

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA E
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO EM CORPO
DE PROVA DE CONCRETO EM CURA POR SUBMERSÃO EM
ÁGUA E AO AR LIVRE**

**ANALYSIS OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION AND
CHARACTERISTIC OF THE CONCRETE COMPRESSIVE
STRENGTH IN TEST SPACIMEN IN SUBMERSION CURING AND
OUTDOOR**

IARA ESTRELA RODRIGUES

Engenheira Civil / Formada Engenharia Civil UEG-Campus Anápolis (GO)
iaraestrela.rodrigues@hotmail.com

TIAGO FELIPE DE SOUZA

Discente da Universidade Estadual de Goiás / Engenharia Civil-Campus
Anápolis (GO)
tiagofamason@gmail.com

MARCEL WILLIAN REIS SALES

Doutorando USP São Carlos / Docente e Pesquisador IFG - Campus de Rio
Verde (GO)
marcel.engcivil@hotmail.com

JOSÉ DE SOUZA SALES

Doutor UFG/ Docente e Pesquisador da Universidade Estadual de Goiás -
Campus de Anápolis (GO)
jose.sales@ueg.br

Resumo: O concreto é um material resultante da mistura de cimento, água e agregados. Assim, a água e o cimento promovem reações químicas que resultam em um material com propriedades aglomerante que ganha resistência ao longo de um determinado do tempo. Contudo, esta reação química é do tipo exotérmica, e tende a perder água para o meio ambiente, que pode resultar em perda de resistência à compressão. Nesse sentido, o processo denominado cura é importante para evitar perda da água. Neste estudo, foi analisada como o tipo de cura influência a resistência à compressão do concreto e o comportamento da propagação do calor nos corpos de prova. Para isso foram feitas as distribuições de temperaturas, em três posições radiais na face superior do corpo de prova, sendo que as relações entre a água e o cimento foram variadas em 0,5; 0,6; e 0,7 com o tempo de cura de 7 dias, 14 dias e 28 dias para cura submersa e ao ar livre.

Palavras-chave: Calor de hidratação, Tipos de agregados. Processo de cura.

Abstract: Concrete is a building material resultant mixing of cement and water and aggregate. Thus, the water and cement promote a chemical reaction that results in a material with agglutinant properties and gain strength over a given period. However, this reaction is a type exothermal and tends to lose water to the environment, which may result in the loss of compressive strength. In this way, the process called curing is important to avoid loss of water. In this study, was analyzed as the type of curing influence the compressive strength and the behavior propagation of the heat. For it were made the thermal distribution, measuring temperatures every two minutes, in three radial positions on the superior face of the concrete test specimens, being that the relation between water and cement is varied by 0.5, 0.6 and 0.7 with curing time of 7 days, 14 days and 21 days for submerge curing and outdoor.

Keywords: Heat of hydration. Types of aggregates. Curing process.

1. INTRODUÇÃO

Concreto, também é conhecido, como a mistura de água, cimento e agregados tais como areia, brita, cal e aditivos. A composição é dosada conforme a finalidade projeto e sua utilização. Um concreto pode ser dosado pela variação do fator água cimento (a/c), pela alteração de agregados, e pela adição de aditivos, de um cimento com maior resistência característica a compressão (f_{ck}) por fim pela adição de aditivos.

O concreto é um material versátil para a construção, e sua história atravessa milhares de anos, provando sua perenidade (ALVES, 2012, p. 51). A mistura de água com uma espécie de gesso calcinado (obtido a partir da desidratação parcial ou total da gipsita) ou cinzas vulcânicas tem passagens por Roma e Grécia antiga além das pirâmides no Egito, sem essa mistura não haveria como construir obras de tamanhos e pesos tão elevados como templos e palácios.

Basicamente a mistura de água com gesso ou cinzas serviu como um instrumento de vedação e junção de peças menores para formação de obras grandiosas, essa possibilidade de união de estruturas fez com que a construção alcançasse outro patamar possibilitando a construção de obras revolucionárias e o desenvolvimento de métodos construtivos inovadores apresentando como resultado final uma construção sólida, estável, grandiosa e cuja durabilidade é atestada na atualidade.

