

Received:  
September 30, 2020

Accepted:  
November 7, 2020

Published:  
April 30, 2021

## Assessment of Resistance to Concrete Compression Using Different Types of Cure

Gilmar Fonseca Leal Júnior<sup>1</sup> , Thiago Bomjardim Porto<sup>1</sup> , Felipe Sérgio Bastos Jorge<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Curvelo, Brasil.

### Email address:

gilmarlealjr@gmail.com (Gilmar F. Leal Júnior) – Corresponding author.

thiago.porto@cefetmg.br (Thiago B. Porto)

felipebjorge@cefetmg.br (Felipe S. Bastos Jorge)

### Abstract:

Concrete is the most used material in civil construction due to its capacity, applicability and versatility. Thus, it is of fundamental importance to achieve the main properties of this element, which is durability and resistance. However, it is observed in practice the negligence in the concrete curing process. This work consists of a theoretical and experimental research on the influence of the curing method on the compressive strength of concrete. The concrete was dosed to obtain a characteristic compressive strength of 29.8 MPa, with the following curing methods: immersion curing, outdoor curing, wet chamber curing and spray curing twice a day. The performance of the specimens for each established curing method was analyzed, and the highest average strength obtained was obtained from the specimens cured by immersion, reaching an average compressive strength (*f<sub>cm</sub>*) of 35.40 MPa. The cured specimens cured in a humid chamber obtained an average resistance of 33, 82 MPa, followed by spray curing twice a day, with an average resistance of 32.87 MPa, and finally the cure in the open air, with an average of 30.95 MPa. In addition, the research shows that the procedure suggested by the norm for molding the specimens is inefficient in terms of maintaining a good compactness of the concrete mass, which caused the specimens, in general, sets of voids, causing high levels of standard deviations.

**Keywords:** Concrete, Curing, Compressive strength, Voids.

## 1. Introdução

Atualmente, o concreto é o material mais importante utilizado na construção civil, sendo comumente utilizado para diferentes fins e com diferentes traços e métodos de confecção. Possuidor de um uso amplamente difundido é possível que seja utilizado nas obras sem o devido cuidado técnico, tanto em relação ao traço mensurado como em relação aos métodos de execução.

As propriedades do material tem como características a alta resistência à compressão, durabilidade, umidade e ser um material de boa trabalhabilidade, sendo assim, um dos fatores que podem influenciar nessas características é a cura.

O processo de cura do concreto deve ser realizado a fim de evitar a retração (redução de volume que ocorre na massa de concreto) e mantê-lo devidamente hidratado, fator este, determinante

para que ocorram as reações químicas na pasta de cimento, permitindo o ganho na resistência mecânica e na durabilidade (Valin Jr. e Figueira, 2013).

O processo de cura possui fundamental importância para que se possa atingir uma resistência satisfatória do elemento de concreto, visto que o processo para realização da cura evita que ocorra uma evaporação indesejável e antecipada da água necessária para devida hidratação do cimento (Neville, 2016).

A umidade do concreto durante o processo de cura, tem como finalidade evitar a formação de patologias, tais como fissuras na superfície do material, provocadas pelo efeito de evaporação da água presente da peça concretada, aumentando assim sua vida útil, evitando gastos futuros com manutenção e ajustes (Valin Jr. e Figueira, 2013).

O período de tempo no qual a cura é realizada é fator determinante para a qualidade, durabilidade do concreto e no custo de uma obra, caso o processo de cura não seja devidamente finalizado, a resistência e durabilidade podem ser prejudicadas. Todavia, em casos de cura excessiva poderá ocorrer uma degradação do elemento estrutural, acarretando em elevação dos custos e retardos na finalização da obra em questão (Neville e Brooks, 2013).

## 1.1 Considerações iniciais sobre o tema

Sabe-se que, devido a cultura nos canteiros de obra do Brasil, o processo de cura do concreto não possui um adequado controle, sendo em grande maioria das vezes interrompido antes de ocorrer a máxima hidratação da peça concretada. Essa casualidade ocorre muitas vezes pela falta de treinamento dos colaboradores da obra ou pelos prazos que implicam dar continuidade a etapas seguintes da construção.

Visando a importância do desenvolvimento e sobre o controle tecnológico do concreto com vistas a resistência mecânica, objetiva-se neste trabalho avaliar a interferência da cura na resistência à compressão. Pretende-se verificar entre os quatro métodos utilizados, sendo eles, cura por imersão, cura ao ar livre, cura em câmara úmida e a cura por aspersão duas vezes ao dia, o que oferece um melhor desempenho ao concreto.

Dessa maneira, a presente pesquisa além de avaliar os métodos de cura mencionados, se atenta a eficiência dos resultados provenientes do método de cura submetidos a aspersão duas vezes ao dia, uma vez que, este é o método mais comumente utilizado nos canteiros de obras.

Os corpos de prova foram ensaiados após 28 dias submetidos aos respectivos métodos de cura. Este período (vinte e oito dias), é o tempo necessário para que as reações de endurecimento do concreto estejam completa, conforme (Neville e Brooks, 2013). Na sequência, procedeu-se uma análise estatística dos resultados obtidos, em seguida, foi feita uma consideração racional dos motivos que levaram a ter os resultados obtidos de resistência à compressão.

## 1.2. Síntese bibliográfica

### 1.2.1. O Concreto

O concreto é um material composto pelo resultado da aglomeração dos agregados graúdos e

miúdos, em geral, areia e brita, sendo a água e o cimento os materiais associativos (Sobral, 2000).

O cimento, em âmbito geral, é definido como um material que possui propriedades adesivas e coesivas quando misturado em água, que por sua vez, são capazes de unir fragmentos minerais na forma de unidade compacta (Neville, 2016).

De acordo com o Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, depois da água o concreto é o material mais consumido em todo mundo. O concreto possui características específicas tais como: alta durabilidade, resistência, plasticidade, versatilidade dentre outros atributos que o tornam imprescindível na construção. O Brasil foi um grande contribuinte positivo na estatística de consumo deste material em 2019, chegando a quantia de 35,9 milhões de toneladas ao ano, de acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (Snic).

Existem basicamente duas razões para o uso tão amplo do concreto na construção civil em comparação com outros materiais. Uma das primeiras hipóteses é sua resistência ao meio aquoso, diferente do aço e da madeira, o concreto pouco se danifica em contato com a água. O segundo pretexto é a sua plasticidade, que permite moldar construções das formas mais variadas possíveis (Pedroso, 2009). Além disso, outra razão fundamental para o grande uso do concreto, é o baixo custo financeiro em relação aos outros materiais utilizados em estruturas, tais como a madeira e o metal (Mehta e Monteiro, 2008).

### 1.2.2. Componentes básicos do concreto

Os agregados (graúdos e miúdos), cimento e água são componentes classificados como básicos para o concreto. Estes elementos podem ser denominados como composto de concreto hidráulico conforme (Petrucci, 1998). O concreto avaliado neste trabalho será composto por cimento Portland, pedra britada, areia e água, de acordo com os autores mencionados.

#### 1.2.2.1. Dimensões dos agregados

As dimensões das partículas utilizadas como agregado miúdo ou graúdo, são classificadas de acordo com seu  $\phi$  (diâmetro equivalente).

