

Propriedades E Características Do Concreto – Uma Revisão De Literatura

Adjones Pereira Dias
Rafael Wandson Rocha Sena
Ricardo Ricelli Pereira de Almeida
Guilherme Urquiza Leite
Natanael de Oliveira Jácome

Received 26 November 2020; Accepted 10 December 2020

RESUMO

A engenharia civil está evoluindo constantemente, e a cada dia que passa as estruturas são mais solicitadas, atualmente o concreto é o elemento mais utilizado estruturalmente, já que possui um valor relativamente baixo comparado aos outros e é o mais adequado para resistir cargas a compressão, o dever do engenheiro é garantir que a produção do concreto tenha a qualidade necessária, atendendo os esforços exigidos. A confecção do concreto de maneira inadequada pode ocasionar manifestações patológicas nas estruturas, afetando o nível de segurança, diminuindo a vida útil da obra e trazendo prejuízos. Este trabalho tem como objetivo descrever o processo histórico do concreto, apontar propriedades que compõem o concreto e fatores que interferem na sua qualidade, apresentar ensaios que servem para a caracterização do concreto. A metodologia utilizada foi um estudo composto por revisão bibliográfica, utilizando trabalhos escritos de 2005 a 2020, sendo assim, seus dados coletados por meio desta revisão, onde se iniciou a apresentação do conceito histórico do concreto, em seguida os materiais necessários para a produção do mesmo e suas características, posteriormente os modos de produção do concreto, depois foram expostas as suas propriedades e as condições que influenciam nas mesmas, por fim mostra-se os ensaios que podem ser realizados no concreto tanto quando em estado fresco, como no estado endurecido.

Palavras Chaves: concreto; propriedades; características; ensaios.

I. INTRODUÇÃO

O concreto se mostra como o material de construção mais utilizado no país e no mundo. O seu alto índice de consumo pode ser atribuído às suas propriedades, como: boa resistência; durabilidade quando submetido a agentes agressivos; boa trabalhabilidade, ajustando-se a várias formas, conferindo liberdade na concepção do projeto; e, seu relativo baixo custo de fabricação (RECENA, 2017).

Há diversos fatores que podem influenciar na qualidade e resistência final do concreto, como por exemplo: a complexidade do seu comportamento, tanto em estado fresco quanto endurecido; a falta, ou a indevida supervisão no processo de produção; responsáveis pela obra que não a administram de maneira eficiente; a qualidade dos materiais utilizados, nos processos de fabricação e até mesmo na própria confecção dos corpos de prova. (SELEGIN, 2013).

Para que se tenha um controle do estado que se encontra o concreto utilizado, são realizados ensaios normatizados a partir de corpos de prova moldados com o mesmo concreto utilizado em obra, com os corpos de prova pode-se avaliar a qualidade do concreto que está sendo utilizado em obra e assim garantir a segurança dos trabalhadores e pessoas que venham a ocupar o local futuramente.

Existem condições em que é necessário verificações das condições reais do concreto na estrutura, como por exemplo quando na moldagem dos corpos de prova é feito todos os procedimentos corretamente e na execução da obra acontece equívocos, nesse caso a necessidade de inspeções por meio de ensaios na estrutura real sendo esses não destrutivos ou semi-destrutivos que não danifiquem a estrutura.

II. METODOLOGIA

Este trabalho se define como uma revisão a literatura de caráter descritivo, com perspectiva qualitativa sobre o concreto, seu histórico, os materiais utilizados, os modos de preparo, as propriedades e fatores que interferem nas suas propriedades e nos ensaios que caracterizam o concreto.

Procurou-se construir o trabalho com dados e as informações essenciais para a pesquisa, que colaborasse para o desenvolvimento do conteúdo, utilizando-se referências de trabalhos de conclusão de curso, livros, teses, artigos e etc. O que proporcionou embasamento necessário para a realização do trabalho.

Para as escolhas dos trabalhos para compor a revisão, foi utilizado literatura dos últimos quinze anos, referente ao período de 2005 a 2020. Todas as literaturas que não foram encontradas na íntegra foram descartadas.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concreto

Helene e Andrade (2010) No início para a composição estrutural, era utilizada a pedra como componente principal, com o passar do tempo os romanos criaram o cimento que era feito de cal e cinzas vulcânicas, tempos depois, com aprimoramentos e o surgimento do cimento Portland foi possível ser feita a produção do concreto, um elemento capaz de obter tamanhos e formatos que facilita a construção das estruturas.