Segundo Arnaldo Forti Battagin (ABCP, 2017), no Brasil estudos sobre o cimento ocorreram em 1888, quando o comendador Antônio Proost Rodovalho empenhou-se em instalar a primeira fábrica de cimento na fazenda Santo Antônio em Sorocaba-SP, a primeira fabricação de cimento se deu em 1897 e foi um grande passo para construção brasileira e desenvolvimento das cidades.

O concreto já está entre os produtos mais consumidos do mundo, ocupa o segundo lugar, perdendo somente para a água. Segundo publicações do (IBRACON, 2009) estima o consumo de 11 bilhões de toneladas de concreto por ano. Esse material é obtido por meio da mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água (CARVALHO; CHUST, 2014).

Como citado acima, por ser o material artificial mais consumido no mundo é necessário o estudo das propriedades (NEVILLI, 2015) do concreto para o maior entendimento possível do produto utilizado, para uma maior precisão no dimensionamento e uma maior confiabilidade no uso da estrutura.

Neste trabalho os principais objetivos foram verificar o comportamento da resistência característica à compressão e o comportamento da propagação do calor em corpo de prova de concreto em cura ao ar livre e submerso em água.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O traço expressa as quantidades relativas de adições, de agregados, água e aditivos em relação à quantidade de cimento.

A dosagem pode ser dividida em dosagem experimental e dosagem empírica. A dosagem experimental é aquela feita em obra com o conhecimento técnico de um traço elaborado de acordo com uma metodologia técnica, já a dosagem empírica é aquela feita em obra, mas sem o conhecimento técnico da variabilidade das fontes dos materiais.

A fixação do parâmetro água cimento é feita tomando como referência os critérios de durabilidade e a resistência mecânica requerida pelo concreto nas idades de interesse. Recomendam-se os valores da relação água/cimento propostos pela norma NBR 6118/2014.

A resistência à compressão é o principal parâmetro da resistência mecânica a ser considerado. O valor da relação água/cimento é estimado com base na curva de Abrams, que por sua vez, deve ser determinado em função do tipo de cimento. Quando não se dispõe da Curva de Abrams e não houver restrições quanto à durabilidade, é possível utilizar-se das Curvas de Walz (RODRIGUES, 1998).

O fator água cimento define a resistência do concreto, as dimensões dos agregados são fundamentais para a obtenção das quantidades de água a serem utilizadas e o abatimento desejado (RODRIGUES, 1998).

2.1 CIMENTO

Insubstituível em obras civis, o cimento pode ser empregado tanto em peças de mobiliário urbano como em grandes barragens, estradas, pontes, tubulações e telhados, além de matéria prima para a arte (ABCP, 2017).

O cimento Portland é um material constituído de clínquer, silicatos, aluminatos, escória, argila pozolânica e calcário que, ao serem misturados com a água, hidratam-se, formando uma massa gelatinosa. Esta massa, após contínuo processo de

cristalização, endurece em um processo exotérmico, oferecendo então elevada resistência mecânica.

O mercado nacional dispõe de oito opções, que atendem com igual desempenho ao mais variados tipos de obras. O cimento Portland (CP I) é referência por suas características e propriedades (ABCP, 2017).

O concreto é uma das principais matérias do mercado mundial, para sua produção é utilizado o cimento como matéria prima principal e a quantidade de vendas é também um indicativo de como anda a economia.

No Brasil a produção e venda de cimento e concreto teve seu melhor momento entre os anos de 2009 e 2014, indicando uma queda na economia brasileira após eventos como copa do mundo e olimpíadas (IBRACON, 2016) e a venda de cimento no ano de 2016 até o mês de setembro teve uma relativa estabilidade (SNIC, 2013).

2.2 AGREGADOS

Os agregados do concreto se baseiam em agregados miúdos (areia) e graúdos (britas), além de outras, tem a função de baratear o concreto, ou seja, os agregados são usados para diminuir a quantidade de cimento que é um material de valor alto, além do fato de que, um uso elevado de cimento em uma mistura causa grande reação de hidratação e posteriormente uma grande reação exotérmica que provoca trincas ou rachaduras nas peças de concreto com possível perda da resistência mecânica da peça.

