados por um tratamento estatístico, onde os valores muito dispersos, fora do desvio padrão, foram retirados da análise e em seguida foi calculado uma nova média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os Quadros 7 e 8 a seguir mostram os valores da resistência à compressão obtidas nos corpos de provas submetidos às três condições de cura, nas idades de 7 e 28 dias, respectivamente.

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

.Quadro 7: Resultado do ensaio para idade de 7 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

Quadro 8: Resultado do ensaio para idade de 28 dias.

Pelos valores obtidos no ensaio de resistência à compressão, na idade de 7 dias (Quadro 7), observa-se que os concretos curados na condição de cura térmica e na cura úmida por 3 dias, obtiveram resultados muito semelhantes. Na condição de imersão em solução saturada de cal, houve uma redução da resistência em

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.

Aos 28 dias (Quadro 8) 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. A Figura 11 destaca para os corpos de provas produzidos os valores da resistência à compressão média, obtidas em relação aos 3 tipos de cura, nas idades de 7 e 28 dias.

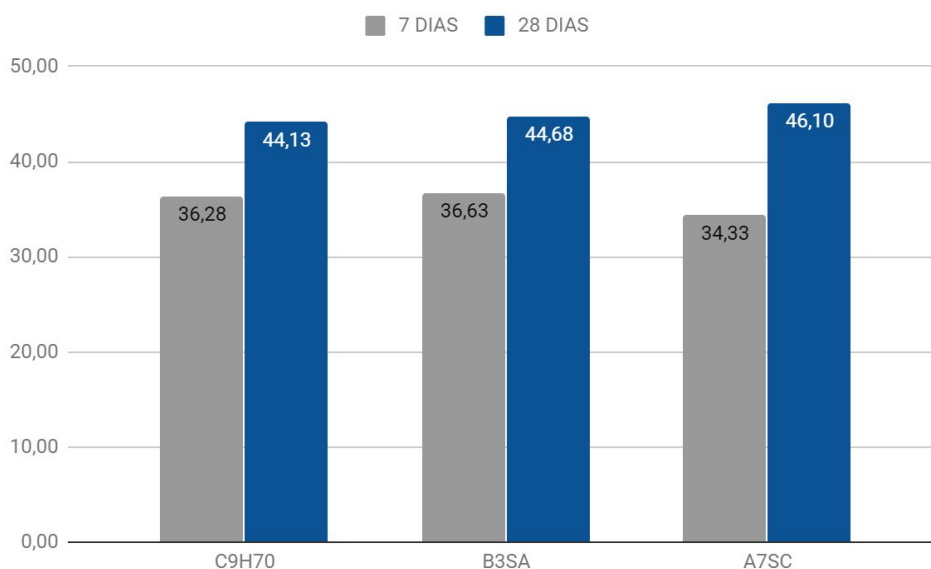


Figura 11: Resultado da resistência à compressão em MPa

De acordo com Quarcioni (2008) apud Bresolin (2016), a incorporação de íons cálcio e hidroxila no meio propicia uma supersaturação de íons e perturbação do equilíbrio das reações dos hidratos, acelerando a formação de C-S-H. Porém, de acordo com os estudos realizados por Tutikian e Dalmolin (2008), apud Bresolin

(2016), ao utilizar a cal hidratada na composição dos traços desenvolvidos, a maior quantidade de C-S-H é observada em idades futuras, devido este processo de formação ser um processo lento. É provável que a presença de uma solução saturada de cálcio, na água de cura, tenha propiciado reação semelhante e por este motivo o desenvolvimento da resistência dos concretos curados na solução de cal tenha se dado mais preponderantemente na idade de 28 dias.

Pelos dados apresentados neste trabalho não foi visualizado nas idades de análise nenhum incremento significativo da resistência à compressão nos corpos de prova curados por cura térmica e por cura na solução de cal, em relação a cura feita por imersão em água por 3 dias.

5. CONCLUSÃO

Evidencia-se, a partir dos estudos ressaltados por este trabalho, a importância de aplicar diversos métodos de cura para produção de um concreto. Devendo a mesma ser compatível com as necessidades do projeto.

Diferentes procedimentos de cura e tempos de duração, podem propiciar uma resistência à compressão distintas, em tempos específicos. Neste estudo, as condições de cura analisadas propiciaram desenvolvimento de resistências semelhantes.

A cura térmica à 70°C e cura úmida em água, por 3 dias, propiciaram aos concretos produzidos valores bem próximos de resistência à compressão, nas duas idades analisadas. Já a condição de cura úmida, em solução saturada de cal, o melhor desempenho foi constatado em idade mais elevada, ou seja, aos 28 dias, apresentando resultados superiores em relação às outras condições de cura estudada. Cabe ressaltar que o envolvimento dos corpos de prova pelo filme polimérico até a idade de ensaio e após os procedimentos de cura, também pode ter propiciado a um maior ganho de resistência de cura por um menor período de tempo (cura em água, por 3 dias).