De acordo com Gonçalves (2015), os materiais que constituem o concreto são o cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água. A combinação do aglomerante com os demais elementos tem a responsabilidade de ser trabalhável, ou seja, tenha consistência apropriada para sua tarefa, o que facilita o manuseio durante o período de aplicação o que torna possível adquirir variados formatos de acordo com a maneira na qual o material é lançado.

Componentes do concreto

O aglomerante é um produto capaz de unir outros materiais, o cimento hidráulico a partir das reações ocorrentes quando entra em contato com a água, forma um material que endurece com o tempo, resultando em um produto sólido e resistente (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Segundo Battagin (2011), existem inúmeros tipos de cimento, no Brasil possui oito tipos de cimento Portland, que se dividem em sub tipos e categorias de resistências, tipos de cimentos que são determinados na NBR 16697 (ABNT, 2018).

Segundo a NBR 7211(ABNT, 2019), os agregados são divididos em: agregado miúdo, que são as partículas que passam pela peneira de 4,8; já os graúdos, são as partículas que passam pela peneira de 75mm e são contidos na malha de 4,8.

Neville (2016) A resistência, as propriedades e o desempenho do concreto estão ligados a todos os elementos que o compõe. Os agregados são 75% do seu volume, o motivo para que o volume dos agregados seja maior está ligado ao fator econômico, pois, o aglomerante possui um custo superior ao do agregado. Outra razão dessa proporção, é que o agregado possui um fator de durabilidade maior em relação a pasta de cimento hidratada.

Segundo Metha e Monteiro (2008), a água é essencial para a produção do concreto, sendo encarregada pelo endurecimento e também é utilizada na cura, que é a técnica que visa a hidratação do concreto, para evitar a evaporação prematura da água na estrutura concretada. O elemento pode chegar a 1/5 do volume do concreto, é fundamental que a água utilizada para confecção do concreto siga as especificações normatizada.

A NBR NM 137 (ANBT, 1997), especifica que os requisitos para a água destinada à composição de concretos e argamassas de cimento Portland são: para sólidos totais é estabelecido o valor máximo de $5000 * 10^{-6} \text{ g/cm}^3$; o pH deve estar compreendido entre 5,5 e 9,0; o teor máximo de ferro não deve ultrapassar a $1,0 * 10^{-6} \text{ g/cm}^3$.

Produção do concreto in loco

Isaia (2011) define que o concreto feito em obras é aquele produzido entre o perímetro do canteiro. Podendo ser feito em betoneiras ou manualmente, de acordo com o volume a ser produzido.

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), os elementos que compõe o concreto devem ser devidamente armazenados e mantidos em locais distintos do momento recebido até o momento da mistura. Os materiais que compõem o concreto, devem ter identificação de acordo com a graduação de procedência ou por classe, com a sua documentação que confirma a sua origem e os aspectos dos elementos armazenados, por um tempo de no máximo 5 anos.

Os materiais para confecção do concreto devem ser unidos até que formem uma massa homogênea. A betoneira é o equipamento utilizado para a mistura dos componentes, a sua capacidade de carga, tempo de mistura e velocidade devem seguir a normatização do fabricante (NBR 12655 ABNT, 2015).

Segundo Neville (2013), além da uniformidade da união dos componentes, a betoneira deve garantir a uniformidade do produto depois do descarregamento.

Produção do concreto usinado

Com a exigência de grandes volumes de concreto, em um período pequeno de tempo, com resistências bem específicas, o concreto dosado em central surgiu para responder a essa necessidade, trazendo com ele várias outras vantagens, como por exemplo, menos congestionamento no canteiro, um maior controle na qualidade do concreto e rapidez na hora de preparar e transportar (REGARRIERI; MARANHÃO, 2011).

O sistema produtivo são as etapas a serem seguidas com seus devidos equipamentos e instalações, as etapas em sua sequência são: o armazenamento, manuseio, proporcionamento dos materiais constituintes, homogeneização da mistura, transporte e lançamento que são todos eles normatizados. Também é feito o serviço de administração que se divide em vendas, controle de qualidade, assessoria técnica, treinamento, aperfeiçoamento, faturamento e cobranças (MARTINS, 2005).

De acordo com Bauer (2008), existem duas modalidades de controle na produção do concreto, primeiramente é feito um controle interno na central dosadora onde é determinada a capacidade do concreto, e por fim, é feito outro controle na obra que é conhecido como controle tecnológico, que tem como propósito fazer uma perícia da situação do concreto após o transporte da central de concreto até a obra, este controle é determinado pela NBR 12655 (ABNT, 2006).

