

---

## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE APLICAÇÃO DA CURA NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE APPLICATION OF CURING METHOD ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

Camila do Mont Figueiredo<sup>1</sup>

Murilo Aziz Araujo<sup>2</sup>

Lucas da Silva Barboza<sup>3</sup>

Artur Lenz Sartorti<sup>4</sup>

**Resumo:** O objetivo deste artigo é analisar experimentalmente o comportamento da resistência à compressão e a retração plástica do concreto, sofrendo três situações distintas de cura: às mesmas condições de cura realizadas na laje do 7º pavimento de uma obra na cidade de Campinas-SP, sem cura, e com cura submersa. O concreto utilizado para o experimento deste trabalho foi elaborado em central de dosagem, transportado e misturado através de caminhão betoneira. Para sua caracterização mecânica foram moldados 28 corpos de prova adensados manualmente, que foram ensaiados aos 3, 7 e 28 dias. Os resultados dos ensaios de resistência à compressão aos 28 dias estão apresentados de forma decrescente: cura submersa, cura executada na obra e sem cura. Os resultados dos ensaios de resistência à compressão apresentaram-se conforme o esperado. Para avaliação da retração plástica foram moldadas 3 placas, que foram submetidas às mesmas condições de cura dos corpos de prova. A análise qualitativa das placas mostrou que apenas a placa que estava sob as mesmas condições de cura da laje apresentou um leve mapeamento, sendo que os demais tipos de cura não apresentaram diferenças significativas.

**Palavras-chaves:** Cura. Concreto. Construção civil. Resistência à compressão.

**Abstract:** *This paper aims to experimentally analyse the behaviour of compressive strength and plastic retraction of concrete, suffering three distinct situations of curing: the same curing conditions applied to the seventh slab of a construction in Campinas-SP, without curing, and with submerge curing. The concrete used on this study was produced on a dosing line, transported and mixed by a truck mixer. To evaluate its mechanical properties, 28 specimens were molded, and were tested at 3, 7, 28 days. The results of the compressive strength are shown in decreasing order: submerged curing, curing at construction, and without curing. The result of compressive strength presented as expected. To evaluate the plastic retraction three plates were casted which were submitted to the same curing conditions as the specimens. Qualitative analysis showed a slight mapping, and other kind of churning show significant differences.*

**Keywords:** *Curing. Concrete. Construction. Compressive strength.*

## 1 Introdução

Está perfeitamente estabelecido que um dos fatores determinantes para o bom resultado tecnológico do concreto é a “cura”. Esta se situa em plano relevante dentre todos os cuidados que o profissional precisa se atentar em obra, para a obtenção da resistência mínima do concreto especificada em projeto. Mehta e Monterio (2014), afirmam que a cura merece atenção especial pois praticada de maneira inadequada, frequentemente, provoca a falta de resistência e durabilidade adequadas. De acordo com Bauer (2007: 260), “as várias qualidades desejáveis em um bom concreto – Resistência mecânica a ruptura e ao desgaste, impermeabilidade e resistência ao ataque a agentes agressivos – são extremamente favorecidas e até mesmo somente conseguidas através de uma boa cura.”

Segundo Neville (2016), cura é a denominação dada aos procedimentos adotados para promover a hidratação do cimento e consistem no controle da temperatura e da entrada e saída de água do concreto. De uma forma mais específica tem por objetivo evitar a evaporação da água necessária para hidratação das partículas, através da saturação do concreto. Mehta e Monteiro (2014) acrescentam que a cura do concreto envolve uma combinação de condições que promovem a hidratação do cimento como tempo, temperatura e umidade consideradas imediatamente depois do lançamento de uma mistura de concreto na forma.

