

# ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS DE CURA

RAFAEL GOULART DE ANDRADE SANTOS<sup>26</sup>  
DEBORA COZER<sup>27</sup>

**RESUMO:** Sendo o concreto um dos principais materiais de construção, amplamente utilizado em todo o mundo, suas propriedades são alvos de constante estudo. Neste trabalho foi realizada uma análise comparativa da resistência à compressão axial de corpos de prova de concreto convencional, sujeitos a diferentes métodos de cura, sendo eles a cura em cal saturada em água, cura em ambiente externo ao laboratório sem o uso de água, cura em ambiente interno ao laboratório sem o uso de água, cura em tanque com água potável, cura em ambiente externo ao laboratório molhando a peça regularmente. O ensaio de compressão axial foi realizado após 28 dias a partir da desmoldagem dos corpos de prova, com o objetivo de determinar se as amostras submetidas a algum procedimento de cura atingiriam maior resistência à compressão em comparação às que não receberam a cura adequada. Das 4 modalidades de cura utilizadas, a cura submersa mostrou-se 18,29% mais eficaz que a cura ao ar, e, conforme o esperado, as amostras que não receberam cura úmida obtiveram menor resistência em comparação às demais.

**PALAVRAS-CHAVES:** Cura do Cimento; Hidratação; Resistência.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF RESISTANCE TO AXIAL COMPRESSION OF CONCRETE USING DIFFERENT CURING METHODS

**ABSTRACT:** Since concrete is one of the main building materials, widely used around the world, its properties are the subject of constant study. In this work, a comparative analysis of the axial compressive strength of conventional concrete specimens was carried out, subjected to different curing methods, namely curing in water saturated lime, curing in an environment outside the laboratory without the use of water, curing indoors in the laboratory without the use of water, curing in a tank with potable water, curing outdoors in the laboratory, wetting the part regularly. The axial compression test was performed after 28 days from the demoulding of the specimens, with the objective of determining whether the samples submitted to some curing procedure would achieve greater compressive strength compared to those that did not receive adequate curing. Of the 4 curing modalities used, the submerged curing proved to be 18.29% more effective than the air curing, and, as expected, the samples that did not receive wet curing had lower resistance compared to the others.

**KEYWORDS:** Cement. hardening. hydration.

## INTRODUÇÃO

O concreto é uma pasta, proveniente da mistura de agregados naturais ou britados, com o cimento e a água, opcionalmente são acrescentados aditivos químicos e aditivos minerais que melhoram as características do concreto fresco ou endurecido (ARAÚJO, 2014). Sendo o

---

<sup>26</sup> Professor Mestre em Matemática Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIPE. Endereço eletrônico: rafaelgoulart12@gmail.com

<sup>27</sup> Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIPE. Endereço eletrônico: deboracozer@hotmail.com

concreto um dos materiais mais empregados no mundo (SILVA et al., 2011).

As estruturas feitas em concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade estabelecidos pela norma, durante sua construção e serviço, bem como aos requisitos adicionais determinados de acordo com o projeto estrutural (NBR 6118, 2014). Duas propriedades do concreto que se deve assegurar maior importância: a resistência e a durabilidade, sendo o seu domínio de suma importância para que seja utilizado de forma correta como material adequado para estruturas de concreto (SILVA et al., 2011).

A normativa citada anteriormente classifica os requisitos de qualidade das estruturas de concreto em três grupos distintos, sendo eles a capacidade de resistência, que confere segurança à ruptura, o desempenho em serviço, que representa a aptidão de uma estrutura em manter-se em estado pleno de uso, não sendo tolerável a presença de malfeitorias que comprometam parcial ou totalmente o uso para o qual foi planejada, e a durabilidade, que resume-se à capacidade da estrutura de resistir aos impactos ambientais e usuais, previstos no projeto estrutural (NBR 6118, 2014).

Uma estrutura que contemple todos os requisitos da norma reduz significativamente o surgimento de patologias. Cerca de 28% das manifestações patológicas são associadas a erros na execução (HELENE E ANDRADE, 2010).

As principais falhas que podem ocorrer ao longo desta etapa são as deficiências de concretagem, podendo ser durante o transporte, lançamento, juntas de concretagem, adensamento e/ou cura, erros nas armaduras (estribos, ancoragem, emendas, cobrimento, espaçamento, posicionamento), utilização incorreta dos materiais de construção não seguindo o especificado em projeto, como também ausência de controle de qualidade (ARIVABENE, 2015).