Propriedades do concreto

Muitos fatores influenciam as propriedades do concreto, por isso é necessário se ter o entendimento sobre as propriedades que o constitui, para que seja determinado o que interfere ou não na sua efetividade. Contendo diversas propriedades, podendo estar no estado fresco ou endurecido (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O estado fresco é definido por um momento relativamente rápido que dura de 1 a 5 horas, este período é referente ao tempo preciso para a produção do concreto, onde estão incluídos: a mistura, transporte, lançamento e adensamento (HELENE; ANDRADE, 2010).

O concreto fresco tem como propriedades: a trabalhabilidade, a integridade da massa, o poder de retenção de água, a massa específica e a textura. A mais relevante é a trabalhabilidade, pois não existe um valor específico para a mesma, por depender de várias situações como, por exemplo, o que será moldado, as dimensões e também as circunstâncias de mistura, transporte, lançamento e adensamento (PETRUCCI, 2005).

A NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece que concreto endurecido é o que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica.

As alterações volumétricas do concreto podem acontecer quando está fresco, ou após o seu endurecimento. Repara-se que o volume do concreto endurecido é menor que o volume de concreto fresco, isso acontece pela perda parcial de ar incorporado e da água. Por tanto, pode-se dizer que o concreto se apresenta como um material sólido, contendo no seu interior poros capilares, tomados em parte por água e em parte por ar (ANDRADE, 2013).

Um fator que interfere nas propriedades do concreto é o tipo do cimento utilizado, influencia tanto na evolução da massa com o decorrer do tempo e na sua resistência (NEVILLE, 2016).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), a expressão cura do concreto refere-se a procedimentos utilizados para hidratar o cimento, com controle do tempo, temperatura, condições de umidade, imediatamente após a colocação do concreto nas formas.

A cura é a última etapa a ser realizada e consiste em impedir a retração hidráulica no começo do processo, quando o concreto ainda não tem resistência suficiente para impossibilitar a formação de fissura. Desta maneira, para que não tenha retração, que é o processo de redução de volume que ocorre no concreto, deve-se evitar a perda de água pela superfície do concreto. São vários os processos utilizados para evitar a retração, por exemplo: molhagem contínua da superfície exposta, proteção com tecidos ou papéis úmidos, cobertura com lonas plásticas ou aplicação de emulsão impermeabilizante (NEVILLE, 2016).

A porosidade restringe a resistência do concreto. A relação água/cimento é o mais importante para determina-la, e consequentemente na definição da resistência do concreto, mas outros fatores podem influenciar esta propriedade, como por exemplo: a temperatura, adensamento, umidade, condições de cura, aditivos e as dimensões dos agregados (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Outro fator que interfere nas propriedades do concreto é a temperatura. De acordo com Neville (2016), o aumento da temperatura apressa as reações químicas de hidratação, contribuindo com as resistências iniciais do concreto, mas atrapalhando as mesmas posteriormente. Por isso, a hidratação inicial rápida aparentemente forma produtos com uma estrutura fisicamente mais pobre, mais porosa, de modo que uma pequena parte desses poros nunca será preenchida.

Qualidade do concreto

O conceito de qualidade traduz-se nas características de um produto que satisfazem as necessidades do cliente, mas qualidade também pode ter outro significado que é a ausência de defeitos. Sendo assim, na construção civil tem-se duas necessidades à qualidade de projetos que definem as particularidades do produto, sendo ele serviço ou físico, e a qualidade de conformação que procura a correta execução dessas particularidades (AVELINO, 2005).

Os elementos que constituem o concreto têm que necessariamente ter qualidade suficiente para que não ocasionem corrosão nas armaduras, nem prejudique a durabilidade do concreto NBR 12655 (ABNT, 2015).

Segundo Metha e Monteiro (2008), o adensamento está ligado diretamente a qualidade do concreto, pois com a movimentação do material em questão, reduz a quantidade de vazios e excesso de água do interior da massa, de tal forma que se obtenha um concreto denso e compacto. O processo deve ser feito durante e imediatamente após o lançamento do concreto.

Segundo Petrucci (2005), para se ter qualidade é preciso haver uma combinação correta dos materiais que compõem o concreto, nessa combinação de elementos tem que ser considerado algumas relações, principalmente a relação entre a água e os demais materiais secos. É necessário também destacar a relação entre o cimento e agregado e a separação entre os agregados graúdos e miúdos. Depois da mistura dos materiais, o concreto é transportado, lançado e adensado adequadamente, por último, vem o processo de cura. Metha e Monteiro (2008) complementam que para a verificação da qualidade do concreto, devem ser feitos experimentos laboratoriais, para que as análises sejam feitas de maneira adequada.