De maneira objetiva, os agregados miúdos podem ser classificados de acordo com o seu módulo de finura, variando conforme a Tabela (1):

Tabela 1 – Módulo de finura dos agregados miúdos (Ambrozewicz, 2012).

Agregado Miúdo		
Areia grossa	Areia média	Areia fina
MF > 3,9mm	3,90mm > MF > 2,40mm	MF < 2,40mm

Os agregados classificados como grãos possuem cinco limites granulométricos, como demonstrado na Tabela (2):

Tabela 2 – Limites granulométricos dos agregados grãos. (Ambrozewicz, 2012).

Agregado Grão	
Brita 0	4,8 mm a 9,5 mm
Brita 1	9,5 mm a 19 mm
Brita 2	19 mm a 25 mm
Brita 3	25 mm a 38 mm
Brita 4	38 mm a 76 mm

### 1.2.2.2. Material Pulverulento

O material pulverulento que se encontra nas areias naturais possuem origem argilosa que por sua vez prejudicam a resistência mecânica, já a areia proveniente de britagem tem a mesma composição da rocha de onde a originou. Dessa maneira, de acordo com a NBR 7211:2009 – Especificações: Agregados para concreto, a quantidade de material pulverulento permitido para areia de britagem é maior do que para areia natural, seja em concreto submetido a desgaste superficial ou não.

Os materiais pulverulentos que, dentro de certos limites, podem contribuir ao concreto uma maior trabalhabilidade ao preencher os vazios da pasta de cimento e água. Já por outro lado, quando em quantidades elevadas, se torna prejudicial à qualidade do concreto. Isto ocorre, devido o material pulverulento formar uma película envolvendo cada grão, impedindo assim a aderência da pasta de cimento aos agregados e aumentando a necessidade de água para se manter uma mesma trabalhabilidade. Uma maneira de minimizar ou até mesmo eliminar esse prejuízo e torná-la adequada para utilização é submeter a areia em um processo de lavagem (Cabral, 2007).

Não existe restrições ao uso de agregados com a presença de materiais pulverulentos, desde que não haja atividade química. No entanto, a quantidade presente de material pulverulento na massa total do agregado deve ser controlada, porque, devido a finura do material, requer uma maior quantidade de água para a mesma característica de concreto (Neville e Brooks, 2013).

Importantes propriedades a respeito do concreto apresentam melhorias quando há a presença de materiais pulverulentos, sendo possível citar a resistência à compressão, contração, trabalhabilidade, permeabilidade e resistência à abrasão. Além disso, há casos em que houve até diminuição do consumo de cimento (Vieiro, 2010).

Quando o material pulverulento reveste as partículas, é impedido que sobre estas ocorra uma cristalização regular e homogênea dos compostos do cimento, reduzindo dessa maneira a resistência à compressão uniaxial do concreto em aproximadamente 20 a 30% (Frazão et al., 2007).

### 1.2.3. Relação Água/Cimento

Para a obtenção de um concreto impermeável é necessário que a relação água/cimento adotada seja baixa (Bauer, 2016).

De acordo com a NBR 6118:2014 - Procedimento: Projetos de estruturas de concreto, deve ser evitado a evaporação da água presente no traço mensurado, para que este fator não influencie na relação água/cimento.

A reação entre cimento e água está relacionada à sua resistência, uma vez que, quanto maior o fator água/cimento menor será sua resistência, portanto, o fator é inversamente proporcional à resistência da pasta cimentícia (Mehta e Monteiro, 1994).

Há uma relação direta entre a resistência do concreto e a relação água/cimento que é utilizado para a confecção do mesmo (Petrucci, 1998).

### 1.2.4. Importância da cura na resistência à compressão

A resistência mecânica do concreto é considerada como a principal propriedade para o controle de qualidade do material conforme (Mehta e Monteiro, 2008).

Os cuidados, no que diz respeito a cura do concreto, são diretamente proporcionais ao desempenho mecânico e sua resistência aos agentes do meio ambiente. Além disso, uma cura adequada proporciona uma redução de custos em relação à manutenção e provoca uma menor geração de resíduos (Ribeiro et al, 2014).

Normalmente, a resistência à compressão é considerada a propriedade mais importante do concreto. Entretanto, em alguns casos de aplicações, outras características, como por exemplo a

durabilidade e permeabilidade, sejam de fato mais relevantes (Neville, 2016).

### 1.2.5. Interferência do ambiente na cura do concreto

O local da obra influencia em sua cura, uma vez que a umidade do ar e a temperatura são fatores que determinam se a resistência atenderá as exigências do projeto (Valin Jr. et al., 2016).

Antes do início de uma obra é necessário observar o clima, com o intuito de determinar o processo de cura adequado para a região na qual a mesma será realizada. Como a umidade, o clima influencia diretamente no processo químico na pasta do cimento, ou seja, na durabilidade e resistência do concreto (Valin Jr. et al., 2016).

Para que se possa obter um bom concreto, o lançamento de uma mistura ideal deve ser sucedida a uma cura em ambiente apropriado durante as primeiras etapas do endurecimento (Neville, 2016).

O calor pode ser vantajoso por acelerar as reações químicas ligadas a cura, contudo é necessário uma alta umidade relativa. Já o frio, elevadas temperaturas, baixa umidade e ações do vento podem ser fatores que prejudique a qualidade do concreto (Valin Jr e Figueira Jr, 2013).

A temperatura durante o processo de cura influencia diretamente na resistência a compressão do concreto. Inicialmente o desempenho da peça é alto, contudo ao analisar o resultado dos corpos de prova aos 28 (vinte e oito) dias, tempo necessário para que as reações de endurecimento do concreto esteja completa, os valores encontrados não são satisfatórios, isto ocorre, pois as peças obtém um ganho da resistência mecânica não uniforme devido algumas partes do concreto se encontrarem com um alto grau de vulnerabilidade (Neville e Books, 2013).

### 1.2.6. Tempo de cura

O processo de cura deve ser iniciado quando o concreto perde o brilho, ou seja, ocorre a evaporação da camada exsudada ou logo após o adensamento para situações de alta evaporação. Em concretos com baixa relação água/cimento e em casos que tem misturas de redutor de água, é orientado que a cura dure sete dias, e para maiores estruturas podendo ser estendida até quatorze dias se houver adições (Vaz e Silva, 2016).

Quanto maior for o tempo de cura e melhor for a realização da mesma, a obtenção de um concreto de qualidade será mais facilmente alcançado (Bauer, 2016).

Há vários benefícios relacionados ao tempo e outros métodos segundo (Petrucci, 1998):

- A cura úmida melhora as características finais;
- Recupera-se parte da resistência perdida pelo abandono da cura somente com sua retomada, mais facilmente quanto mais cedo for feita;
- Aos 28 dias, idade de referência, existe um acréscimo de cerca de 40% na resistência entre a cura ao ar e a cura úmida.

A cura deve ser iniciada o mais rápido possível, pois é sabido que uma secagem inadequada leva o concreto ao surgimento de patologias, como retração e fissuração (Neville e Brooks, 2013).