O uso de agregados no concreto ainda se dá pelo valor do módulo de elasticidade que ao se acrescentar agregados, o módulo aumenta de acordo com o agregado usado (SHEHATA, 2005). Algumas dosagens para fins de estética ou vedação, agregados como vermiculita, cal e outros são usados desde que esse tipo de argamassa (RAGO; CINCOTO, 1995) ou concreto estejam devidamente projetados e suas resistências obedeçam às normatizações vigentes.

Na figura 1 estão ilustrados o agregado miúdo e o agregado graúdo utilizados nos ensaios.



Figura 1: Areia Fina e Brita utilizada nos ensaios. Fonte: Autores, 2017

2.2 O PROCESSO DE CURA

O processo de cura se caracteriza pelo tempo em que as reações químicas levam para atingir seu ápice, uma vez que, o termino dessas reações não são fáceis de serem determinadas. Segundo a NBR 14931/2004 pode-se considerar algumas estipulações de tempo para termino de algumas reações, gerando assim o endurecimento do concreto e o ganho da capacidade mecânica do mesmo, todavia, enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais como: Perda de água pelas superfícies expostas; Assegurar uma superfície com resistência adequada e Assegurar a formação de uma capa superficial durável.

Autores como Carvalho (2014) e Botelho (2004) ditam que com 7 dias o concreto tende a apresentar de 60% a 80% da sua resistência final, e com 30 dias a quase totalização de suas reações, lembrando que, com o passar de dias, meses e anos, o concreto tende a ganhar resistência, uma das várias vertentes de explicação defende que a expulsão ou perda de água do concreto com o tempo é a grande chave para o ganho de resistência do mesmo.

Existem vários tipos de cura, entre estes tipos de cura será apresentado dois deles, a cura por submersão em água e a cura ao ar livre.

A cura por submersão se caracteriza em imergir o corpo de prova de concreto a um recipiente cheio de água, cobrindo toda a superfície do corpo permitindo que o mesmo use toda a água existente em seu interior para as reações químicas, não havendo perda de água do corpo de prova para o meio.

A cura pelo ao ar se caracteriza pela concretagem do corpo de prova e não interferência em seu processo de cura, esse tipo de cura é um processo mais propicio a interferências do ambiente, como perda de água para o meio através do calor, vento e outros. Esse tipo de abordagem pode gerar algumas falhas no resultado, como não ganho da resistência total esperada, trincas entre outras.

3. MATERIAS E MÉTODO

Nesta seção apresenta-se a metodologia usada para a confecção dos corpos de prova de concretos, que foram usadas para a obtenção das resistências características a compressão e as distribuições de temperaturas destes concretos em cura submersa em água e ao ar livre.

3.1 A METODOLOGIA DE DOSAGEM

Neste trabalho utilizou-se o método de dosagem ABCP. Este método de dosagem foi criado na década de 80 pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) por meio de experimentos. O método está desatualizado, pois os materiais de construção mudaram daquela época para os dias de hoje, portanto o método não pode ser utilizado para obter diretamente os traços. Utilizou-se o método a fim de obter um traço-base, moldando os corpos de prova e, com os resultados dos ensaios, foram feitos os devidos ajustes nas dosagens.

Fixou-se a relação água/cimento para conhecer o consumo aproximado de água do concreto (Ca) e o consumo de cimento através da relação entre o consumo de água e a relação água cimento. Determinou-se o consumo de agregados obtendo o traço expresso em volume ou massa proporcional a quantidade de cimento seguindo a ordem de descrição expressa na Equação:

$$1: a: b; a/c , \quad (1)$$

em que: 1 é a relação da massa de cimento pela massa de cimento; a é a relação da massa de areia pela massa de cimento; b é a relação da massa de brita pela a massa de cimento e a/c é a relação da massa de água pela a massa de cimento.

Pelo método o volume do concreto foi calculado pela Equação 2:

$$V_{con} = V_c + V_b + V_a + V_v, \quad (2)$$

sendo que: V_{con} é o volume de concreto; V_c é o volume de cimento; a é o volume de areia; V_b é o volume de brita; $V_{água}$ é o volume de água e V_v é o volume de vazios.