De acordo com Helene (2011), a falta de qualidade na produção do concreto, ocasiona problemas patológicos, que evoluem e podem agravar e ocasionar outros danos, gerando elevados custos de recuperação na elaboração de reparos, reforços e proteções para que a estrutura continue em condições de uso. A maioria das manifestações patológicas tem origem nas falhas das etapas do processo construtivo.

O gasto para recuperar uma estrutura varia em progressão geométrica, conforme o momento que a correção for realizada, ou seja, quanto antes o dano for identificado e corrigido, mais efetivo e menos caro será a intervenção (DEMOLINER; POSSAN, 2013).

Ensaio em concreto fresco

Ensaio de abatimento do tronco de cone

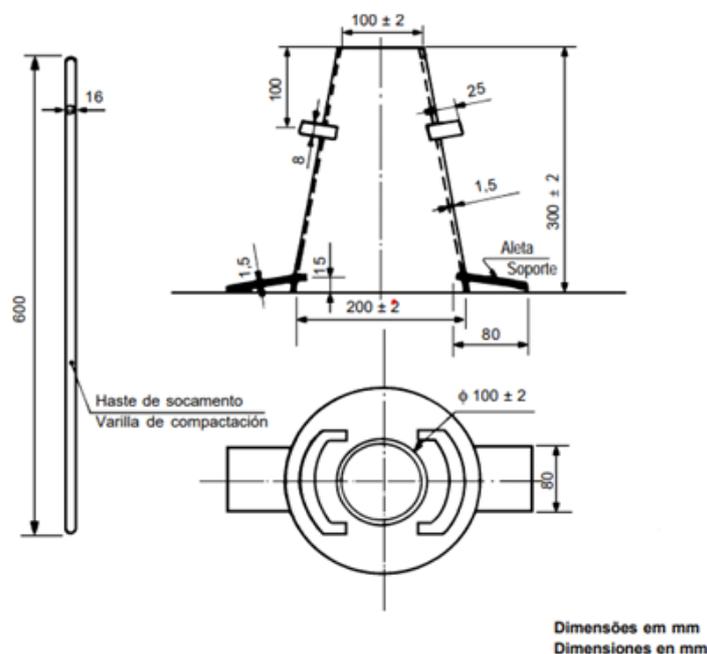
É especificado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998) uma maneira para definir a consistência do concreto fresco por medida de seu assentamento, artifício utilizado na obra e em laboratório.

Para os concretos plásticos e coesivos que mostram abatimento maior ou igual a 10 mm o método é cabível, como conclusão do ensaio conforme a normatização. Quando o concreto é produzido com o agregado graúdo que tenha dimensão superior a 37,5 mm o método não é admissível.

NBR NM 67 (ABNT, 1998) determina que para a realização do ensaio é utilizado um molde com os seguintes requisitos: molde deve ser constituído de metal que não sofra mudanças quando em contato pela pasta de cimento, com espessura maior ou igual a 1,5 mm, sua superfície interna tem que ser lisa e livre de relevos. A forma tem um formato de tronco de cone oco com as medidas de diâmetro da base superior $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$; altura: $300\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$; diâmetro da base inferior: $200\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$.

A haste para a compactação deve ser alinhada, feita de aço, de comprimento de 600 mm e seção circular de diâmetro de 16 mm com extremidades arredondas.

Figura 1- Equipamentos



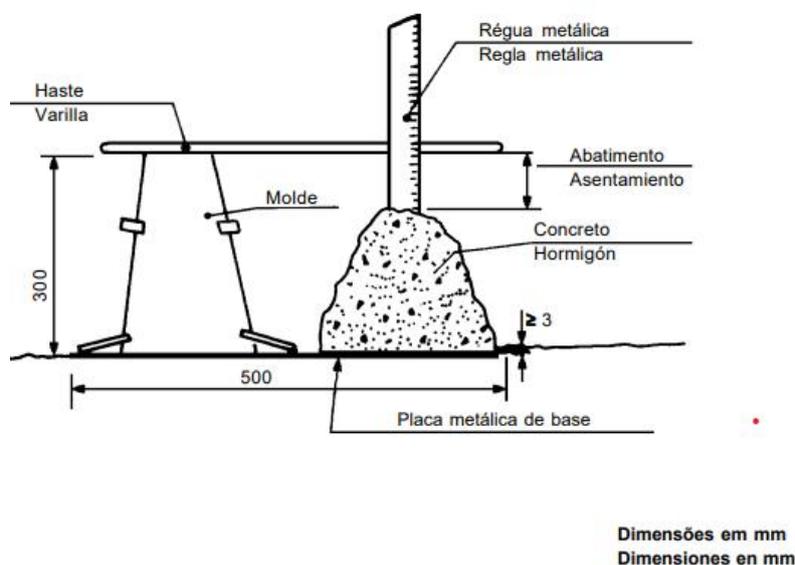
Fote: NBR NM 67 (ABNT, 1998)