Além disso, a norma NBR 5738:2016 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, salienta que a cura do concreto é um procedimento que possui finalidade de promover a hidratação do cimento, baseando em manter o controle da temperatura e condições de umidade necessárias e satisfatória à peça concretada.

### 1.2.7. Procedimentos de cura

#### 1.2.7.1. Cura por imersão

O procedimento de imersão, é o mais eficaz, contudo só é utilizada em algumas estruturas, nas quais é possível formar piscina sobre toda a sua superfície do elemento estrutural. É utilizada geralmente em lajes e pisos (Vaz e Silva, 2016).

A cura com água deve ser contínua, ou seja, de preferência por imersão e durar pelo menos 7 (sete) dias, embora seja preferível chegar aos 28 (vinte e oito) dias (Valin Jr. e Figueira Jr., 2013).

A cura por imersão do concreto é sem dúvida o método ideal, pelo fato de não permitir a perda de água para o meio externo, porém sua aplicação é de difícil aplicabilidade e restrita, além de ser pouco prática, sendo seu maior uso em lajes de pavimentos (Bauer, 2016).

A cura por imersão é de suma importância para o concreto, pois evita a desidratação nas idades iniciais que é responsável pelo processo de pega e endurecimento do concreto (Ribeiro et al., 2014).

### 1.2.7.2. Cura ao ar livre

Em relação ao controle tecnológico de cura do concreto, uma peça concretada sem nenhum método de cura, ou seja, expostas ao intemperismo, possuirá uma menor durabilidade e resistência indesejável (Valin Jr. et al., 2016).

Neste método, não é adotado os cuidados necessários para evitar a secagem prematura do concreto, as peças são mantidas nas fôrmas e depois desmoldadas sem nenhuma preocupação com os agentes externos (Bardella et al., 2005).

Quando a água é perdida por meio da evaporação, a resistência não aumenta com o tempo, ocorrendo assim a denominada cura ao ar (Neville e Brooks, 2013).

A localização da obra influencia de forma direta no processo de cura, conforme (Ribeiro, Gomes e Valin Jr., 2014).

Cidades que possuem baixas umidades, caracterizadas por umidades relativas abaixo de 40%, tem sua cura extremamente prejudicadas, pois, durante a mesma, não se encontram permanentemente na presença de água (Valin Jr. et al., 2016).

### 1.2.7.3. Cura em câmara úmida

A NBR 5738:2016 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, estabelece que a cura do concreto realizada em câmara úmida, deve propiciar ao concreto condições favoráveis para o processo de cura, sendo elas, temperatura de  $(23 \pm 2)$  °C e umidade relativa do ar superior a 95%, e evitar que o mesmo se encontre exposto ao intemperismo.

### 1.2.7.4. Cura por aspersão

O método de aspersão é definido como o mais simples e usual nos canteiros de obras devido a facilidade de realização. Este consiste em irrigação da superfície do elemento estrutural exposta ou a aspersão em determinados intervalos de tempo, é necessário evitar a secagem profunda, para que o concreto desenvolva a resistência desejada (Bauer, 2016).

## 2. Metodologia

Para realização do experimento será feita a produção do traço convencional, no qual serão

moldados 20 corpos de prova que possuem dimensões cilíndricas, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Para cada tipo de cura serão atribuídos 5 corpos de prova, pois acredita-se ser uma quantidade suficiente para se obter uma média de dados. Os corpos de prova serão divididos em 4 grupos, todos submetidos a um tempo de cura de 28 dias, sendo que cada grupo destinado a um tipo de cura diferente: cura em câmara úmida, submersa em água, cura por aspersão periódica e a cura exposta ao ar livre. Como demonstrado na Figura (1).

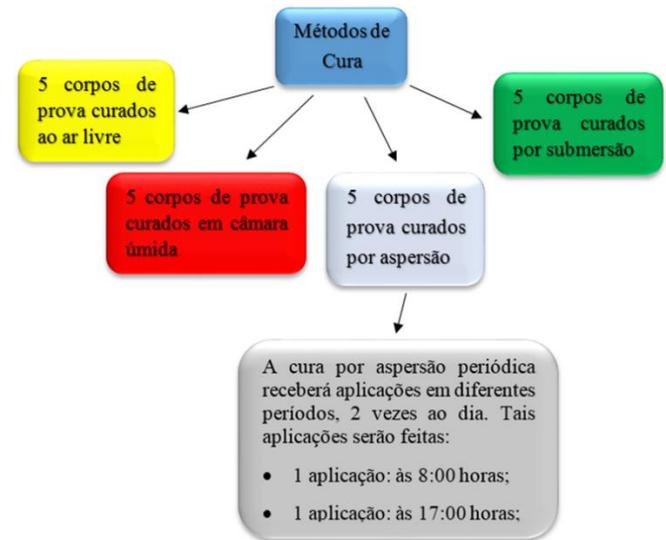


Figura 1 – Esquema dos métodos de cura.

Ao término do período de cura, aos 28 dias, os CPs serão rompidos, o que possibilitará um comparativo das resistências.

### 2.1. Definição do traço

O sistema construtivo comumente utilizado nas construções de pequeno porte na região de Curvelo-MG, não se utiliza um controle de dosagem tão rigoroso e metódico como previsto em normas. Os concretos feitos em grande parte das construções são oriundos da tradição construtiva do local, não possuindo base técnica e muito menos preocupação em atender às prescrições normativas.

O concreto será dosado para 29,8 MPa, através do método de dosagem tabelado “Calculador Caldas Branco” (Tabela 3), que nos oferece a dosagem pelo peso dos agregados. Abílio de Azevedo Caldas Branco foi um pioneiro na organização da fabricação do concreto nas obras no Rio de Janeiro da década de 70 (setenta), autor da monografia “12 traços em sequência”.

Tabela 3 – Tabela de dosagem (adaptado de Branco, 1974).

TRAÇO EM “PÊSO” CORRESPONDENTES (CIMENTO:AREIA: BRITA) 1:	CONSUMO POR m <sup>3</sup> DE CONCRETO FRESCO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PROVÁVEIS (kg/cm <sup>2</sup> )	Nº DE ORDEM NO PROGRAMA DE ESTUDOS
	CIMENTO (kg)	28 dias	
1,08 : 1,98	514	400	TRAÇO Nº 1
1,63 : 2,94	387	350	TRAÇO Nº 2
2,17 : 2,44	374	298	TRAÇO Nº 3
2,17 : 2,94	344	254	TRAÇO Nº 4
2,71 : 2,94	319	228	TRAÇO Nº 5
2,17 : 3,92	297	210	TRAÇO Nº 6
2,71 : 3,42	293	195	TRAÇO Nº 7
2,71 : 3,22	276	185	TRAÇO Nº 8
2,71 : 4,89	246	157	TRAÇO Nº 9
3,25 : 4,89	229	124	TRAÇO Nº 10
3,25 : 5,87	208	100	TRAÇO Nº 11
4,34 : 7,83	161	NÃO	TRAÇO Nº 12

Os traços que são divulgados pela Tabela (3), são traços de concretos pré-ensaiados em laboratório, com grande número de ensaios. Para cada traço, eram previamente realizados ensaios de compressão em corpos de prova cilíndricos 15cm x 30cm.