Estas deficiências em maior parte poderiam ser contornadas através do controle de qualidade, com perícia por parte do corpo técnico responsável pela obra, a partir da etapa de projetos até a execução (ARIVABENE, 2015). Entre as medidas cautelares que devem ser adotadas em todo o processo relacionado ao concreto, uma delas é a etapa de “cura”, uma metodologia de suma importância para impedir a desidratação do concreto, a cura faz parte do processo de controle tecnológico do concreto e deve ser efetuada de maneira correta, de modo a assegurar o seu desempenho máximo (SILVA et al., 2011).

Após, a finalização da etapa de confecção da estrutura de concreto, antes de atingir enrijecimento total, o concreto necessita ser submetido ao procedimento de cura, como também, que seja protegido contra fatores ofensivos para dificultar a desidratação da superfície exposta, além de assegurar que a superfície se forme com resistência condizente, resultando na concepção de uma capa superficial estável (ABNT NBR 14931, 2004).

Os agentes nocivos mais comuns ao concreto em sua fase inicial de vida são: mudanças radicais de temperatura, clima de seca, chuva intensa, água abundante, congelamento, fatores químicos, bem como choques e tremores de intensidade com competência de produzir fissuras na pasta de concreto ou causar transtorno à sua aderência à armadura (ABNT NBR 14931, 2004). Elementos que fazem parte da estrutura e na parte da superfície precisam ser curados até que alcancem resistência à compressão axial ( $f_{ck}$ ) condizente ou superior a 15 MPa (ABNT

NBR 12655, 2015).

Entende-se por “cura do concreto” uma série de ações objetivando evitar que a água empregada na mistura do concreto evapore, visto que ela reage com o cimento, hidratando-o.

Esta etapa beneficia a resistência mecânica ao rompimento, a deterioração, resistência à permeabilidade e à ação de agentes agressivos (BAUER, 2001).

O procedimento da cura minimiza a retração do material em idade inicial (em que o concreto é pouco resistente), responsável pelo surgimento de fissuras de retração, que ocasionalmente podem comprometer a impermeabilidade do material (BAUER, 2001). Existe uma quantidade mínima, suficiente, de água que irá conferir a hidratação do cimento e bons níveis de trabalhabilidade (BOTELHO; MARCHETTI, 2010).

Em resumo, a cura visa manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível desta condição, até que o espaço inicialmente ocupado pela água seja ocupado pelos produtos da

hidratação do ligante (SILVA et al, 2011). Este trabalho realizou uma análise numérica da influência da cura na resistência à compressão, expressando em valores a diferença encontrada. O não cumprimento do procedimento de cura afetara não apenas a resistência do concreto, mas também a durabilidade, com efeito negativo a resistência à abrasão, permeabilidade, estabilidade de volume, resistência ao congelamento/descongelamento e aos agentes corrosivos (PEINADO, 2013).

Dentre as manifestações patológicas que a imperícia desta etapa ocasiona, pode-se destacar as características superficiais, sendo as mais usuais a presença de fissuração, a permeabilidade e a carbonatação (GONÇALVES, 2015).

A perda de água ocasionada pelo processo de cura inadequado ocorre principalmente na camada superior do concreto, responsável por proteger as barras de aço do ataque químico. No entanto, a cura do concreto é regularmente negligenciada, visto que os métodos recomendados tendem a afetar de forma negativa a velocidade de execução da obra e não são considerados essenciais para sua durabilidade.

O objetivo do trabalho é determinar qual a influência específica da cura do concreto no processo de ganho de resistência à compressão. Determinar se a ausência de cura adequada possui grande impacto sobre a resistência à compressão, e se variados métodos de cura implicam em variados valores de resistência à compressão axial aos 28 dias de endurecimento. Através da amostragem e experimento é possível responder a essas perguntas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Concreto

Durante o aprimoramento e desenvolvimento dos materiais de construção, houve a evolução nas percepções de estrutura. Em tempos antigos, utilizava-se de pedras para construir as mais diversas estruturas necessárias para a vivência, como moradias e pontes sobre rios (BOTELHO, 2010).

A rocha com suas características de rigidez, resistência e durabilidade sempre despertou interesse no ser humano (BUNDER, 2016). A partir do uso deste material para fins estruturais, constatou-se que era um elemento durável e resistia bem aos esforços de compressão, que pode ser definida grosso modo como tentar aproximar as partículas de determinado material, mas que quando submetido a vãos maiores onde era submetida às forças de tração, que pode ser compreendido como tentar distender a peça, a pedra se rompia (BOTELHO, 2010).

A partir deste conhecimento, os romanos utilizaram pedras para confeccionar pontes em arco, posicionadas de modo que todas as pedras sofressem em maior intensidade os esforços de compressão (BOTELHO, 2010). Acredita-se que os romanos foram os primeiros a utilizarem um tipo de concreto baseado em cimento hidráulico (que endurece em contato com a água) em suas construções (NEVILLE, 2016).