A placa para apoiar o molde deve ter uma espessura maior ou igual a 3 mm com as dimensões laterais maior ou igual a 500 mm, ser feita de metal, sem relevo e de formado quadrado ou retangular. As especificações do tronco e da haste podem ser vistas na Figura 1.

Para a execução do ensaio, a placa base deve ser umedecida, posteriormente o molde é colocado acima da base. Durante a colocação do concreto no molde, a pessoa que estiver fazendo o ensaio deve posicionar os pés sobre suas aletas, assim mantendo-o estável, preenchendo o tronco de cone em 3 camadas, cada uma com um terço da altura, cada camada deve ser compactada com 25 golpes com a haste de compactação (NEVILLE, 2016).

Após o preenchimento por completo, o molde é levantado verticalmente devagar e com cuidado, em um movimento contínuo para cima. Em seguida é medida a diferença de altura entre o corpo de prova e o molde, assim obtendo o abatimento NBR NM 67 (ABNT, 1998). De acordo com a figura 2.

Figura 1- Medida de abatimento



Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998)

Determinação da massa específica

Segundo Neville (2016), pode-se calcular teoricamente a massa específica com o somatório de todas as massas dos componentes utilizados para a confecção do concreto dividido pelo volume de ocupação do concreto.

A massa específica do concreto fresco é determinada pela NBR 9833 (ABNT, 2008), para a referida norma, a definição de massa específica é a massa unitária de volume do concreto fresco adensado, incluído o ar retido e presente no concreto.

Para a determinação da massa específica, o método normatizado pela NBR 9833 (ABNT, 2008) necessita da seguinte aparelhagem: Balança, haste de adensamento, vibrador de imersão, Régua metálica, placa de calibração de vidro, Martelo de borracha ou material similar, recipiente de medida de forma cilíndrica. O concreto deve ser posto no recipiente, a colocação depende do tipo de adensamento que será feito, ao finalizar o adensamento, é feito o rasamento, coloca-se a placa de calibração pressionando a mesma sobre a superfície do concreto.

Para o cálculo da massa específica primeiramente é subtraído a massa do recipiente vazio da massa do recipiente preenchido de concreto. Depois é calculado a massa específica do concreto, utilizando a equação 1:

$$\text{Pap} = \frac{m}{V} 1000 \quad (1)$$

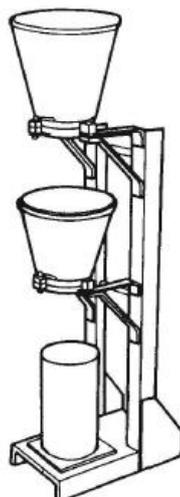
Onde *Papé* a massa específica aparente do concreto, (Kg/m³); *m* é a massa do concreto, (kg); *V* é o volume do recipiente. (dm³).

Ensaio do fator de compactação

Neville (2016) relata que não há uma maneira de determinar a trabalhabilidade de aceitação geral, possivelmente o ensaio mais apropriado disponível é a definição do grau de adensamento que é alcançado pelo uso de uma determinada quantidade de trabalho.

Para a verificação do trabalho imposto para o adensamento de uma amostra de concreto é utilizado este ensaio. Neste caso, quanto mais plasticidade tiver o concreto, maior potencial de adensamento. Pode-se definir o fator de adensamento como a relação entre a massa específica do concreto fresco e a massa específica do mesmo concreto depois do adensamento (ACI 211.3-75,1987). O aparelho utilizado para a determinação do fator de compactação do concreto fresco é o equipamento de Granville, pode-se observá-lo na figura 3.