Para o cálculo do traço que será utilizado nesta pesquisa, de acordo com a Tabela (3), o traço para 29,8 MPa corresponde ao traço nº 3. A tabela fornece uma dosagem em peso, da seguinte proporção 1:2,17:2,44 (cimento: areia: brita). Com isso, temos que o cimento, os agregados e a água serão medidos em massa.

## 2.2. Produção do traço

A produção de concreto ocorrerá no Laboratório de Tecnologias da Construção do CEFET-MG, localizado no campos da cidade de Curvelo-MG. O laboratório possui toda infraestrutura, aparelhagem e materiais necessários para a confecção do concreto. Além disso, o laboratório conta com todos os equipamentos normalizados para a moldagem, cura e rompimento dos corpos de prova.

## 2.3. Disposição dos agregados

Para produzir o concreto foi utilizado uma betoneira com capacidade para 120 litros, e os materiais foram dispostos na betoneira na seguinte

ordem: agregado graúdo, metade da água, deixando a betoneira em funcionamento por 1 (um) minuto, na sequência, acrescentou-se o restante dos materiais, sendo eles: o cimento, o agregado miúdo e o restante da água, deixando a betoneira em funcionamento por 5 (cinco) minutos. Como resultado, foi obtido o concreto como demonstrado na Figura (2).



Figura 2 - Concreto confeccionado.

## 2.4. Abatimento do tronco de cone

Para o concreto no estado fresco foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone, segundo a ABNT NBR NM 67:1998 Concreto –

Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone.

## 2.5. Moldagem dos Corpos de Prova

Foram moldados os corpos de prova para que, em seguida, predestinadas às curas estabelecidas. A moldagem foi realizada de forma manual de acordo com a ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Foram moldados 20 corpos de prova, como representados na Figura (3).



Figura 3 – Moldagem dos corpos de prova.

O processo de moldagem foi realizado lançando o concreto em 2 camadas dentro dos moldes metálicos, sendo aplicados 12 golpes de uma haste padrão sobre cada uma das camadas. Em seguida, é realizado o arrasamento da superfície superior, visando o nivelamento da massa. Decorridos 24 horas, os corpos de prova foram desformados e conduzidos aos procedimentos de cura.

## 2.6. Cura dos corpos de prova

No primeiro dia a cura dos corpos de prova ocorreu conforme previsto nas orientações da ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, sendo estes devidamente armazenados e protegidos até a sua desforma, em seguida os corpos de prova foram devidamente encaminhados às suas respectivas curas, conforme demonstrado nas Figuras (4), (5), (6) e (7):



Figura 4 – Cura por imersão.



Figura 5 – Cura ao ar livre.



Figura 6 – Cura em câmara úmida.



Figura 7 – Cura por aspersão.

## 2.7. Retífica dos corpos de prova

Para que os esforços sejam aplicados de forma uniforme na superfície dos corpos de prova, foi realizado a retífica normalizada para a regularização das superfícies dos corpos de prova, através do maquinário conforme ilustra a Figura (8). Esse processo garante ao corpo de prova uma superfície lisa e perpendicular a seu eixo longitudinal.

O processo de retificação opera em apenas um corpo de prova por vez, em apenas um lado por vez. Caso realizada de forma descuidada, pode comprometer o paralelismo entre as superfícies e conseqüentemente, prejudicar a distribuição dos esforços aplicadas aos corpos de prova.



Figura 8 – Máquina de retífica.

## 2.8. Rompimento dos corpos de prova

Os ensaios de compressão axial decorreram conforme o estabelecido pela NBR 5739:2018 - Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, na idade de 28 dias, sendo realizados no Laboratório de Tecnologias da Construção do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, campos Curvelo, através do maquinário demonstrado na Figura (9).



Figura 9 – Maquinário utilizado para rompimento dos corpos de prova.

Sendo que a resistência à compressão é dada por:

$$f_c = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2} \quad (1)$$

Em que:

$f_c$  = Resistência a compressão (MPa)

F = A força máxima obtida (kN)

D = O diâmetro do corpo-de-prova (mm).

## 3. Coleta de Dados

### 3.1. Caracterização Tecnológica do Cimento

O cimento Portland utilizado foi o cimento CP V – ARI da marca “Campeão” (Figura 10). O cimento de alta resistência inicial (ARI) em geral possui maior nível de desempenho quanto à resistência, especialmente nos primeiros dias, em relação aos demais tipos de cimento Portland, devido sua menor finura e grandes teores de silicato tricálcico ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ). Possui, também, boa coesão em concretos auto adensáveis, altos níveis de abatimento e é um cimento que não possui adições em sua composição.

Já finura do cimento Portland (Figura 11) obtida foi de 3,88%. Como este valor é menor que 6%, o cimento está dentro dos limites de aceitação segundo a ABNT NBR 11579:2013 – Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$ .

### 3.2. Caracterização dos agregados

Como agregado miúdo, será utilizada areia correntemente utilizada em concretos da região, que comumente é classificada como uma areia média (Figura 12), quartzosa, proveniente do rio Paraúna.

A areia utilizada será submetida ao processo de secagem em estufa com temperatura entre 105°C e 110°C segunda o NBR 7215:2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, durante um período de 24 horas, evitando que a umidade da areia influencie na relação a/c do traço a ser utilizado.



Figura 10 – Cimento utilizado para confecção dos corpos de prova.



Figura 11 – Ensaio de finura do cimento.



Figura 12 – Agregado miúdo.

Para o agregado graúdo, será utilizada a brita correntemente utilizada em concretos da região, que comumente é classificada como brita 1, de origem granítica lavada em água corrente em temperatura ambiente e seca em estufa a temperatura de 100°C até que a massa se tornasse constante (Figura 13).



Figura 13 – Agregado graúdo.

O ensaio granulométrico para os agregados foi realizado utilizando as peneiras da série normal, por meio de um agitador mecânico, apresentado na Figura (14).

Os agregados apresentaram granulometrias conforme apresentadas nas Tabelas (4) e (5).



Figura 14 – Ensaio granulométrico dos agregados.

Tabela 4 – Granulometria da Areia.

Série Normal (mm)	% Retido	% Acumulado
19	0,00	0,00
9,5	0,00	0,00
4,75	1,14	1,14
2,36	2,33	3,47
1,18	15,17	18,64
0,6	17,90	36,54
0,3	16,98	53,51
0,15	22,42	75,93
FUNDO	24,07	100
<b>Dimensão Máxima Característica (mm) =</b>		2,36
<b>Módulo de Finura =</b>		1,90

Tabela 5 – Granulometria da Brita.

Série Normal (mm)	% Retido	% Acumulado
19	1,84	1,84
12,5	0,00	1,84
9,5	82,44	84,29
4,75	15,45	99,73
2,36	0,24	99,97
1,18	0,03	100
0,6	0,00	100
0,3	0,00	100
0,15	0,00	100
FUNDO	0,00	100
<b>Dimensão Máxima Característica (mm) =</b>		12,5
<b>Módulo de Finura =</b>		6,86

O agregado miúdo apresentou 63,47% de fração fina, 35,39% de fração média e 1,14% de fração grossa, portanto, diferentemente do conhecimento regional que classificam esta areia como média, pode ser classificada preponderantemente como uma areia fina. Já o agregado graúdo pode ser classificado como brita 0, pois apresentou 99% de sua fração caracterizada como tal, apenas 1,84% considerada como brita 1 e apenas 0,03% de pó de pedra, conforme (Ambrozewicz, 2012).