Com a evolução, os romanos passaram a utilizar uma espécie de concreto primitivo, com durabilidade semelhante à das rochas anteriormente utilizadas. Obtido a partir da mistura de cal hidratada e argila pozzolânica, que está abundantemente presente na região de Pozzuoli perto de Nápoles, tornando-o um material muito durável, mas ainda de baixa resistência em comparação com o concreto utilizado atualmente (HELENE E ANDRADE, 2010).

O concreto pode ser definido como uma pedra artificial, possuindo características mecânicas e limitações semelhantes às pedras, como a baixa resistência a tração, e a alta resistência à compressão, resistindo dez vezes mais aos esforços de compressão em comparação aos de tração (BOTELHO, 2002).

### 2.2 Planejamento para execução correta

O preparo do concreto segue algumas etapas que são importantes para garantir a sua execução correta, sendo a primeira delas a caracterização dos materiais componentes do

concreto, definindo quais materiais serão utilizados, em seguida é feito o estudo de dosagem, chamado popularmente de “traço” do concreto que será executado, que especificará as quantidades de cada material, de modo que atenda aos requisitos especificados pelo projeto estrutural e pelas condições da obra, se necessário, após essa etapa é feito o ajuste e comprovação do traço (ABNT NBR 12655, 2015).

Ao receber os materiais no canteiro de obras, deve-se inspecioná-los para garantir que estejam de acordo com o que foi solicitado, além de não possuir impurezas ou umidade indesejadas, após a inspeção, deve-se armazená-los imediatamente de forma correta de acordo com a normativa de cada material (ALVES, 2014).

### **2.3 Materiais Componentes do Concreto**

Os materiais componentes do concreto são o cimento Portland, agregados miúdos e graúdos, água e aditivos (ABNT NBR 12655, 2015). O cimento é um ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland (ABNT NBR 11578, 1991).

O clínquer pode ser definido como uma fusão parcial de argila e calcário (COSTA et al, 2013). Durante esta operação, é adicionado a quantidade necessária de sulfato de cálcio em uma ou mais formas. De acordo com as normas específicas, conforme o tipo e classe do cimento, podem também ser adicionados à mistura materiais pozzolânicos e escória de alto forno granular, como também materiais carbonáticos no nível detalhado nas normas específicas (ABNT NBR 11578, 1991).

O tipo de cimento deve ser especificado em consideração aos detalhes arquitetônicos e executivos, aplicação do concreto, calor de hidratação do cimento, condições de cura, resistência mínima necessária, tamanho da estrutura e as condições naturais ou especiais de trabalho da estrutura, como método de verificação e requisito básico (HELENE E ANDRADE, 2010).

Os agregados devem ser compostos de partículas minerais duras, densas, estáveis, duráveis e limpas, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidades que possam afetar a hidratação e endurecimento, a durabilidade do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão ou, quando necessário, a aparência visual do concreto (ABNT NBR 7211, 2005).

O volume dos agregados utilizados na confecção do concreto é variável, com partículas que medem desde dezenas de milímetros até partículas com seção transversal menor do que um décimo de milímetro. Na prática, em qualquer mistura, são incorporadas partículas de diferentes dimensões. A distribuição das dimensões das partículas é denominada granulometria (NEVILLE, 2016).

Para a produção de concretos de menor exigência de qualidade e resistência, eventualmente são utilizados agregados de jazidas que contêm vasta variação de dimensões. Em contrapartida, a alternativa sempre empregada para a produção de concretos de boa qualidade e resistência é a obtenção e utilização de agregados separados em, pelo menos, dois grupos de dimensões (NEVILLE, 2016).

A separação geralmente é feita em dois grupos, sendo um deles os agregados miúdos, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm (WEIDMANN, 2008). Os agregados graúdos, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm (ABNT NBR 7211, 2005). Assumindo o papel de suportar os esforços mecânicos, evitar as oscilações de volume e minimizar o custo do material. O ensaio de granulometria é realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

A água para ser utilizada no concreto deve ser potável, ou estar de acordo com os testes que avaliam sua cor, odores, presença de ácidos, óleo, lipídios, resíduos sólidos ou orgânicos (NBR 15900, 2009).

A água empregada na mistura é encarregada pela hidratação dos sistemas existentes na massa de cimento, que possuem a responsabilidade de conferir maior durabilidade contra fatores nocivos e definir o ganho de resistência no concreto (SILVA et al, 2011).

Em um concreto onde a proporção água/cimento é muito baixa, afeta-se a característica de

adensamento, pois resulta em uma pasta seca demais, logo onde a proporção é muito acimado correto, também se perde as propriedades de trabalhabilidade, a dosagem correta permitirá que o concreto seja hidratado corretamente, e ocorra as reações químicas necessárias para que endureça de forma satisfatória (NEVILLE, 2016).