A aplicação inadequada da cura promove a evaporação da água da mistura impossibilitando a plena hidratação, promovendo um forte aumento no fenômeno da retração que é responsável pelo aparecimento de fissuras e trincas. A qualidade final do concreto depende de fatores já mencionados, como: umidade, tempo de aplicação da cura e temperatura (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

A perda de água é influenciada pela umidade relativa nas primeiras idades após o lançamento. A hidratação do cimento ocorre nos poros capilares preenchidos com água. Espera-se que um aumento na umidade atmosférica retarde a taxa relativa do fluxo de umidade do interior para a superfície externa. De acordo com Neville (2016: 334) “para a continuidade da hidratação a umidade relativa no interior do concreto deve ser mantida no mínimo em 80%”. Portanto, se a umidade relativa do ar for no mínimo esse valor, não seria necessário nenhum outro processo de cura se não houvessem interferências de outros fatores externos, como vento, radiação solar e temperatura (NEVILLE, 2016).

Quanto ao tempo de cura, segundo Bauer (2007), quanto mais demorada for, tanto melhores serão as características do concreto endurecido. A NBR 6118:2014 (ABNT, 2014), afirma que o tempo de cura mínimo seja de 7 dias. Deve-se levar em conta as exigências técnicas, porém não se pode deixar de levar em conta as condições econômicas, que tende a restringi-la ao máximo. Coutinho (1971) afirmam que na prática, é necessário conciliar os requisitos da qualidade com os da economia.

Em laboratório os ensaios ocorrem em temperaturas constantes, porém na prática o concreto sofre grandes variações da mesma. Sabe-se que esta tem grande influência no concreto, principalmente quando este está no estado fresco. Segundo Neville (2016), todas as propriedades básicas que se tem hoje do concreto - no estado fresco e endurecido -, são baseadas em temperaturas controladas que variam entre 18 e 21 °C. De acordo com Bauer (2007), o intervalo de temperatura que favorece uma boa cura é de 15 a 35 °C. Os estudos de Neville (2016), mostram que, temperaturas elevadas aceleram as reações químicas, fazendo com que a resistência aumente nas idades iniciais pela rápida hidratação. Porém, pode ocorrer que a partir do sétimo dia haja uma redução da evolução da resistência. A rápida hidratação forma produtos de pior estrutura física, sendo estes mais porosos. Pela relação gel/espaço percebe-se que a hidratação lenta, proporciona uma distribuição uniforme dos produtos de hidratação, ocasionando uma maior resistência final (NEVILLE, 2016).

A maioria das regiões do Brasil possui clima tropical, onde grande parte do país apresenta temperaturas elevadas em três, das quatro estações do ano. Por isso, concretagem em temperaturas altas no Brasil, não é um processo tão incomum ou especializado. Segundo Neville (2016), a alta temperatura ambiente acelera o tempo de pega, causa uma maior demanda de água pelo concreto e aumenta a temperatura do concreto fresco, ocasionando assim uma hidratação do concreto mais rápida e evaporação da água em ritmo acelerado. As consequências dessa evaporação rápida, é que podem ocorrer fissuração por retração plástica e mapeamento. É provável que a fissuração por retração plástica ocorre quando a velocidade de evaporação é maior do que a velocidade com que a água de exsudação sobe à superfície. Neville (2016) define a retração plástica como sendo uma contração volumétrica proveniente da evaporação da água quando o concreto ainda está no estado plástico.

Dentre tudo que foi apresentado, esta pesquisa possui como objetivo analisar a resistência à compressão e a retração plástica de um concreto aplicado na laje do sétimo pavimento de uma edificação na cidade de Campinas, no estado de São Paulo. A edificação consiste em um prédio de quinze pavimentos, com um consumo médio de 43 m<sup>3</sup> de concreto por pavimento. Serão elaborados 27 corpos de prova cilíndricos (10 x 20 cm) e 6 placas (30 x 30 cm), que serão expostos a 3 condições de cura: submersão em laboratório, sem cura e cura conforme for executada na laje da obra.