O consumo de cimento (C) para um dado traço unitário 1:a:b:a/c é dado por:

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{1}{\gamma_a} + \frac{1}{\gamma_b} + a/b} \quad (3)$$

em que γ_c é a massa específica do cimento; γ_a é a massa específica da areia; γ_b é a massa específica da brita; a/c é a relação da massa de água pela a massa de cimento.

Os traços utilizados, neste trabalho, foram de 1:1:3 com três diferentes relações água/cimento a/c, 0,4; 0,5 e 0,6.

3.2 A CONFECÇÃO DE CORPO DE PROVAS

Os corpos de prova foram feitos com 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, obedecendo às normas NBR 5738/2003, NBR 5739/2007 e NBR 7680/2011. Foram

moldados em fôrmas de aço, que permitindo manter seu modelo durante o trabalho, de forma que o material não tenha reação com o cimento. Constituído com base rígida e plana conforme a NBR 5738/2003, onde as mesmas são untadas com óleo automobilístico.

Assim, foram feitas a mistura das amostras utilizando-se a betoneira, deixando o mais homogêneo possível. Diante disso colocou-se o concreto nos moldes manuseando uma concha, seguindo o número de camadas apresentados, sempre nivelando com a mesma para o adensamento do material.

Relações de golpes e camadas na fabricação de corpos de prova pelo tipo e diâmetro existente foram feitas, segundo NBR 5738/2003.

Usando a haste para o adensamento mecânico, tendo uma camada, de acordo com a tabela, o volume foi distribuído uniformemente em toda a seção, com intuito de evitar espaços vazios na massa, seguindo a NBR 5738/2003. Dessa forma, vibrou-se o concreto até a maior saída possível de ar do corpo de prova promovendo um concreto com menos porosidade possível. Com o auxílio de uma pá de pedreiro fez-se o arrasamento, para uma forma mais regular. Após moldados permaneceram em superfícies horizontais, livre de vibrações e intempéries por 24 horas, até as deformas.

Os corpos de provas de concretos foram colocados em um tanque com água mantendo-o até o período de cura desejado e outros em ambiente (ar livre).

3.3 RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

Para execução do ensaio de ruptura do corpo de prova de concreto, o corpo de prova foi posicionado de modo que, seu eixo coincidissem com o da máquina e não houvesse irregularidades na superfície de contato entre máquina e corpo de prova.

A resistência à compressão simples, denominada f_{ck} , é a característica mecânica mais importante. Para estimá-la em um lote de concreto, foram moldados e preparados corpos de prova para ensaio segundo a NBR 5738 e ensaiados segundo a NBR 5739.

O tipo de ruptura do corpo de prova depende do carregamento, da resistência e do tipo de ensaio a que o corpo de prova estará submetido. Segundo a NBR 5739/2007 existem cinco tipos de ruptura principais.

Foram usadas, neste estudo, rupturas axiais para a resistência característica a compressão mostrada na figura 2.



Figura 2: Ruptura característica do corpo de prova de concreto. Fonte: Autores, 2017

Foram submetidos à ruptura axial os corpos de prova de concreto para idades de cura de 7, 14 e 21 dias de cura e relação água/cimento (a/c) de 0,6; 0,5 e 0,4 submersos na água e ao ar livre.

3.4 DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA DO CORPO DE PROVA DE CONCRETO

Com base no objetivo do trabalho, na confecção dos corpos de prova de concreto, alguns corpos foram destinados a um banho termostatizado de aproximadamente a 50 °C. Para isto, na confecção dos corpos de prova de concreto, foram inserido ferro de 6,3 mm de diâmetro no topo de cada corpo de prova, na posição central, e mais dois equidistantes em 1,0 cm, e retirados juntos com as deformas para inserção de termômetros.

Com auxílio de três termômetros, fixados nestas posições, foi possível obter as medidas de diferentes temperaturas no corpo de prova para posições diferentes mostrando a relação entre tempo e propagação de calor para idades de cura de 7, 14 e 21 dias de cura com a relação água cimento (a/c) de 0,6; 0,5 e 0,4 e cura submersa na água e cura ao ar livre.

Para isolar termicamente os corpos de provas do calor do meio, foi usado piche líquido, distribuído na superfície superior com ajuda de pincel, em cada corpo de prova.

Os termômetros usados são constituídos de álcool iguais mostrados na figura 3 juntamente com o corpo de prova prontos para as medidas da temperatura em banho termostatizado.