Os percentuais de material passante nas peneiras é apresentado no Figura (16), construído a partir da Tabela (6).

Tabela 6 – Granulometria dos agregados.

Diâmetro dos Grãos (mm)	Percentual que passa	
	Areia	Brita 0
19,00	100%	100%
9,50	100%	17,56%
4,75	98,86%	0,27%
2,36	96,53%	0,03%
1,18	81,36%	0,00%
0,60	63,46%	0,00%
0,30	46,48%	0,00%
0,15	24,06%	0,00%
FUNDO	0,00%	0,00%

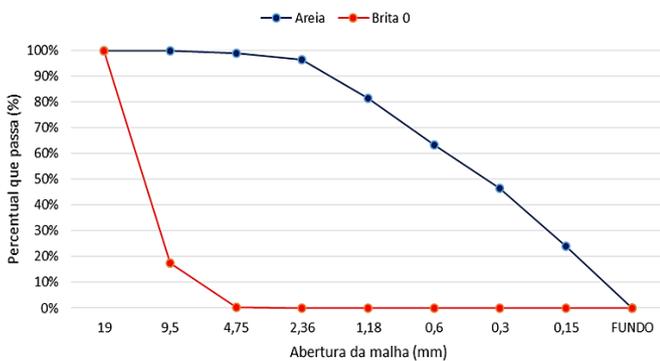


Figura 16 – Resultado do ensaio granulométrico dos agregados.

A distribuição granulométrica da areia apresentou-se dentro da faixa de utilização estabelecida pela ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto – Especificação, com aproximadamente 15% de material retido dentro da faixa ótima e aproximadamente 60% de material retido dentro da faixa utilizável (Figura 17).

O grau de material Pulverulento da areia obtido foi de 5,5%. Este valor é maior do que 5%, excedendo de forma sutil os limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material, conforme a NBR 7211:2009 – Especificações – Agregados para Concreto.

### 3.3. Água

A água que será utilizada tanto para a realização da moldagem dos corpos de prova quanto para a cura dos corpos de prova, é proveniente do poço artesiano do campos, CEFET-MG/Curvelo.

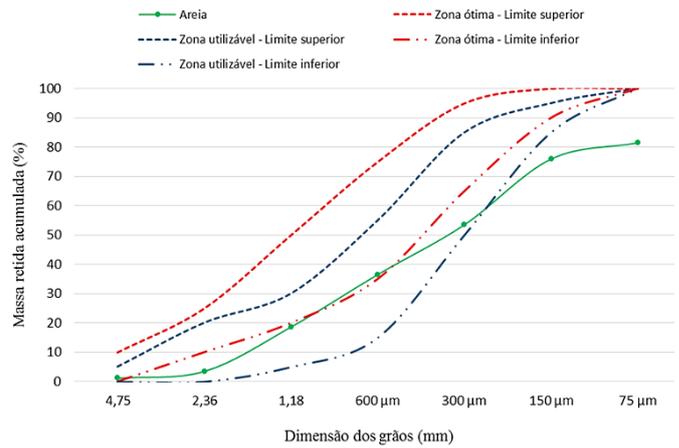


Figura 17 – Distribuição Granulométrica da areia e faixas de utilização.

### 3.4. Dosagem do Traço de concreto

Para o cálculo do traço de concreto que será utilizado, como dito no tópico 4.3.1, utilizaremos o método de dosagem tabelado “Calculador Caldas Branco”. Este método fornece os elementos em peso para 1 (um) metro cúbico de concreto, e a partir desses dados faremos a proporção necessária para 20 (vinte) corpos de prova com uma margem de erro do quantitativo de 15% de acréscimo. Desta maneira temos:

Volume de um Corpo de prova:

$$V_c = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h \quad (2)$$

$$V_c = \pi \cdot \frac{0,1^2}{4} \cdot 0,2 = 0,001570796 \text{ m}^3$$

$$V(\text{total}) = 5 \text{ CPs} \cdot 4 \text{ Tipos de cura} \cdot 1,15 \text{ (coeficiente de acréscimo)} = 0,0361283 \text{ m}^3 \text{ ou } 36,1283 \text{ L}$$

De acordo com a tabela de caldas branco, para um metro cúbico de concreto teremos o seguinte quantitativo:

- Cimento = 374 kg
- Areia = 528 L
- Água = 206 kg
- Brita = 330 L

Porém, a tabela fornece um proporção do traço em peso, sendo ela: (1 : 2,17 ; 2,44) → (Cimento: Areia: Brita).

Então, temos em peso:

- Cimento = 374 kg
- Areia = 374 · 2,17 = 811,58 kg

- Água = 206 kg
- Brita =  $330 \cdot 2,44 = 912,56$  kg

Se para um metro cúbico temos o quantitativo a cima, para 0,0361283 metros cúbicos, teremos:

- Cimento =  $374 \cdot 0,0361283 = 13,5120$  kg
- Areia =  $374 \cdot 2,17 = 811,58 \cdot 0,0361283 = 29,3210$  kg
- Água =  $206 \cdot 0,0361283 = 7,4424$  kg
- Brita =  $330 \cdot 2,44 = 912,56 \cdot 0,0361283 = 32,9692$  kg

A quantidade de cada material utilizado para a produção do concreto, é apresentada conforme a Tabela (7):

Tabela 7 – Traço utilizado.

Materiais			
Cimento	Areia	Brita	Água
13,5120 kg	29,3210 kg	32,9692 kg	7,4424 kg

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Ensaio de consistência – Abatimento do tronco de Cone

Após o preparo do concreto na betoneira, retirou-se uma amostra para a realização do abatimento do tronco de cone (slump test). O ensaio seguiu o método estabelecido pela ABNT NBR NM 67:1998 Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone (Slump Test), com resultado de aproximadamente 10 cm. Este resultado está dentro do estabelecido pela norma. A Figura (18), ilustra a realização do ensaio.



Figura 158 – Abatimento do tronco de cone.

### 4.2. Resultados do Ensaio mecânico à compressão

Para análise dos resultados, para cada método de cura adotado, será descartado um corpo de prova,

sendo avaliado a média de 4 (quatro) corpos de prova por método de cura. O motivo deste descarte se baseia no fato que houve conjunto de vazios em todos os lotes de cura (Figura 19), fornecendo assim, sempre um resultado às margens dos demais. Dessa maneira, para evitar que se tenha elevada dispersão de dados e uma possível dissimulação das conclusões, será excluído o pior corpo de prova de cada lote.



Figura 169 – Conjunto de vazios nos corpos de prova.

Vale ressaltar que para moldagem dos corpos de prova foi seguido rigorosamente as prescrições da ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, que garante o lançamento do concreto em 2 camadas dentro dos moldes metálicos, sendo aplicados 12 golpes de uma haste padrão sobre cada uma das camadas.

A cura por imersão, que também será denominada como C1 (Método de cura 1), obteve uma média de  $(35,40 \pm 4,98)$  MPa, conforme demonstrado no Figura (20).