## 2 Procedimento experimental

Para o procedimento experimental desta pesquisa foi firmada uma parceria com uma empresa da região de Campinas - SP. A empresa forneceu o concreto usinado que foi utilizado para a concretagem da laje do 7º pavimento da obra, que consiste em um edifício de 15 pavimentos, sendo 2 subsolos, um térreo, 11 pavimentos tipo e um cobertura. Para que os resultados sejam os mais próximos dos reais, alguns dos corpos de prova ficarão nas mesmas condições da laje da obra, sofrendo às mesmas condições climáticas e de cura.

### 2.1 Caracterização do Concreto

O concreto utilizado para os experimentos deste trabalho foi elaborado em central de dosagem, transportado e misturado através de caminhão betoneira. As características e especificações de dosagem do concreto usinado encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características e especificações do concreto

Carta de Traço do Concreto		
Tipo	Bombeável B.0 + B1	
f <sub>ck</sub>	30 MPa	
Slump	100 ± 20 mm	
Relação água/cimento	0,664	
Materiais	Procedência dos Materiais	Consumo
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Votoran <sup>®</sup> CP II F 40	271 kg/m <sup>3</sup>
Areia Natural (kg/m <sup>3</sup> )	Mineração Barroco	644 kg/m <sup>3</sup>
Areia Artificial (kg/m <sup>3</sup> )	Miner Khouri	361 kg/m <sup>3</sup>
Brita 0 - Basalto (kg/m <sup>3</sup> )	Pedreira São Jerônimo	179 kg/m <sup>3</sup>
Brita 1 - Granito (kg/m <sup>3</sup> )	Pedreira São Jerônimo	718 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo (kg/m <sup>3</sup> )	Masterpolyheed 14 <sup>®</sup> – Basf <sup>®</sup>	2,17 kg/m <sup>3</sup>
Água (L/m <sup>3</sup> )	-	180 L/m <sup>3</sup>

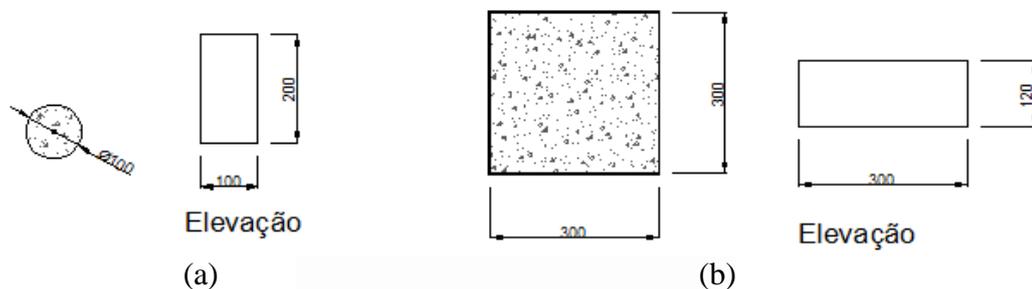
## 2.2 Determinação da Consistência e Moldagem dos Corpos de Prova

A consistência do concreto foi determinada através do ensaio de abatimento de tronco de cone (Figura 1), conforme às diretrizes da NBR NM 67:1998 (ABNT, 1998).



**Figura 1.** Determinação da consistência através do ensaio de abatimento de tronco de cone realizado na obra para concretagem da laje do 7º pavimento.

Foram moldados corpos de prova cilíndricos (Figura 2 a) para análise da resistência à compressão, conforme determina a NBR 5738:2015 (ABNT, 2015), e placas para análise visual da retração (Figura 2 b).



**Figura 2.** Detalhes dos corpos de prova – dimensões em milímetros. (a) Corpo de prova cilíndrico – forma metálica. (b) Placa – forma de madeira.

Os corpos de prova cilíndricos foram revestidos (internamente) com óleo mineral (Figura 3 a), e foi aplicada nas placas de madeira desmoldante para concreto (Figura 3 b).



**Figura 3.** Aplicação de desmoldante nos corpos de prova. (a) Corpo de prova cilíndrico – forma metálica. (b) Placa – forma de madeira.