Figura 2: Corpo de prova pronto para ensaio em banho termostatizado. Fonte: Autores, 2017

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para execução dos ensaios de compressão axial em cada corpo de prova de concreto determinou-se o traço de 1:1:3, ou seja, para cada 1kg de cimento, utilizou-se 1,0 kg de areia fina e 3,0 kg de brita do tamanho 1.

Com os valores da relação água/cimento (a/c) 0,4, 0,5 e 0,6 foram encontradas as resistências características a compressão (f_{ck}) dos corpos de provas de concreto, com cura submersa na água e cura ao ar livre, em 7 dias, 14 dias e 28 dias de cura, pela Equação (NBR 12655, 2015):

$$f_{ck} = f_{cjm} - 1,65\delta \quad (4)$$

sendo: f_{cjm} a resistência média dos j dias e δ o desvio padrão.

Os valores das resistências características estão representados nas tabelas 1 a 6.

Tabela 1: Resistência característica à compressão dos corpos de prova com 7 dias em água.

7 dias de Cura Submersa em água				
Traço (a/c)	fcj 1 (MPa)	fcj 2 (MPa)	fcj 3 (MPa)	fck (MPa)
0,6	11,986	13,974	9,354	8,649
0,5	13,987	16,79	13,798	12,601
0,4	14,653	17,54	16,42	14,243

Organização: Autores, 2017.

Nota-se que a resistência característica à compressão diminui, conforme a literatura e visto na Curvas de Walz, com aumenta a relação água/cimento (a/c), este comportamento é visto, tanto para a cura submersa na água quanto para a cura ao ar livre em 7, 14 e 28 dias.

Tabela 2: Resistência característica à compressão dos corpos de prova com 7 dias ao ar livre

7 dias de Cura ao ar livre				
Traço (a/c)	fcj 1 (Mpa)	fcj 2 (Mpa)	fcj 3 (Mpa)	fck (Mpa)
0,6	8,563	11,784	7,971	6,675
0,5	11,76	15,4	12,34	10,532
0,4	13,54	16,32	17,87	12,954

Organização: Autores, 2017.

Entretanto, para cura ao ar livre a resistência característica à compressão é menor comparada com a resistência característica à compressão no corpo de prova de concreto nas relações água/cimento de 0,6; 0,5 e 0,4 com o corpo de prova em cura submersa na água.

Tabela 3: Resistência característica à compressão dos corpos de prova com 14 dias em água.

14 dias de Cura Submersa em água				
Traço (a/c)	fcj 1 (MPa)	fcj 2 (MPa)	fcj 3 (MPa)	fck (MPa)
0,6	12,756	13,87	14,86	12,410
0,5	18,987	19,76	19,56	18,895
0,4	17,54	20,43	21,55	17,052

Organização: Autores, 2017.

Tabela 4: Resistência característica à compressão dos corpos de prova com 14 dias ao ar livre.

14 dias de Cura ao ar livre				
Traço (a/c)	fcj 1 (MPa)	fcj 2 (MPa)	fcj 3 (MPa)	fck (MPa)
0,6	10,876	12,987	11,234	10,177
0,5	17,4	18,5	16,9	16,497
0,4	18,88	19,43	20,24	18,594

Organização: Autores, 2017.

Tabela 5: Resistência característica à compressão dos corpos de prova com 28 dias em água.

28 dias de Cura Submersa em água				
Traço (a/c)	fcj 1 (MPa)	fcj 2 (MPa)	fcj 3 (MPa)	fck (MPa)
0,6	14,221	14,987	16,234	13,778
0,5	19,32	17,5	17,9	16,951
0,4	19,95	20,43	22,24	19,246

Organização: Autores, 2017.

Tabela 6: Resistência característica à compressão dos corpos de prova com 28 dias ao ar livre.

8 dias de Cura ao ar livre				
Traço (a/c)	fcj 1 (MPa)	fcj 2 (MPa)	fcj 3 (MPa)	fck (MPa)
0,6	15,876	14,87	15,24	14,643
0,5	17,4	18,5	18,9	17,220
0,4	18,88	20,53	21,4	18,545

Organização: Autores, 2017.