Figura 2- Equipamento de Granville



Fonte: Neville (2016)

A norma britânica BS 1881-103:1993 especifica que a amostra de concreto fresco é colocada no primeiro cone do aparelho que contém uma válvula na parte inferior. Válvula que após a sua abertura é possível a passagem do concreto até o segundo cone que também tem uma válvula que será aberta, fazendo com que o concreto chegue até o molde cilindro inferior, molde que tem o seu volume conhecido. A etapa seguinte é determinar a massa específica do concreto presente no cilindro, posteriormente, adensar plenamente o concreto com a haste de adensamento ou vibrador mecânico e determinar a massa específica do concreto adensado. Para o cálculo do fator de adensamento é utilizado a equação 2.

$$Fa = \frac{me}{ma} \quad (2)$$

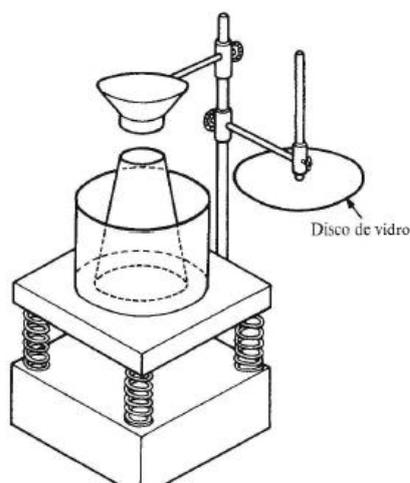
Onde Fa é o fator de adensamento; me é a massa específica do concreto que chegou ao cilindro, em (kg/m^3); ma é a massa específica do concreto plenamente adensado, em (kg/m^3).

Segundo Neville (2016) pode-se determinar se o nível de trabalhabilidade está muito baixo, baixo, médio ou alto a partir do fator de compactação e o abatimento.

Ensaio Vebe

Ensaio mais usual em concretos secos, o equipamento utilizado neste ensaio é composto por um troco de cone, o mesmo utilizado no slump-test, que é posto dentro de uma forma cilíndrica fixada em uma mesa vibrante (ACI 211.3-75,1987), como se pode ver na Figura 4.

Figura 3 - Aparelho do ensaio Vebe



Fonte: Neville (2016)

A norma britânica BS 12350-3:2009 relata que para a realização do ensaio, é colocado uma amostra de concreto dentro do tronco de cone utilizando o mesmo parâmetro do slump-test, depois liga-se a mesa vibratória, sendo assim incluído um efeito que deixa o adensamento do concreto mais fácil, enquanto ocorre a vibração da mesa é medido o tempo necessário para o concreto passar do formato de tronco de cone para o formato cilíndrico.

Diferentemente do slump-test, o procedimento de ensaio Vebe não mostra a capacidade de coesão do traço. A partir do ensaio é medido o índice de trabalhabilidade utilizando a equação 3:

$$IT = t \cdot \frac{V2}{V1} \quad (3)$$

Onde: IT é o índice de trabalhabilidade; $V1$ é o volume inicial do concreto (do tronco de cone); $V2$ é o volume final do concreto (do cilindro); t é o tempo necessário para a remoldagem, em segundos.

Ensaio em concreto endurecido

A realização de ensaios tem vários motivos para serem feitos, mas os principais objetivos são a conformidade às especificações e o controle de qualidade. Geralmente os ensaios são realizados para que haja uma comparação com um valor específico ou outro valor de interesse, qualquer ação realizada diferente dos procedimentos normatizados é prejudicial, pois pode ocasionar controvérsias ou confusão. Os ensaios no concreto endurecido são classificados de maneira geral em ensaios destrutivos e ensaios não destrutivos (NEVILLE, 2016)

A NBR 5738 (ABNT, 2015) normatiza a confecção dos corpos de prova cilíndricos e prismáticos, da modelagem até a cura do concreto, para a realização dos ensaios do concreto endurecido.

Confecção dos corpos de prova

Segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015) para os corpos de prova cilíndricos suas dimensões precisam ter uma altura igual ao dobro do seu diâmetro, o diâmetro deve ser de 10 cm até 45 cm, já os corpos de prova prismáticos necessitam ter sua seção transversal de formato quadrado com faces lisas.

É necessário preparar os moldes antes da modelagem dos corpos de prova, deve-se lubrificar os moldes internamente, para que no futuro desmolde não haja fixação entre o molde e o concreto, na moldagem dos corpos de prova, a determinação do número de golpes e camadas é a partir do tipo de corpo de prova, sua dimensão e o adensamento a ser utilizado.

No adensamento manual, deve-se colocar o volume aproximadamente igual de concreto em cada camada, adensando com a haste camada por camada, já no adensamento mecânico deve-se introduzir o vibrador e só o retirar quando não houver mais a presença de bolhas de ar na superfície do concreto. Após o adensamento é feito o rasamento com uma régua metálica ou objeto semelhante NBR 5738 (ABNT, 2015).