Para a moldagem dos 27 copos de prova, o concreto foi adensado manualmente, aplicado em duas camadas com doze golpes. A Figura 4 apresenta a moldagem dos corpos de prova cilíndricos (a) e das placas de madeira (b).



(a) (b)  
**Figura 4.** Moldagem dos corpos de prova. (a) Corpo de prova cilíndrico – forma metálica. (b) Placa – forma de madeira.

Para o acompanhamento das condições climáticas, no primeiro dia de moldagem foi medida através de um termohidrômetro digital (Figura 5) a temperatura e a umidade do ambiente da obra na hora da moldagem, e no intervalo de tempo de 2 h. Nos próximos 28 dias foram acompanhadas diariamente a temperatura média e a umidade relativa do ar média na obra.



**Figura 5.** Termohidrômetro digital utilizado para aferir a temperatura e a umidade relativa do ar no dia da moldagem.

### 2.3 Cura dos Corpos de Prova

Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram desmoldados. Para avaliação da influência da cura no concreto, os corpos de prova foram submetidos a três condições distintas de cura: às mesmas condições de cura realizadas em obras de construção civil, sem cura, e com cura submersa.

Nove corpos de prova e duas placas foram colocadas sobre a laje do 7º pavimento junto a obra (Figura 6), sofrendo assim as mesmas condições climáticas e de cura da laje. A laje foi submetida à cura úmida nos três primeiros dias, sendo molhada uma vez por dia.



**Figura 6.**Corpos de prova na laje do 7º Pavimento: desmoldagem.

Outros nove cilíndricos e duas placas não foram submetidos a cura. Foram protegidos de intempéries com lona plástica nos três primeiros dias, e posteriormente abrigados em local fechado.

Por fim, os últimos nove corpos de prova cilíndricos e duas placas, foram submetidos à cura submersa, que foi realizada em tanque com água e caulim para controle de ph, de forma que os corpos de prova ficassem totalmente submersos em água, mantendo o concreto saturado.

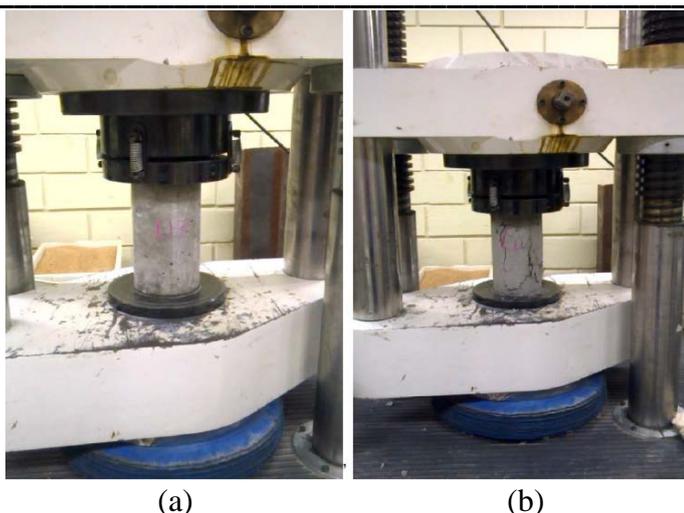
#### 2.4 Ensaio de Resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos

Para o ensaio de resistência à compressão, foi executada a regularização das faces dos corpos de prova cilíndricos através de retífica vertical (Figura 7).



**Figura 7.** Retificação dos corpos de prova.

Para análise da resistência à compressão, os corpos de prova cilíndricos foram ensaiados (Figura 8), seguindo as diretrizes da NBR 5739:2007 (ABNT, 2007), nas idades de 3, 7 e 28 dias. A verificação da retração foi qualitativa, por análise visual, nas mesmas idades apresentadas acima.



**Figura 8.** Ensaio de Resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos: (a) Início do ensaio. (b) corpo de prova após à ruptura.

### 3 Resultados

O resultado do ensaio de abatimento de tronco de cone foi de 120 mm. Como o *Slump* solicitado pela empresa foi de  $100 \pm 20$ , verificou-se através do resultado do ensaio que a consistência do concreto está dentro do intervalo requerido pela empresa.