Os aditivos a serem utilizados no concreto Portland necessitam atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768, quando utilizados não deve exceder a fração limite recomendada pelo fabricante sob o risco de comprometer a performance e a durabilidade do concreto (NBR 12655, 2015).

Apesar de não ser um material essencial na mistura do concreto, existem variados tipos, que podem apresentar resultado benéficos, como redução dos gastos em mão de obra para realizar o adensamento, redução no consumo do cimento, como a melhora na trabalhabilidade do material sem utilizar medidas adicionais (NEVILLE, 2016).

Aditivos do tipo escória granular e pozolanas, como também retardadores de pega e redutores de água propende a aumentar a quantidade de poros finos no produto de hidratação de cimento, bem como existem aditivos que possivelmente podem reduzir o encolhimento (HELENE E ANDRADE, 2010).

## 2.4 Propriedades do Concreto Fresco

Consistência do Concreto: a mistura de pó cimentício com água, origina uma pasta de cimento, à qual estrategicamente pode ser incorporado aditivos. Em primeiro momento, ao confeccionar a pasta, observa-se que ela está no estado fluido, também chamado de estado plástico, que permite a reorganização das partículas constituintes por meio de qualquer ação mecânica, momento em que a pasta está em seu estado “fresco” (SOBRAL, 2000).

A consistência do concreto é uma das principais características do material que determina a sua capacidade de ser manuseado, aptidão que, na tecnologia do concreto, pode ser definida como a capacidade de deformação do concreto sob a ação de sua própria massa (HELENE E ANDRADE, 2010).

A consistência do concreto é definida de acordo com os materiais utilizados, e é de suma importância que a consistência da mistura permita que o concreto seja facilmente transportado, lançado, adensado e acabado e sem que ocorra a segregação dos materiais utilizados na confecção (NEVILLE, 2016). A trabalhabilidade é uma propriedade física do concreto, onde se for possível o adensamento de maneira fácil é considerado um concreto trabalhável, no entanto, atribuir o significado de trabalhabilidade à apenas a facilidade de lançamento e resistência a segregação resultaria em uma definição à grosso modo (NEVILLE, 2016).

A trabalhabilidade do concreto é afetada por fatores inerentes ao concreto, tais como relação água/cimento, tipo e quantidade de cimento, traço, teor de argamassa, tamanho, textura e forma dos agregados. Além dos fatores internos, existem fatores externos que influenciam, como condições de transporte, lançamento, características da fôrma, esbeltez dos elementos estruturais, densidade e distribuição da armadura, entre outros fatores (HELENE E ANDRADE, 2010).

A geometria das partículas é de relativa importância para o desempenho da mistura de concreto e argamassa, tornando a composição mais trabalhável e densa, o melhor formato a ser utilizado é em esfera, já partículas que são em camadas ou semelhantes a agulhas não são adequadas para concreto pois além de reduzir a trabalhabilidade do concreto, também consome mais cimento e aumenta a permeabilidade (ALVES, 2014).

Muitas destas características dependem inteiramente das propriedades da rocha matriz, como por exemplo, composição química e mineralógica, características petrográficas, massa específica, dureza, resistência, estabilidade química e física e estrutura de poros, como também o tipo de britagem empregado pode ter influências na qualidade e desempenho do concreto, tanto no estado fresco como endurecido (WEIDMANN, 2008).

O teor de água é outro parâmetro importante que precisa ser determinado a fim de fornecer trabalhabilidade suficiente à sua compactação na obra, o teor de água a ser utilizado é

próximo a 6% em relação à qualidade da mistura seca (ALVES, 2014).

Observa-se a influência da água analisando a trabalhabilidade da mistura, de modo prático, pode-se manter a granulometria dos agregados utilizados e variar a quantidade de água adicionada à massa. Percebe-se que ao aumentar a quantidade de água adicionada, o concreto torna-se mais plástico, mais fluído, mas a partir do momento em que se ultrapassa em excesso a dosagem de água estipulada, a mistura torna-se muito fluida, resultando em um material pouco trabalhável, fazendo com que tenha um comportamento parecido com um óleo, a pasta de cimento torna-se tão fluida que a camada lubrificante que ela formou se rompe, e os grãos dos agregados passam a atritar-se diretamente. Através desta experiência, verifica-se que uma porção pequena de água é suficiente para tornar a mistura trabalhável, como também pode ser suficiente para levá-la a um estado exageradamente plástico (SOBRAL, 2000).

O concreto necessita ter trabalhabilidade adequada, visto que é uma propriedade de suma importância em relação ao produto finalizado, pois o concreto deve permitir o máximo adensamento possível, característica diretamente ligada com a resistência final (NEVILLE, 2016). O concreto que está em estado plástico está misturado de maneira completa, e pode ser adensado por qualquer mecanismo que for optado (NBR 12655, 2015).