O primeiro lote analisado (cura por imersão) em relação a resistência à compressão, apresentou valor superior ao ser comparado com os demais métodos de cura. Contudo, foi apresentado um alto desvio padrão, com aproximadamente 4,98, o que demonstra que os dados obtidos dos corpos de prova tendem a estar levemente distantes da média ou do valor esperado.

A principal causa de se obter um desvio padrão elevado, é o fator compactação do concreto nos moldes cilíndricos, que conforme norma, não foi o suficiente para manter todos os corpos de

prova devidamente compactados, como fora demonstrados alguns casos na Figura (19). Além disso, o processo de moldagem está sujeito a variações de forças e alcance dos golpes aplicados, o que pode ser o causador de formação de vazios nos corpos concretados. Desta maneira, acredita-se que tal variação dos valores encontrados e seu respectivo desvio padrão elevado, se obtém devido a insuficiência sugerida por norma.

Outra possível causa de se obter um desvio padrão elevado é a água utilizada para imersão, uma vez que esta é uma água proveniente de poço artesiano (uma água bruta), ou seja, desprovida de qualquer tipo de tratamento, desta maneira, suas impurezas podem influenciar nas reações químicas que ocorrem no processo de cura.

O Figura (21) apresenta o resultado do lote cuja cura foi realizada em câmara úmida, também denominado como C2 (Método de cura 2). Neste lote, obteve-se o melhor desvio padrão dos métodos de cura analisados nesta pesquisa. Além disso, obteve-se uma média de resistência à compressão muito boa, de  $(33,82 \pm 0,88)$  MPa.

Acredita-se que a média satisfatória e o baixo desvio padrão se obteve devido ao fato que câmara úmida possui um sistema de isolamento térmico e de umidade adequados, propiciando um ambiente úmido, evitando que os corpos de prova percam água para o meio externo e se retraiam, permitindo assim que suas reações químicas de endurecimento ocorram de forma eficiente.

Já o Figura (22) representa o processo de cura por aspersão periódica, também denominada como C3 (Método de cura 3). Este lote apresentou um desvio padrão aceitável, com resistência média de  $(32,87 \pm 1,52)$  MPa.

Dentre os resultados obtidos nos ensaios, este lote apresentou resistência média (32,87 MPa) próxima ao lote que possui o método de cura ideal, a cura por imersão (35,40 MPa). Desta maneira, a cura por aspersão, que simula o hábito cultural nos canteiros de obras, atingiu uma resistência média à compressão satisfatória de 32,87 MPa. Desta maneira, pode-se afirmar que tal hábito não é comprometedor no que diz respeito a preservação da resistência característica a compressão do concreto.

No Figura (23) é apresentado os resultados obtidos para os corpos de prova sem nenhum tipo de cura (cura ao ar livre), também denominado como C4 (Método de cura 4).

Os corpos de prova nos quais não se utilizaram nenhum método específico de cura, obtiveram a menor resistência à compressão e o maior desvio padrão entre os métodos analisados nesta pesquisa ( $30,95 \pm 4,71$ ) MPa.

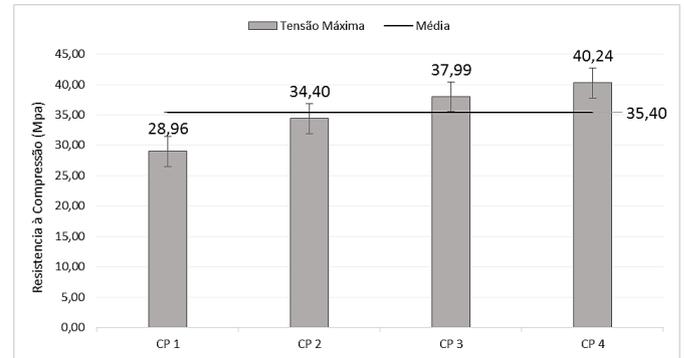


Figura 20 – Cura por imersão.

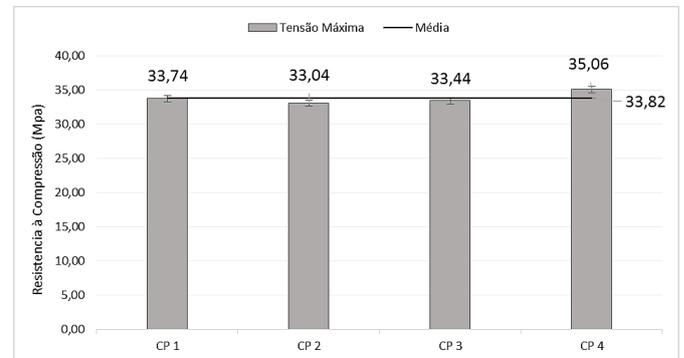


Figura 21 – Cura em câmara úmida.

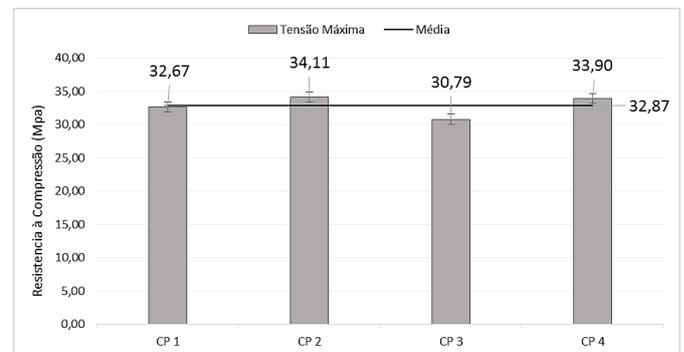


Figura 22 – Cura por aspersão.

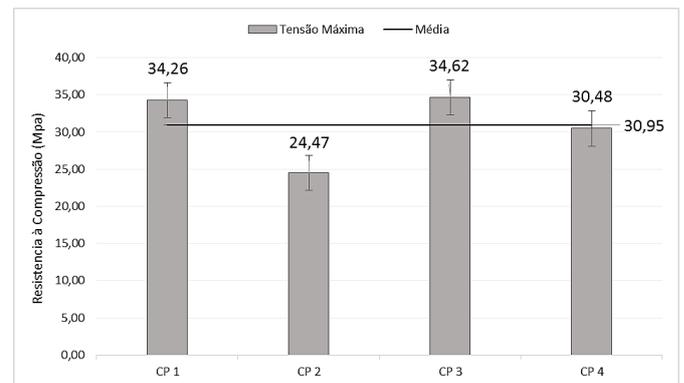


Figura 23 – Cura ao ar livre.

Devido ao fato de se obter um alto desvio padrão, o provável causador desta falta de regularidade presente nos corpos de prova é o fator compactação do concreto nos moldes cilíndricos, podendo haver variações de forças e alcance dos golpes aplicados. Além disso, o método utilizado para cura proporciona possíveis influências no processo, uma vez que a umidade relativa do ar varia de acordo com o horário, sendo o fator de desidratação, de grande importância para realização das propriedades químicas que a cura necessita.