Os corpos de prova que ficaram sob a laje do 7º pavimento foram submetidos à cura úmida nos três primeiros dias, considerando que choveu dez horas após a concretagem (no período da noite) e às 16:00 h do dia seguinte.

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão estão apresentados na Tabela 2. A resistência esperada aos 28 dias é de 30 MPa, e a velocidade do carregamento aplicado foi de 0,5 MPa/s.

**Tabela 2** – Resultados dos ensaios de resistência à compressão em cada idade (MPa)

Dias	Cura Submersa				Sem cura				Curado conforme a laje			
	CP 1	CP 2	CP 3	Média	CP 1	CP 2	CP 3	Média	CP 1	CP 2	CP 3	Média
3	22,75	23,42	24,09	23,40	23,80	24,30	24,50	24,20	27,28	25,11	24,65	25,70
7	28,30	25,97	27,97	27,40	25,93	25,82	26,40	26,10	24,97	27,60	27,60	26,70
28	33,93	33,62	33,88	33,80	28,30	27,41	26,92	27,50	32,47	28,54	29,00	30,07

A Figura 9 ilustra a temperatura média atingida na obra. Já na Figura 10 pode-se observar a média diária da umidade relativa do ar, durante os 28 dias, sofridas pela laje do 7º pavimento da obra.

A média dos ensaios de resistência à compressão que foram apresentadas na Tabela 2, estão expressas na Figura 11 em forma de gráfico para melhor compreensão do comportamento do concreto nos diferentes tipos de cura durante os 28 dias.

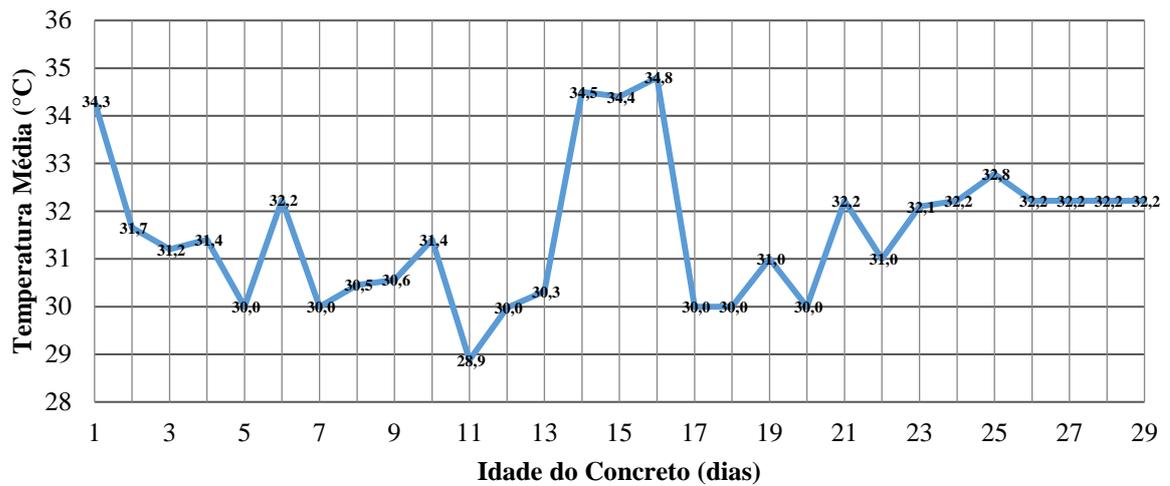


Figura 9. Idades do concreto (dias) versus Temperatura (°C)