Existe uma premissa de que conforme a relação água/cimento do concreto for menor, melhor será a sua durabilidade e a sua ação sob esforços mecânicos, como também será maior também o consumo do cimento a cada  $m^3$  de concreto. Este princípio é válido para uma variedade de proporções de água/cimento, no entanto, quanto menor for essa proporção, será mais difícil executar concretos plásticos (HELENE E ANDRADE, 2010).

A exsudação é um malefício que ocorre no concreto, causando danos em sua qualidade final da superfície, conseqüentemente efeitos não desejáveis. Pode ser causada pela manipulação em excesso do material, como também longos ou repetidos processos de adensamento concentrados em um local, ocasionando a separação do material, resultando na migração da água e do material mais fino para a superfície da estrutura (NBR 14931, 2004). Este acontecimento pode formar fissuras, prejudicando o desempenho do material na resistência à compressão, podendo causar também a retração plástica (NEVILLE, 2016).

Massa Específica pode ser definida como a massa unitária do volume de concreto compactado fresco, possui uma porcentagem de ar aprisionado ou incorporado, e deve-se realizar o ensaio para determinar a massa específica do concreto a ser utilizado, quando necessário (NBR 9833, 2009).

## 2.5 Concretos para fins estruturais

Após a secagem em estufa, o concreto precisa apresentar massa específica compreendida entre  $2000 \text{ kg/m}^3$  e  $2800 \text{ kg/m}^3$ . No caso de desconhecimento da massa específica real, utiliza-se, para cálculos,  $2400 \text{ kg/m}^3$  para concretos simples e  $2500 \text{ kg/m}^3$  para concretos protendido e armado (HELENE E ANDRADE, 2010).

Resistência à compressão e à tração, pode-se definir a resistência mecânica à compressão axial como a principal propriedade a ser analisada no concreto após o endurecimento. O material apresenta ótimo desempenho quando submetido a forças de compressão e não resiste bem aos esforços de tração (SILVA et al, 2011). Comparando com a resistência à tração, o concreto pode resistir cerca de dez vezes mais aos esforços de compressão (PETRUCCI, 2005).

A resistência à compressão pode ter seu desempenho influenciado por vários fatores, como variações excessivas na dosagem dos materiais, falhas na mistura, transporte e concretagem, como também pode-se citar a variação da cura (ALVES, 2014)

Após o procedimento de cura, os corpos de prova estão aptos ao procedimento de teste de resistência à compressão, conforme as normas previamente definidas, são rompidos por meio de uma prensa hidráulica que determina a sua resistência à compressão axial, onde calcula-se a resistência em mPa (megapascals) individual de cada corpo de prova, onde é dividido a carga suportada até o rompimento pela área da seção do corpo de prova. Também é realizada a média da resistência das

amostras submetidas às mesmas condições (NBR 7215, 1996).

## **2.6 Cura do Concreto Segundo as Normas Técnicas**

Após a moldagem dos corpos de prova, deve-se aguardar um endurecimento satisfatório, para que após a retirada dos moldes, o concreto seja curado e protegido de fatores nocivos para que a perda de água pela superfície exposta seja evitada, asseverando uma resistência superficial satisfatória (NBR 14931, 2004).

Os elementos estruturais de superfície necessitam da cura para que atinjam a resistência de no mínimo 15 MPa (SARAIVA, 2018). A água empregada na cura deve ser potável (NBR 14931, 2004). A cura ao ar: o local onde a obra está sendo edificada terá influência direta sobre o procedimento de cura do concreto utilizado na estrutura. Realizar a cura ao ar resume-se a manter o concreto exposto ao local onde foi moldado, sem medidas que impeçam a evaporação de água de forma antecipada, que é necessária para que ocorra a hidratação do cimento (RIBEIRO; GOMES; VALIN, 2014).

Para a hidratação ocorrer de forma correta, deve-se assegurar que a umidade no interior da peça seja de no mínimo 80%, em locais onde a umidade presente no ar seja acima dessa porcentagem não será preciso que algum outro método seja aplicado para asseverar a umidade necessária para continuar a hidratação da estrutura (NEVILLE, 2016).

Cura por Aspersão, o método da aspersão é o mais empregado nos canteiros de obra, onde utiliza-se uma mangueira para fazer a molhagem constante, para que a superfície da estrutura de concreto fique úmida. A utilização deste método é relativamente fácil pois necessita apenas que haja pontos de água disponíveis no canteiro para utilização, além de mangueira com tamanho satisfatório que permita o acesso em toda a estrutura de concreto que precisa da cura, deve ser realizado de maneira ininterrupta para o bom funcionamento (SARAIVA, 2018).