Por fim, dentre os resultados obtidos, de modo geral, o lote cujo método de cura foi realizado por imersão, como previsto, atingiu os melhores resultados, com um média de resistência de 35,40 MPa, o que corresponde a 18% acima da resistência prevista (29,8 MPa). O segundo método de cura que se mostrou mais eficiente foi o método cura realizado em câmara úmida, atingindo uma resistência média de 33,82 MPa, correspondente a 12,70% acima da resistência prevista para o traço mensurado. Já o lote cujo método adotado foi a cura por aspersão apresentou o terceiro melhor desempenho, com uma média de 32,87 MPa, cerca de 9,57% superior ao previsto. E por fim, a cura exposta ao ar livre, apresentou o pior resultado entre todos os métodos analisados, com uma média de 30,95 MPa, apenas 3,16% acima da resistência esperada. A média de todos os resultados obtidos se apresentaram acima do resistência mensurado no cálculo do traço preestabelecido, acredito que esse coeficiente adicional na resistência seja natural e intencional da bibliografia tomada como referência, partindo do pressuposto que na dinâmica de uma obra convencional, sem nenhuma preocupação ou fiscalização do controle tecnológico do concreto, se faz necessário uma margem de segurança no que diz respeito a resistência esperada, pois, de modo prático e realista, sabemos que o controle da cura do concreto muitas vezes não se tem o devido domínio, atenção e rigor.

Vale ressaltar que dentre os resultados obtidos, um principal fator que possivelmente influenciou as diferentes resistências do concreto, são os poros (vazios ou aberturas) existentes no material. Para uma determinada solitação, a disposição de vazios ou “brocas” nos corpos moldados influenciou no comportamento mecânico do mesmo. Ao ser comprimida a trinca será selada (fechada), contudo, se a trinca estiver preenchida por água tende a escoar e se propagar, levando assim a ruptura do concreto. Outro fator importante e que

tem grande influência nos resultados e que não ocorre nos canteiros de obra é a lavagem da brita em água corrente, eliminando quase que por completo o material pulverulento que se encontra no mesmo. Vale ressaltar que Frazão *et al.* (2007) afirma que, quando o material pulverulento reveste as partículas, é impedido que sobre estas ocorra uma cristalização regular e homogênea dos compostos do cimento, reduzindo dessa maneira a resistência à compressão uniaxial do concreto em aproximadamente 20 a 30%.

Os resultados apresentados na Tabela (8) demonstram o resumo do programa experimental realizado.

Tabela 8 – Resumo do programa experimental

Metodologia	$f_c$ médio (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	CV (%)	Avaliação do Ensaio - NBR5739
(C1)	35,40	4,92	13,89	Nível - Deficiente
(C2)	33,82	0,88	2,60	Nível - Excelente
(C3)	32,87	1,52	4,62	Nível - Bom
(C4)	30,95	4,71	15,21	Nível - Deficiente

A cura realizada por imersão (C1), em que os corpos de prova se encontram 100% saturados, obteve-se uma resistência média à compressão ( $f_{cm}$ ) de 35,40 MPa, com desvio padrão (S) de 4,92 MPa. O mesmo ocorre com o grupo C4 (Cura ao ar livre), em que o valor de  $f_{cm}$  foi de 30,95 MPa e desvio padrão de 4,71 MPa. Já os coeficientes de variação (cve) dos respectivos métodos de cura, foram respectivamente de 13,89% e 15,21%. De acordo com a NBR 5739:2018 - Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, em seu anexo B, *Avaliação estatística de desempenho do ensaio*, coeficientes de variação acima de 6% é classificado como ensaio Nível 5, Condição Deficiente.

As causas para divergências encontrada em um mesmo grupo de ensaios de corpos de prova à compressão pode ser ocasionada por diversos motivos, dentre estes, destaca-se: variáveis inerentes à geometria, dimensões, ausência de planicidade e paralelismo do corpo de prova, de acordo com (Bezerra et al., 2008).

Para execução do ensaio de compressão, é de suma importância que as superfícies onde se aplicam as cargas, sejam planas, paralelas e lisas, de modo que o carregamento seja uniformemente distribuído. Junto a isso, como demonstrado na

Figura (19), temos que os critérios da norma para compactação e adensamento (ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova), não garantem uma homogeneidade eficiente da distribuição da massa consolidado, desta maneira, uma das possíveis justificativas para a dispersão dos resultados obtidos nos grupos foi uma eventual ineficiência da compactação somadas a retifica das bases e topos dos corpos-de-prova ensaiados, gerando assim, grande dispersão dos resultados.

Dentre os grupos ensaiados, os que forneceram resultados satisfatórios foram: o lote C2, cuja metodologia de cura consistia em submeter os CPs em câmara úmida (Figura 7) e o lote C3, que consistia em imergir os CPs em água duas vezes ao dia (Figura 8). A resistência média à compressão (fcm) do grupo C2 foi 33,82 MPa, desvio padrão (S) de 0,88 MPa e coeficiente de variação (cve) de 2,60%. Já resistência média à compressão do grupo C3 foi de 32,87 MPa, desvio padrão de 1,52 MPa e coeficiente de variação de 2,60%. De acordo com a NBR 5739:2018 - Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, o lote C2 apresenta ensaio de qualidade Nível 1, caracterizado com excelente, e o lote C3 ensaio de qualidade Nível 3, caracterizado como bom.

Por fim, obtemos o seguinte resumo, como demonstrado no Figura (24).

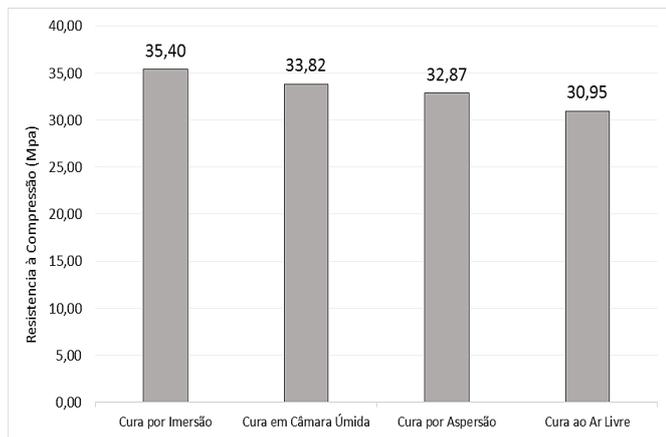


Figura 24 – Resumo das tensões médias de cada método de cura.

## 5. Conclusão

O concreto é um material que ao ser utilizado em obras está sujeito a intemperes, como a ação do vento, do sol e outros agentes que fustigam a perda de água do concreto. Nesse sentido, conforme foi visto na síntese bibliográfica, é necessária uma cura adequada para o concreto, caso contrário, conforme

apresentado nos resultados do trabalho, é comprovado a interferência negativa na resistência do concreto.

Como era previsto, verificou-se que os corpos de prova que obtiveram melhor desempenho eram provenientes do lote cujo método de cura aplicado era a imersão, com uma média de 35,40 MPa, deixando evidente que quanto menos água os corpos de prova perder durante seu processo de cura, melhor será seu desempenho. Por conseguinte, obtivemos como segundo melhor desempenho, o lote cujo método de cura empregado fora a cura em câmara úmida, com uma média de 33,82 MPa, resultado este, satisfatório pelas condições de umidade que a câmara fornece aos corpos de prova. Como terceiro melhor desempenho, temos a cura por aspersão, que obteve uma resistência média de 32,87 MPa, demonstrando um desempenho agradável, visto que este método é o mais corriqueiro nas construções interioranas do Brasil. Por fim e não surpreendente, o lote em que não se fez uso de nenhum tipo de cura, ou seja, a cura ao ar livre, obteve o pior resultado dentro os métodos estudados, com uma média de 30,95 MPa.