Nos ensaios da propagação calor, com o auxílio de um equipamento de banho termostatzado a 50 °C, com medidas radiais efetuadas de dois em dois minutos, foram possível a construção da distribuição de temperatura em função do tempo $U(r,t)$ para cada posição radial do corpo de prova, ilustradas nas figuras 4 a 11 para posição $r = 0,0$ mm , $r = 10,0$ mm e $r = 20,0$ mm.

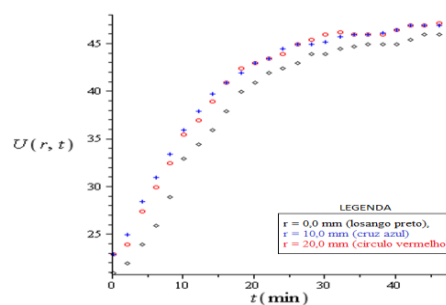


Figura 4: Distribuição de temperatura com 7 dias de cura submersa relação a/c =0,6. Fonte: Autores, 2017.

Nas figuras 4 e 5 tem-se a distribuição de temperatura em função do tempo com idade de cura de 7 dias em água, para a relação água cimento (a/c) 0,6 e 0,5 respectivamente.

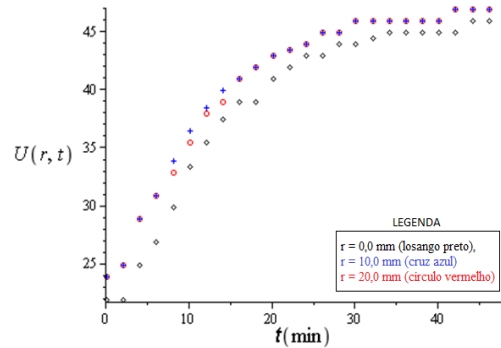


Figura 5: Distribuição de temperatura com 7 dias de cura submersa e relação a/c = 0,5. Fonte: Autores, 2017.

O comportamento da propagação do calor vistas nas distribuições de temperaturas dos corpos de prova de concreto, mostradas nas figuras 4 à 11, seque um aumento exponencial gradativo previsto pelas soluções da Equação do calor (BUTKOV, 1978)

Nota-se nas figuras 4 e 5, com diminuição da relação água/cimento o corpo de prova de concreto em cura de 7 dias submersa na água alcança o equilíbrio térmico em um tempo menor. E este mesmo comportamento foram verificados para o mesmo tipo de cura (submersa e ao ar livre) fixando o tempo de cura (7, 14 e 28 dias).

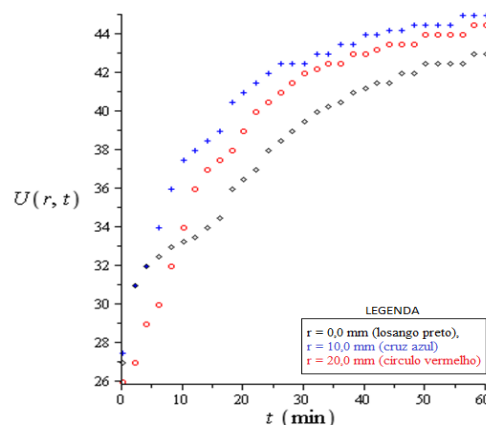


Figura 6: Distribuição de temperatura com a/c = 0,6 ar livre em 7 dias. Fonte: Autores, 2017.

Variando o tempo de cura e o tipo de cura e fixando a relação água/cimento, tem-se nas figuras 6 e 7 a distribuição de temperatura em função do tempo para relação de água cimento (a/c) 0,6 e idade de cura de 7 dias ao ar livre e 14 dias de cura submersa na água.

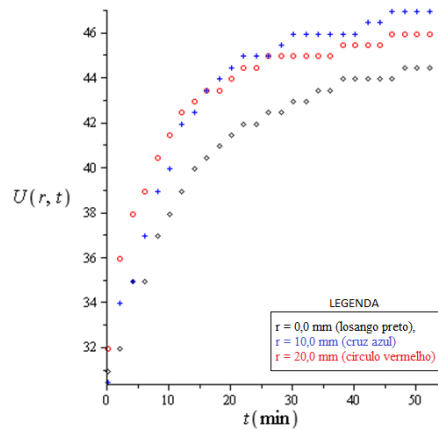


Figura 7: Distribuição de temperatura com $a/c = 0,6$ submerso na água em 14 dias. Fonte: Autores, 2017.