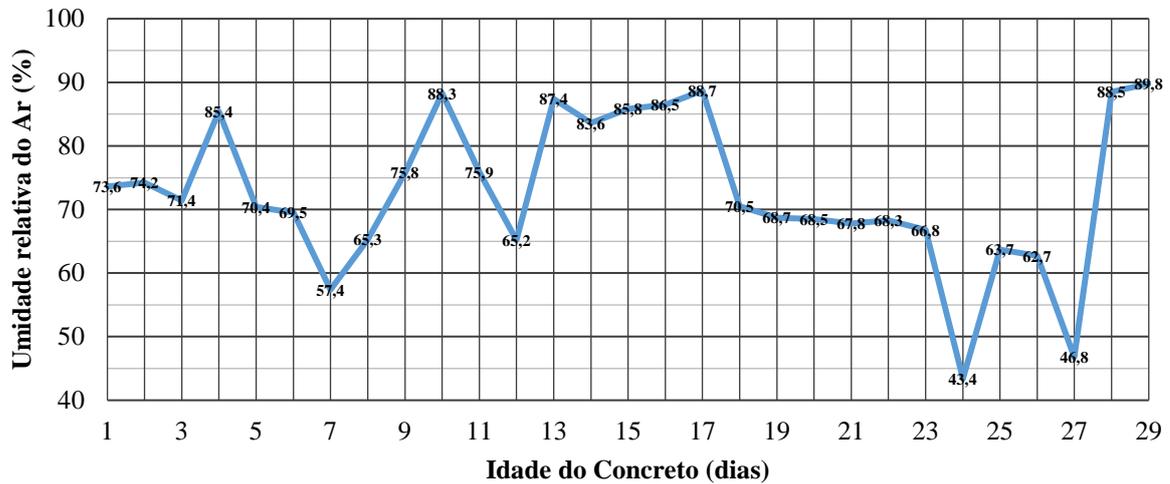


Figura 10. Idades do concreto (dias) versus Umidade relativa do ar (%)

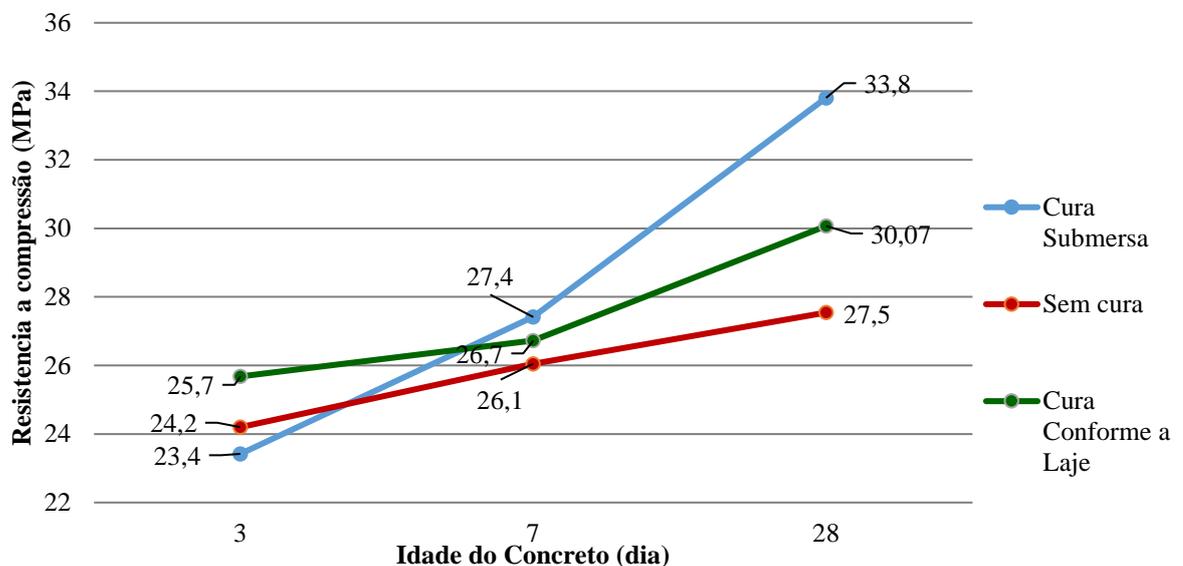


Figura 11. Idades do concreto (dias) versus Resistencia a compressão (MPa)

#### 4 Análise dos resultados

Através do gráfico da Figura 11 pode-se observar que na idade três dias, os corpos de prova que foram submetidos a cura submersa obtiveram menor resistência do que os demais corpos de prova. Os corpos de prova que estavam sob as mesmas condições de cura da laje apresentaram a maior resistência média, seguidos dos corpos de prova que estavam sem cura.