De acordo com resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível concluir que o método comumente utilizado nos canteiros de obras, ou seja, umedecer o corpo concretado duas vezes ao dia, é uma solução viável, econômica, de fácil realização e apresenta resultado de resistência à compressão satisfatório e interessante, visto que, os resultados referentes a esse método de cura (cura por aspersão) se encontra a baixo do método que teoricamente seria o ideal (cura por imersão) apenas 7,15%.

Além disso, é válido ressaltar que a cura em um meio saturado (cura realizado por imersão), de fato, é mais satisfatória do que os outros métodos apresentados, isso se dá pelo fato dos corpos de prova que curaram em meio saturado (imersos) apresentaram uma resistência média mais elevada em relação aos demais métodos de cura.

Outro ponto importante a ser relevado nesta pesquisa, é a ineficiência da norma ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, que com apenas 12 golpes disposto em duas camadas apresentou-se ineficiente para manter uma boa compacidade da massa concretada, o que ocasionou nos corpos, de prova de modo geral, conjuntos de vazios (conforme ilustra a Figura 19), ocasionando dessa forma resistências variadas em mesmo lote de

cura, como demonstrado nos métodos C1 e C4, o que implicou em elevados desvios padrões.

Sendo assim, ressalta-se que os cuidados durante o processo de cura do concreto são fundamentais para se obter um bom desempenho mecânico do mesmo. Contudo, sabe-se que devido as condições de execução e prazos hábeis de uma obra, dificilmente é possível adotar um processo de cura que garanta totalmente a umidade no corpo concretado durante 28 dias. Dessa maneira, de acordo com o estudo apresentado e dados obtidos, nota-se a importância de um procedimento de cura que proporcione a correta hidratação do cimento, permitindo assim uma maior resistência mecânica e durabilidade do concreto.

Por fim, esta pesquisa contribuiu com a influência da cura na resistência à compressão de corpos de prova de concreto produzidos com cimento de alta resistência inicial.

## 6. Agradecimentos

Aos meus familiares, em especial, ao meu pai, Gilmar Leal, minha mãe, Marilene Consuelo Prado, e minha irmã, Louise Prado, por todo apoio durante minha formação e exemplos que são para mim.

Ao meu orientador Thiago Bomjardim Porto por me mostrar as oportunidades, ensinamentos, oferecer ajuda, orientação e paciência.

Ao meu Coorientador e Técnico de Laboratórios de Construção Civil, Felipe Sérgio Bastos Jorge, pelo apoio durante a realização dos ensaios.

E por fim e não menos importante, ao meu grande amigo Victor Faria, por ter me ajudado quando mais precisei nesta pesquisa, com toda paciência e atenção.

## Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. NBR NM 67: *Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Comitê Mercosul de Normatização, 11p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009. NBR 7211: *Especificações - Agregados para concreto*. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013. NBR 11579: *Cimento Portland* –

*Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)*. Rio de Janeiro. 3p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014. NBR 6118: *Projetos de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016. NBR 5738: *Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018. NBR 5739: *Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019. NBR 7215: *Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

Ambrozewicz, P.H.L., 2012. *Materiais de Construção*. São Paulo: PINI. pp.198-278.

Bauer, L.A.F, 2016. *Materiais de Construção*. 5. ed. V1. Rio de Janeiro: LTC. pp.341-357.

Bardella, P.S., Barbosa, D.C. e Camarini, G., 2005. 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-moldados*, São Carlos, 03 e 04 de setembro. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/>> [Acessado 20 abril 2020].

Bezerra, A.C.S., Aguilar, M.T.P. e Cetlin, P.R., 2008. Influência do capeamento nos resultados do ensaio de resistência à compressão em concretos. *Anais. 50º congresso brasileiro do concreto - CBC2008 - 50CBC0111*. IBRACON. Salvador, Bahia.

Branco, A.A.C., 1974. *Calculador Caldas Branco*. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

Cabral, K.O. *Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido*. 2007. Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Disponível em:

<<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/669>>  
[Acessado 20 abril 2020].

Frazão, E.B., 2007. Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In: *Agregados para a construção civil no Brasil*. Marcos Bartasson Tannús e João César Cardoso do Carmo (organizadores), Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.

Mehta, P.K e Monteiro, P.J.M, 2008. *Concreto: Estrutura, propriedade e Materiais*. São Paulo: Ibracon, 2008. pp.32-43.

Mehta, P.K. e Monteiro, Paulo J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. Tradução de Antônio Carmona Filho. São Paulo: PINI, 1994.

Neville, A.M., 2016. *Propriedades do Concreto*. 5ed. Porto Alegre: ABDR. pp.52-58.

Neville, A.M. e Brooks, J.J, 2013. *Tecnologia do concreto*. 2ª ed. Porto Alegre. pp.232-238.

Pedroso, F.L, 2009. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Revista Concreto e Construção: IBRACON, (53). Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/biblioteca-phd/revistas-tecnicas/revistas-tecnicas-ibracon/ibracon-concreto/>> [Acessado 20 abril 2020].

Petrucci, E.G.R, 1998. Concreto de cimento Portland. 13ª ed. São Paulo: Globo.

Ribeiro, G.D., Gomes, M.V. e Valin Jr, M.O, 2014. Influência da cura do concreto com e sem a utilização de lona plástica na resistência mecânica e absorção de água. *56º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2014 – 56CBC*. IBRACON. Florianópolis, Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/inscricoes.asp>> [Acessado 20 abril 2020].

Sobral, H.S, 2000. Propriedades do concreto fresco. 5.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland. pp 120-132.

Valin Jr, M.O., Alves, D.H.C., Ishii, F.M., Guindani, G.G., Morais, H.A.S., Silva, F.L.C. 2016. *Influência de diferentes climas urbanos na*

*qualidade do concreto*. Revista Engenharia e Construção Civil, 3(1), pp.42-56.

Valin Jr, M.O. e Figueira JR, A.S., 2013. Influência climática na cura do concreto. *IX congresso internacional sobre Patologia*. pp.2-11. Disponível em: <[http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1\\_023.pdf](http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_023.pdf)> [Acessado 20 abril 2020].

Vaz, F.H.B. e Silva, D.C.O, 2016. Processo Executivo de cura do concreto e sua importância como qualificador do material. *XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. São Paulo, 21 a 23 de Setembro, pp.23-43. Disponível em: <<http://acustica.org.br/evento/xvi-encontro-nacional-de-tecnologia-do-ambiente-construido/>> [Acessado 20 abril 2020].

Vieiro, E.H, 2010. *Aplicação da areia de britagem de rochas basálticas na fabricação de concreto de cimento Portland*. Dissertação (Pós-graduação) - Universidade de Caxias do Sul. Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/571/Dissertacao%20Edison%20Humberto%20Vieiro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Acessado 20 abril 2020].

## Apêndice

Imagens do ensaio à compressão dos corpos de prova.