Cura em Lona Plástica, o uso deste método é baseado no conhecimento empírico de canteiro de obras, uma opção frequentemente encontrada, porém, não regulamentada por norma (ALVES; VALIN, 2016). Em locais ensolarados, métodos de cura por meio de molhagem, são considerados insuficientes, sendo recomendado que seja feita a cobertura dos elementos de forma que os sacos permaneçam constantemente úmidos (GOMES; RIBEIRO, 2014). Consiste em envolver a peça em lona plástica, de modo que a água não tenha espaço para evaporar (ALVES; VALIN, 2016).

A cura submersa tem o mesmo propósito dos outros tipos de cura, impedir a evaporação precoce da água, neste método mantém-se o concreto saturado (NEVILLE, 2016). O alagamento das peças consiste em cobrir com a utilização de água toda a superfície exposta do corpo de prova, onde não é necessário que seja molhado continuamente. Comumente é necessário prever a construção de um sistema de barreiras (de areia, madeira, serragem etc.) em torno da estrutura, objetivando que a água não seja dispersada (SARAIVA, 2018).

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os ensaios realizados foram elaborados no Laboratório de Materiais de Construção da UNIFASIPE, e após 28 dias em processo de cura, foi realizado o teste de compressão axial utilizando uma prensa hidráulica, nas instalações da concreteira CONCREART.

### **3.1 Métodos**

O trabalho teve como objetivo verificar qual a influência que diferentes métodos de cura, frequentemente utilizados em canteiro de obra, possuem sobre a resistência à compressão do concreto convencional. Para a realização da pesquisa, 12 (CP's) cilíndricos, de 10cm de diâmetro por 20cm de altura, foram moldados com o mesmo traço de concreto. A dosagem utilizada, foi para cada 1 kg de cimento, 2,88 kg de areia, 2,92 kg de pedra e 0,63 kg de água. (BARBOZA; BASTOS, 2008). A resistência conferida pelo traço não é um parâmetro estudado neste trabalho,

portanto não foi realizado um estudo de dosagem. Os materiais utilizados foram: cimento *Portland* composto com pozolana (CPII-Z-32), brita para concreto, areia lavada e água potável.

### 3.1.1 Moldagem

A moldagem ocorreu conforme os parâmetros da norma (ABNT NBR 5738, 2015) nas instalações do Centro Universitário UNIFASIPE, no laboratório de materiais de construção. Os materiais foram misturados na betoneira até obter a consistência pastosa e moldados imediatamente, sendo retirados dos moldes após 48h. Visando submetê-los à métodos frequentemente executados em canteiro de obras, os corpos de prova foram divididos em 4 métodos de cura, e deixados todos expostos ao ar livre, recebendo sol e chuva. Os grupos foram divididos de forma que 3 amostras foram deixadas expostas a intempéries, sem a preocupação com a evaporação da água; 3 sendo curadas através da aspersão; 3 sendo umedecidas e envoltas em lona plástica, recebendo umidade 3 vezes por semana e 3 corpos de prova que foram imersos em água potável.

### 3.1.2 Análise de Dados

Foi realizada a partir de um comparativo entre a resistência à compressão axial média obtida por cada grupo. Ao conhecer quantas toneladas-força cada amostra resistiu, foi calculada a tensão de ruptura da peça, definindo assim, a resistência mecânica à compressão axial, parâmetro para analisar o desempenho de cada método de cura. Com esses dados foi possível determinar qual método de cura utilizado foi mais eficiente no quesito de ganho de resistência à compressão axial. Para a conversão calculou-se a área da seção transversal do corpo de prova, transformou-se a carga de ruptura que foi obtida em toneladas-força para quilograma-força, para que seja novamente transformada em kN/cm<sup>2</sup>, e a partir desta definição, obtém-se a resistência à compressão axial em Mpa

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar os ensaios obteve-se os resultados preliminares expressados na tabela 1.

Método de cura/Carga máxima suportada (tf)	CP 1	CP 2	CP 3	Valor adotado
Cura ao ar	9,92	11,16	9,18	11,16
Cura por aspersão	11,68	11,53	11,57	11,68
Cura com lona plástica	12,78	12,83	11,97	12,83
Cura submersa	13,6	12,61	13,20	13,60

Fonte: Própria (2022)

Tabela 1: Dados obtidos na prensa hidráulica.

Após obter o valor da carga de ruptura de cada (CP), foi realizada a conversão para a unidade de medida utilizada para definir a resistência à compressão axial (MPa).

De acordo com o Sistema Internacional, 1 quilograma-força, denotado por kgf, é a força exercida pela gravidade da Terra sobre a massa de 1 kg. 1 newton (N) é a força que imprime a uma massa de 1 kg uma aceleração de 1 m/s<sup>2</sup>. Tomando-se o valor da aceleração da gravidade 9,81 m/s<sup>2</sup>.