A NBR 5738 (ABNT, 2015) indica que os corpos de prova sempre sejam moldados no mesmo local que serão armazenados, mas caso não seja possível, logo após o rasamento deve-se transportar para o local de cura inicial.

Ensaio em testemunhos

Os ensaios em corpos de prova de concreto são utilizados para estimar a resistência que a estrutura de concreto terá, mas por ter adensamento e cura diferentes da estrutura real nem sempre a resistência é a mesma. Há casos que se pode obter as características reais da estrutura extraíndo testemunhos da estrutura, isso pode acontecer quando os valores obtidos nos corpos de prova, não forem adequados. Sendo assim necessário analisar a real resistência da estrutura ou estimar as características de uma parte crítica da estrutura (NEVILLE, 2016).

Para a extração de testemunhos, utiliza-se uma broca com coroa diamantada. Obtém-se assim um corpo de prova cilíndrico como é possível observar na Figura 5, extração só é realizada com a aprovação dos responsáveis pela obra.



Fonte: NBR 7680 (ABNT, 2015)

Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão é o mais comum de todos efetuados no concreto endurecido, por ser de realização fácil, por todas as características esperadas estarem qualitativamente associadas à sua resistência e por causa da importância da resistência à compressão nos projetos estruturais NEVILLE (2016).

Segundo Helene e Andrade (2010), o engenheiro projetista ao projetar estruturas de concreto estima uma resistência característica a compressão, para que os requisitos de segurança sejam atendidos a estrutura de concreto deve atingir essa resistência, sendo necessário que durante o processo de produção do concreto haja regularmente uma avaliação, demonstrada e registrada. A NBR 5739 (ABNT, 2018) determina a resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto moldados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015).

No momento a ser executado o rompimento à compressão, os corpos de prova estarão com uma idade especificada, que deve ser contada a partir da moldagem, com tolerância de tempo descrita pela NBR 5739 (ABNT, 2018). Que determina a resistência à compressão a partir da equação 4:

$$F_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \tag{4}$$

Onde F_c é a resistência à compressão (Mpa); F é a força máxima alcançada (N); D é o diâmetro do corpo de prova (mm).

Determinação da resistência à tração por compressão diametral

Para Neville (2016), o concreto não é projetado para resistir à tração diretamente, mas é importante determiná-la para o conhecimento da carga de iniciação da fissuração, pois esta pode ocasionar problemas maiores como por exemplo, corrosão nas armaduras.

A NBR 7222 (ABNT, 2011) define que o valor da resistência à tração pelo método de compressão diametral é dado a partir da equação 5:

$$f_{ct, sp} = \frac{2F}{\pi D l} \tag{5}$$

Onde f_{ct} é a resistência à tração por compressão diametral (Mpa); F é carga máxima obtida no ensaio (kN); D é diâmetro do corpo de prova (mm); l = altura do corpo de prova (mm).

Determinação da absorção de água por capilaridade

NBR 9779 (ABNT,2012) determina a absorção de água através da ascensão capilar, do concreto endurecido. Para o procedimento, é necessária uma estufa com tamanho apropriado para armazenamento dos corpos de prova; um recipiente com medidas internas para armazenar os corpos de prova e também; são necessários suportes; balança e; dessecador.

É definida a massa do corpo de prova ao ar, e também ao secá-lo na estufa. Logo depois, resfria-se o corpo de prova à temperatura de 23 °C podendo variar 2 °C e define-se sua massa seca. A seguir, preenche-se o recipiente com água de maneira que o nível da água permaneça 5 mm acima de sua face inferior, deve-se determinar a massa saturada do corpo de prova com 3h, 6h, 24h, 48h e 72 h, a partir do momento do contato com a água. O resultado deve ser extraído a partir da Equação 6:

$$C = \frac{Msat - Ms}{S} \tag{6}$$

Onde C é a absorção de água por capilaridade (g/cm²); $Msat$ é a massa saturada (g); Ms é a massa do corpo de prova seco (g); S é a área da seção transversal (cm²).

Ensaio de dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

É um dos ensaios não destrutivos mais antigos, mas ainda tem grande utilização, ensaio criado por Ernst Schmidt no ano de 1948, onde basicamente é utilizado o princípio de que a dureza da superfície de um corpo está associada a reflexão de uma massa elástica (NEVILLE, 2016).