A cura térmica realizada em um tempo de 6 horas, poderia então promover uma agilidade em curar o concreto, tornando o processo de produção mais ágil. No

entanto, condições de custo e de instrumentação devem ser também avaliados, para uma dada situação específica.

Em relação ao dispositivo produzido para a realização da cura térmica, o mesmo apresentou o desempenho esperado e foi capaz de manter as faixas de temperatura estimadas pela metodologia adotada.

REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas de pré-fabricados de concreto**. FIP 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Estruturas de Concreto Armado**. 1ª Ed., São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados: Determinação da composição granulométrica** NBR NM 248/2003. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. NBR 5739/2007. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré Moldado**. NBR 9062/2017. Rio de Janeiro: 2017.

BARDELLA, P. S., BARBOSA D. C., CAMANIRI G. **Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto Forno com Utilização de Sílica Ativa**. 1º Encontro nacional de pesquisa projeto produção em concreto pré-moldado. São Carlos, nov. 2005.

BRESOLIN, G. **Influência das Técnicas de Cura na Resistência do Concreto e Análise da Incorporação de Cal Hidratada na Técnica de Cura por Aspersão Periódica de Água**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2016.

DINIZ, H. A. A., JUNIOR, I. V. M., OLIVEIRA, S. S., SOUZA, K. J. M. **Influência da Cura por Imersão em Concretos Convencionais**. Revista TECNOLOGIA & INFORMAÇÃO, v. 3, p. 17 - 27, São Paulo, 2015.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PHILIPPSEN, A. L. A., SHIMOSAKA, T. J. **Estudo do efeito da cura térmica na resistência inicial do concreto para aplicação na indústria de pré-moldados de concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

SANTOS, A. C. M. B. **Influência da cura térmica nas resistências dos concretos destinados à produção de blocos estruturais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

APÊNDICE 1 - PROGRAMAÇÃO UTILIZADA NO ARDUINO

/ Programa : Controle de temperatura com sensor DS18B20

// Autora : Jessica Ferreira

```
#include <OneWire.h>
```

```
#include <DallasTemperature.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

// Porta do pino de sinal do DS18B20

```
#define ONE_WIRE_BUS 3
```

// Define uma instancia do oneWire para comunicacao com o sensor

```
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
```

// Armazena temperaturas minima e maxima

```
float tempMin = 999;
```

```
float tempMax = 0;
```

```
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

```
DeviceAddress sensor1;
```

// Inicializa o LCD

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4);
```

```
void setup(void)
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  sensors.begin();
```

```
  // Localiza e mostra enderecos dos sensores
```

```
  Serial.println("Localizando sensores DS18B20...");
```

```
  Serial.print("Foram encontrados ");
```

```
  Serial.print(sensors.getDeviceCount(), DEC);
```

```
  Serial.println(" sensores.");
```

```
  if (!sensors.getAddress(sensor1, 0))
```

```
    Serial.println("Sensores nao encontrados !");
```

```
  // Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
```

```
  Serial.print("Endereco sensor: ");
```

```
  mostra_endereco_sensor(sensor1);
```

```
  Serial.println();
```

```
  Serial.println();
```

```
  lcd.begin(16, 2);
```

```
}
```

```

void mostra_endereco_sensor(DeviceAddress deviceAddress)
{
  for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
  {
    // Adiciona zeros se necessário
    if (deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");
    Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
  }
}

```

```

void loop()
{
  // Le a informacao do sensor
  sensors.requestTemperatures();
  float tempC = sensors.getTempC(sensor1);
  // Atualiza temperaturas minima e maxima
  if (tempC < tempMin)
  {
    tempMin = tempC;
  }
  if (tempC > tempMax)
  {
    tempMax = tempC;
  }
  // Mostra dados no serial monitor
  Serial.print("Temp C: ");
  Serial.print(tempC);
  Serial.print(" Min : ");
  Serial.print(tempMin);
  Serial.print(" Max : ");
  Serial.println(tempMax);

  // Mostra dados no LCD
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temp.: ");
  //Simbolo grau
  lcd.write(223);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(7,0);
  lcd.print(tempC);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("L: ");
  lcd.setCursor(3,1);

```

```
lcd.print(tempMin,1);  
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("H: ");  
lcd.setCursor(11,1);  
lcd.print(tempMax,1);  
delay(1);
```

```
if (tempC <= 70){  
    digitalWrite(porta_rele, LOW);  
  
}  
if(tempC >= 70){  
    digitalWrite(porta_rele, HIGH);  
  
}  
}
```