Como já era esperado, observa-se que o aumento da resistência à compressão média nos três primeiros dias é rápido, com cerca de mais de 80% da resistência esperada, nas duas situações de cura: conforme a laje e sem cura. Este fato é explicado pela Figura 9 e 10, pois pode-se observar que nos três primeiros dias, obtiveram-se temperaturas médias elevadas, a qual acelera o processo de hidratação do cimento. A perda de água do concreto é influenciada pela umidade relativa nas primeiras idades após o lançamento. É possível observar através da Figura 9, que nos três primeiros dias, a umidade relativa média do ar também foi alta.

Percebe-se que aos sete dias, o concreto que estava submetido a cura submersa apresenta um ganho de resistência significativo com relação aos demais. Esse acréscimo corresponde a 17%, com relação a resistência à compressão apresentada aos três dias, sendo que o concreto sem cura apresentou em acréscimo de apenas de 7,85%, e o da cura conforme a laje de 3,90%. Do terceiro ao sétimo dia, a temperatura média é de 30,91 °C, porém acredita-se que a diminuição da umidade relativa do ar e a finalização da cura do concreto da laje ao terceiro dia, foram os fatores de maior relevância para o baixo acréscimo de resistência do concreto que não foi submetido a cura e do concreto que estava sobre a laje.

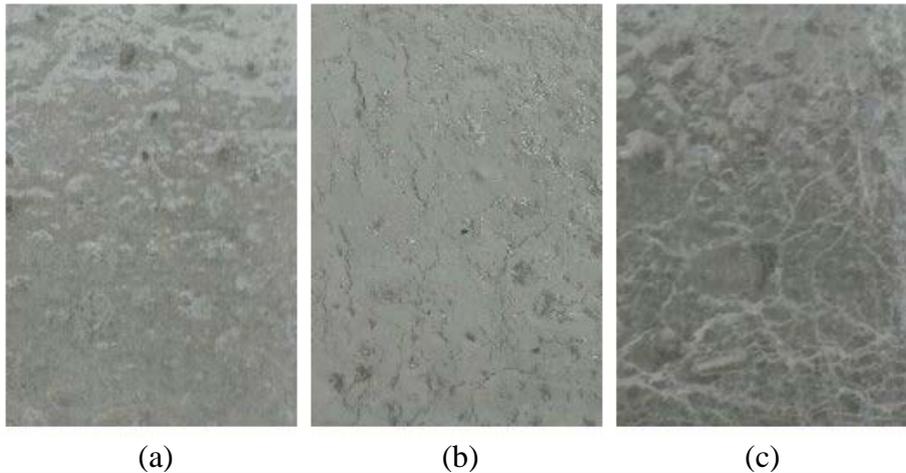
O resultado de resistência à compressão mais satisfatório aos 28 dias foi o da cura submersa. Isso deve-se ao fato da hidratação do cimento proporcionada pelo método. As demais situações de cura, obtiveram uma redução no aumento de resistência, pois temperaturas elevadas aceleram as reações químicas, fazendo com que a resistência aumente nas idades iniciais pela rápida hidratação, mas há uma diminuição no ganho de resistência com o decorrer do tempo, isso pode ser comprovado através da Figura 11.

Aos 28 dias, a resistência do concreto curado conforme a laje foi intermediária, e atingiu a média de 30,07 MPa. Verificou-se que a cura úmida aplicada de modo intermitente nos três primeiros dias, possibilitou uma resistência média maior ao concreto do que os corpos de prova que não foram submetidos a cura, que atingiu a resistência apenas de 27,5 MPa. Porém, os corpos de prova que estiveram sob cura submersa, apresentaram uma resistência à compressão de 3,73 MPa a mais que os corpos de prova que sofreram às mesmas condições de cura da laje.