A partir do conhecimento da carga suportada, pode-se obter a tensão de ruptura. É calculada dividindo a força de ruptura pela área da seção do corpo de prova. As unidades mais usuais são Mpa e Kgf/cm<sup>2</sup>. Em Mpa, expressos na tabela 2.

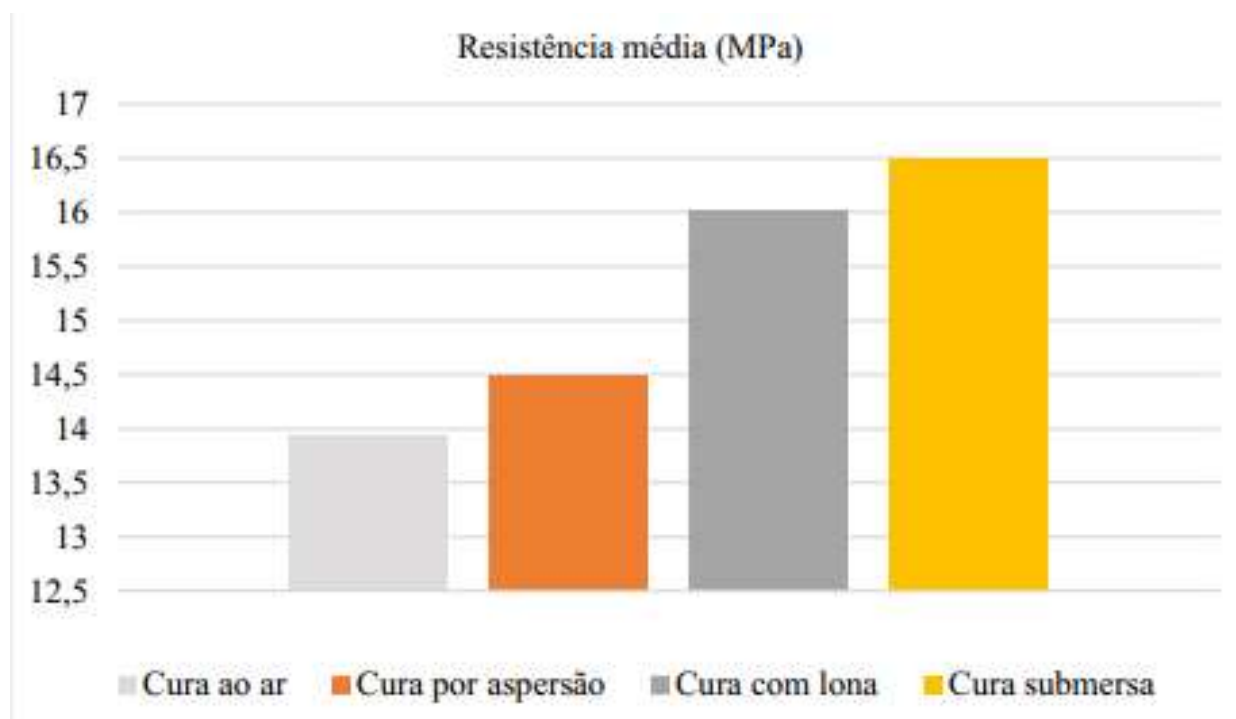


Método de cura/Tensão de ruptura (MPa)	CP 1	CP 2	CP 3	Resistência adotada (MPa)
Cura ao ar	13,94	11,47	12,60	13,94
Cura por aspersão	14,40	14,45	14,48	14,48
Cura com lonaplástica	16,03	14,95	15,65	16,03
Cura submersa	15,75	16,49	16,41	16,49

Fonte: Própria (2022)

**Tabela 2:** Resistência dos Corpos-de-Prova em MPa.

Os resultados obtidos no teste de compressão axial, que podem ser vistos no gráfico 1 definem o comportamento do concreto submetido a cada método estudado. A resistência foi considerada como o maior resultado encontrado na ruptura.



Fonte: Própria (2022)

**Gráfico 1:** Variação da Resistência Obtida

Visto que todos os corpos de prova foram moldados com a mesma mistura, a única diferença entre eles foi o método de cura utilizado.

Caso este concreto seja utilizado para fins estruturais e tenha recebido a cura ao ar ou por aspersão, têm-se uma estrutura fora dos parâmetros de segurança estabelecidos pela norma 14931, que estabelece 15 MPa de resistência à compressão para peças estruturais.