Nota-se que, com a mesma relação água/cimento com o aumento dos dias de cura comparado para o corpo de prova com cura submersa na água, este alcança o equilíbrio térmico mais rápido do que o corpo de prova de concreto com cura ao ar livre com um menor tempo de cura, observando as figuras 6 e 7.

Fixados o tempo de cura em 14 dias e variados o tipo de cura e a relação água/cimento. Tem-se, então, a distribuição de temperatura em função do tempo para relação de água cimento (a/c) 0,5 submerso na água na figura 8 e ao ar livre para relação de água cimento (a/c) 0,6 na figura 9.

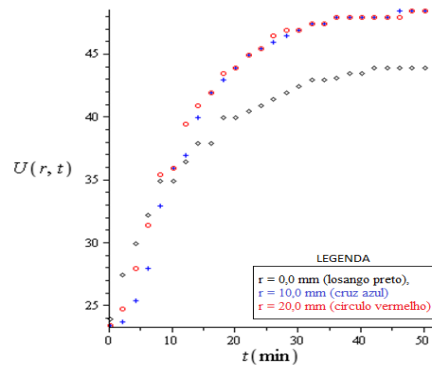


Figura 8: Distribuição de temperatura para 14 dias submerso na água com relação $a/c = 0,5$ Fonte: Autores, 2017.

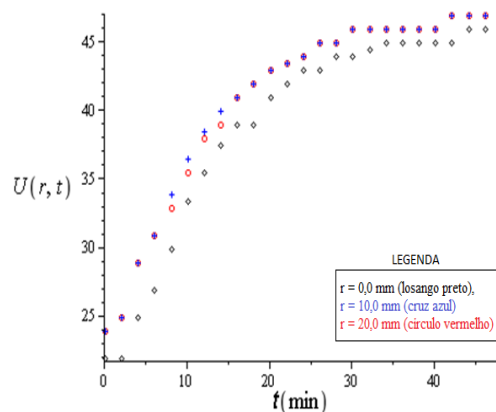


Figura 9: Distribuição de temperatura para 14 dias ao ar livre com a/c = 0,6. Fonte: Autores, 2017.

Neste caso notou-se ao ar livre, o corpo de prova de concreto, entra em equilíbrio térmico em menor tempo comparado ao submerso na água.

Também foram fixados os dias de cura em 28 dias e a relação água/cimento em 0,6 para a cura ao ar livre e submerso na água. Na figura 10 tem-se a distribuição de temperatura em função tempo ao ar livre e submerso na água na figura 11.

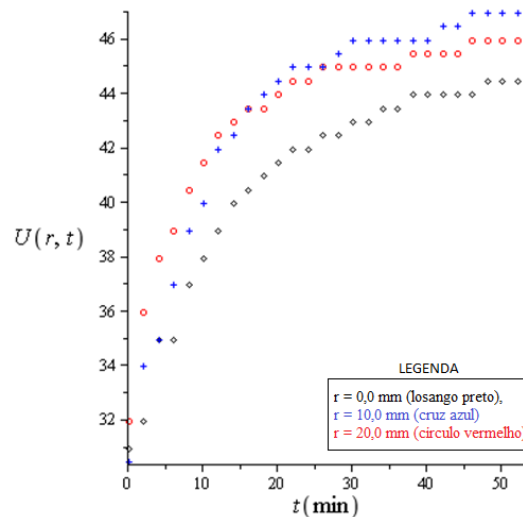


Figura 10: Distribuição de temperatura em função com a/c = 0,6; 28 dias de cura ao ar livre. Fonte: Autores, 2017.