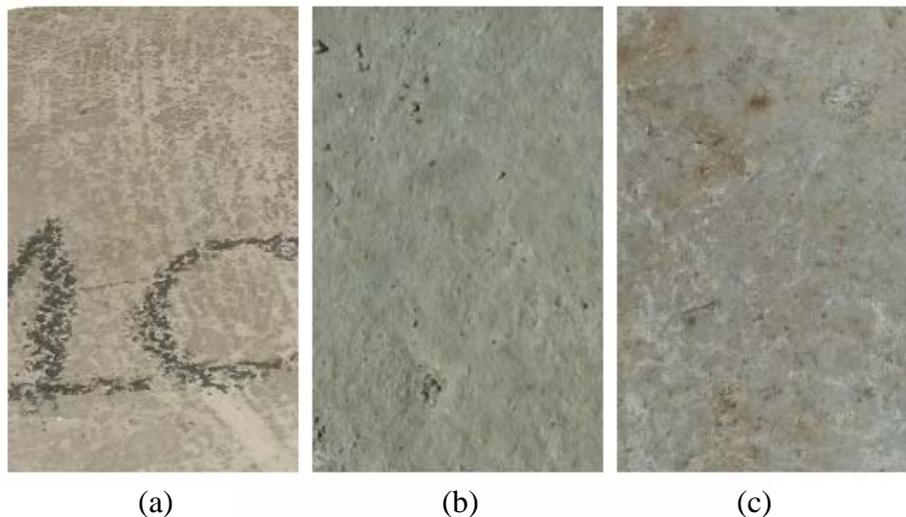
Quanto à retração plástica, a Figura 12 apresenta o aspecto superficial do concreto das placas logo após a moldagem. É possível perceber através da comparação da Figura 12 com a Figura 13c, que seis horas após a moldagem o concreto que estava sob as mesmas condições de cura da laje apresentou microfissuras superficiais (mapeamento), possivelmente por causa da retração plástica proveniente da variação de temperatura e da radiação solar. O concreto que não sofreu cura e o que estava sob cura submersa não apresentou fissuras visíveis. Através da Figura 14, verificou-se qualitativamente que os efeitos da retração plástica influenciam o concreto principalmente nos primeiros dias de moldagem, pois visualmente todas as placas de concreto a partir do terceiro dia não apresentaram alterações.



**Figura 12.** Aspecto do concreto das placas logo após a moldagem.



**Figura 13.** Aspecto do concreto das placas 6 horas após a moldagem: (a) Sob cura submersa. (b) Sem cura. (c) Sob as mesmas condições de cura da laje.



**Figura 14.** Aspecto do concreto das placas com idade de 7 dias: (a) Sob cura submersa. (b) Sem cura. (c) Sob as mesmas condições de cura da laje.

## 5 Conclusão

Ao examinar os resultados é possível concluir que não é aconselhável utilizar concreto sem efetuar uma cura apropriada, uma vez que sem a correta hidratação do cimento não

---

ocorrerá à formação de silicatos de cálcio hidratado, influenciando assim nas propriedades físicas e mecânicas do concreto, também pela falta da cura, ocorrerá à perda da água de amassamento do concreto implicando em fissuras e porosidades visíveis nas superfícies das peças.

A cura é sim um processo importante para que o concreto possa apresentar propriedades e características essenciais para o seu desempenho, em especial sua resistência à compressão. Quanto maiores os cuidados com a cura do concreto, melhor é o seu desempenho mecânico e a sua resistência aos agentes agressivos do meio ambiente.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 67:** Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 3p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 9p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238p.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Vol. 1. 5° ed. Revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

COUTINHO, A. S. **Fabricação e Propriedades do Betão**. Lisboa: LNEC, 1971.

MEHTA, P. K. & MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2° Ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5° Ed. Porto Alegre: Brookman, 2016.