Observou-se que, o método mais eficaz foi a cura submersa, a qual promoveu um desempenho 18,29% melhor em comparação à cura ao ar. Em outro experimento semelhante, realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) em Natal-RN, a variação entre a cura ao ar e a cura submersa foi de 15,19% aos 50 dias, sendo analisado dois corpos de prova (SILVA et al., 2011). Outro experimento realizado no Laboratório de Materiais e Pavimentação da Divisão de Engenharia Civil Aeronáutica do ITA, em São José dos Campos-SP, obteve variação de 16,11% entre a cura ao ar livre e a cura submersa aos 28 dias (SILVA, 2009).

Comparando os resultados obtidos com os experimentos realizados por terceiros, a variação foi maior, o que significa que o concreto com cura ao ar obteve resistência menor do que era esperado, fato que pode ter relação com a variação de temperatura e umidade relativo do ar,

como também pode ter relação com a granulometria dos agregados utilizados. Em concretos de baixa e média resistência os agregados utilizados na mistura possuem grande influência na resistência à compressão (TEIXEIRA et al, 2015). Neste experimento não foi realizado o ensaio de granulometria, logo não se teve o controle das dimensões do agregado utilizado.

A umidade relativa dos agregados também é um fator que tem interferência direta na hidratação da mistura e no volume de material utilizado, pois há variação entre volume/peso da areia e pedra seca/úmida, e neste experimento não foi realizado esse controle de umidade. Outra hipótese que pode interferir nos resultados é a regularização dos topos dos corpos-de-prova, que não foi realizada neste ensaio.

## 5. CONCLUSÃO

Perante os resultados obtidos no experimento, observa-se a importância de seguir com rigor o procedimento de cura. A cura ao ar e por aspersão não resultaram na hidratação mínima satisfatória dos corpos-de-prova, logo, pode-se afirmar que não são recomendáveis para uso em obra. O procedimento utilizando a lona plástica não foi o que obteve os melhores resultados, porém a sua execução é mais prática e usual do que a cura imersa para ser realizada em canteiro de obra, sendo preferível que seja utilizada a lona, se a imersão não for possível. Também pode-se afirmar que a utilização da lona é mais eficaz que a cura ao ar e a cura por aspersão.

Logo, métodos de cura ao ar e por aspersão não são recomendados visando obter a maior resistência que a estrutura pode alcançar.

Após realizar os experimentos e comparar os dados com outras análises pode-se afirmar que a cura possui influência considerável sobre a resistência à compressão, a ausência de técnicas para evitar que a água evapore é um agravante que pode resultar em perda da resistência necessária da mistura. Variados métodos de cura implicam em variados valores de resistência à compressão, por isso deve-se sempre analisar as condições da obra, orçamento e disponibilidade de métodos de cura, em locais onde não é possível utilizar a cura úmida deve-se buscar por outros métodos para conferir a devida resistência à mistura.

Em virtude dos fatos mencionados, após realizar a coleta dos dados, notou-se que seria interessante que estudos futuros pudessem realizar outros estudos colocando em questão, o tempo necessário de cura em lona plástica para se obter resistências seguras em canteiro de obras.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. **Manual de tecnologia do concreto**. 4. ed. rev. atual. – Goiânia: Ed. da UCG, 2014.

DE OLIVEIRA VALIN JR, Marcos et al. **Influência de diferentes climas urbanos na qualidade do concreto**. Revista engenharia e construção civil, v. 3, n. 1, 2016.

*ARAÚJO, J. M. Curso de concreto armado*. Rio Grande: Dunas, 2014.

ARIVABENE, A. C. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção Instituto de Pós-Graduação – IPOG Vitória, ES, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto-procedimento**. Rio de Janeiro, p 225. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, p 5. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: **Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, p. 8. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9833: **Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico**. Rio de Janeiro, p. 07. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: **Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro, p 5. 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768: **Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 19. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento**. Rio de Janeiro, p 29. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, p. 53. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900: **Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, p 15. 2009.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 471 p.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado, eu te amo**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2002. 507 p.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado, eu te amo**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 507 p.

BUNDER, J. **O Concreto: sua origem, sua história**. Universidade de São Paulo Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2016.

COSTA, E. B.; NOBRE, T. R. S.; GUERREIRO, A. Q.; MANCIO, M.; KIRCHHEIM, A. P. **Clínquer Portland com reduzido impacto ambiental**. Volume 13. Diário: Ambiente Construído. 2013

GOMES, M. V. **Utilização e Lona Plástica para Cura do Concreto**. Discente do C. S. de Tecnologia em Construção de Edifícios, IFMT – Campus Cuiabá Gustavo Dartora Ribeiro Discente do C. S. de Tecnologia em Construção de Edifícios, IFMT – Campus Cuiabá Marcos de Oliveira Valin Jr Prof. Esp. do IFMT, Campus Cuiabá.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

HELENE, P. ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. IBRACON. 2010.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto [recurso eletrônico] tradução: Ruy Alberto Cremonini**. - 5. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2016.