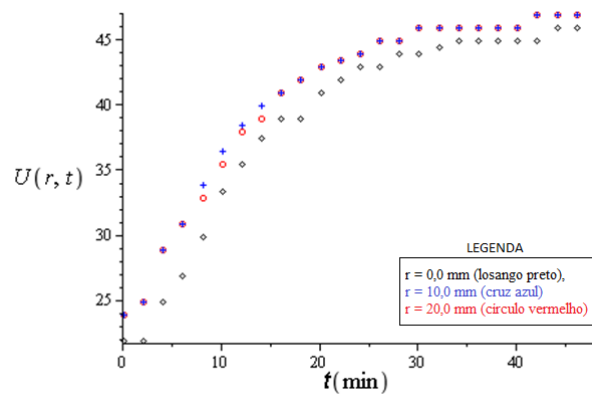


Figura 11: Distribuição de temperatura em função com a/c = 0,6; 28 dias de cura submerso na água. Fonte: Autores, 2017.

Novamente notou-se, nestas duas últimas Figuras, que o corpo de prova de cimento com cura submersa na água leva menor tempo para o equilíbrio térmico.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, conclui-se que os comportamentos das resistências característica à compressão axial com relação às quantidades de cimentos utilizados

comparados com as quantidades de água e cimento e tempo de cura, estão de acordo com as diversas literaturas, ou seja, a resistência característica à compressão tem seu valor reduzido com o aumento da relação água/cimento bem com a diminuição de tempo de cura. Notou-se também que os corpos de prova de concreto apresentaram valores maiores nas resistências características à compressão axial quando o corpo de prova de concreto é curado submerso na água do que quando o corpo de prova de concreto é deixado ao ar livre. Para se ter uma ideia com o corpo de prova em 7 dias de cura submerso com a relação água cimento de 0,6 comparado com a relação água cimento de 0,5 se tem um aumento em torno de 45 % de aumento na resistência característica a compressão. Com a relação água cimento de 0,6 o corpo de prova de submerso na água, em 7 dias de cura, tem-se um aumento próximo a 29% comparado com o corpo de prova nas mesmas condições com ao ar livre. E, houve um aumento na resistência característica a compressão de aproximadamente de 4% com a cura submersa na água a relação água cimento de 0,4 em 28 dias de cura comparado com a resistência característica a compressão do corpo de prova de concreto ao livre.

Observou-se também em todos os corpos de provas de concreto através da distribuição do calor, como esperado, que o calor tem um aumento gradativo com o passar do tempo. E ainda, o calor se propaga mais rapidamente nos corpos de prova, alcançando o equilíbrio térmico mais rápido, quando colocados em cura submerso na água em relação aos em cura ao ar livre no mesmo tempo de cura e com as mesmas relações água/cimento.

Portanto, os corpos de prova de concreto alcançam o equilíbrio térmico em intervalos de tempos menores quando a resistência característica à compressão foram maiores, ou seja, a rapidez com o calor se propaga é maior no corpo de prova de concreto que tem maior resistência característica à compressão.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738 / 2003**: concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739 / 2007**: ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 / 2014**: projetos de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 / 2014:** concreto de cimento Portland - preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931 / 2004:** execução de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680 / 2015:** concreto - extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. 2017. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

ALVES, J. D. **Construção civil e sustentabilidade**. Goiânia: PUCGO, 2012.

BOTELHO, M. H. **Concreto armado eu te amo**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

BUTKOV, E. **Física-Matemática**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.

CARVALHO, C. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: EdUFSCar, 2014.

CARVALHO, C. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2014**. São Paulo: EdUFSCAR, 2014.

IBRACON - INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. 2009. Disponível em: <<http://site.ibracon.org.br/>>. Acesso em: 23 set. 2009.

IBRACON - INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. 2016. Disponível em: <<http://site.ibracon.org.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

NEVILLE, A. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Bookman, 2015.

PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA - PRODETEC. **Pesos específicos de materiais**. 2012. Disponível em: <http://www.prodetec.com.br/downloads/pesos_especificos.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2012.

RAGO, F.; CINCOTO, M. A. **A reologia da pasta de cimento e a influência do cal**. Goiânia: SBTA, 1995.

RODRIGUES, I. E. **Estudo da difusividade térmica do concreto em corpo de prova**. Anápolis: UEG, 2016.

SHEHATA, L. D. Deformações instantâneas de concreto. In: ISAIA, G. C. (ed.) **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 633-654.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC. **Press kit 2013**. Disponível em: <http://snic.org.br/pdf/presskit_SNIC_2013.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.