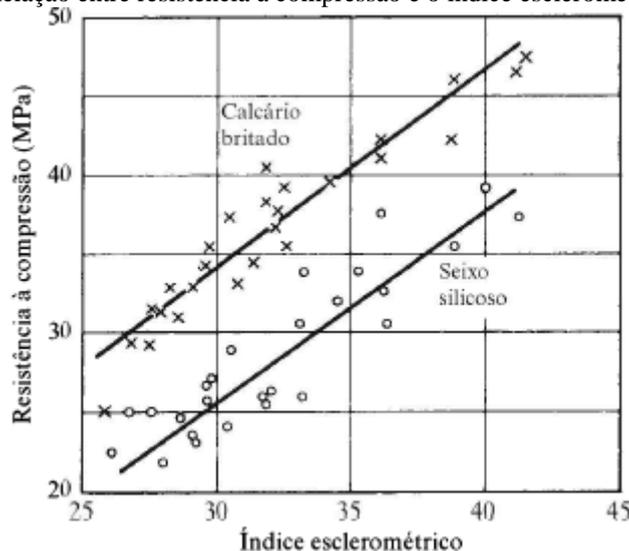
A NBR 7584 (ABNT, 2012) estabelece o modo de avaliar a dureza superficial do concreto endurecido com a utilização do esclerômetro, ensaio é feito na superfície de concreto que se quer estudar e deve-se seguir os seguintes passos: local do ensaio deve está seco e limpo,manter uma distância de no mínimo 50 mm das arestas da peça, executar de 9 a 16 leituras em cada ensaio,não realizar mais de um impacto em cada ponto,utilizar distância mínima entre cada impacto de 30 mm, não efetuar ensaio em peças com menos de 14 dias.

Para obter o índice esclerométrico, calcula-se a média aritmética do valor dos impactos, desprezamos todos os resultados que estejam 10% ou mais distantes do valor médio, assim achando o índice médio esclerométrico.Para encontrar o índice efetivo, utiliza-se a Equação 7. Para obtençãodo valor da resistência em MPA deve-se relacionar o índice esclerométrico efetivo com o ábaco disponível junto ao esclerômetro, como podemos ver um exemplo na figura 6.

$$IE\alpha = K \times IE \tag{7}$$

Onde $IE\alpha$ é o índice esclerométrico médio efetivo; K é o coeficiente de correção, disponibilizado no aparelho; IE é o índice esclerométrico médio.

Figura 6- Relação entre resistência à compressão e o índice esclerométrico efetivo



Fonte: Neville (2016)

Ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica

O ensaio se baseia na velocidade na qual as ondas ultrassônicas propagam longitudinalmente no concreto, o método resume-se na utilização de um aparelho de ultrassom, formado por um gerador de pulso, transdutores que transmitem as ondas para o concreto, um sistema para medir o tempo, um amplificador e um monitor digital. Sendo assim possível determinar a velocidade das ondas e o tempo para o pulso completar uma certa distância (NEVILLE, 2016).

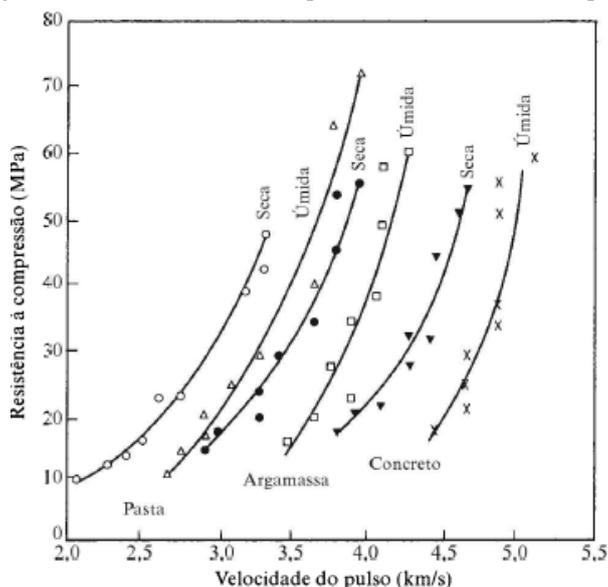
A NBR 8802 (ABNT, 2019) relata que o ensaio de ultrassom pode ser feito em corpos de prova ou em qualquer um outro componente de concreto desde que sua superfície esteja limpa, lisa e plana. Caso a superfície não esteja lisa deve-se regularizá-la com uma camada de pasta de cimento ou processos mecânicos, para que se tenha uma boa conexão do concreto com os transdutores. Para realização do ensaio a norma estabelece o seguinte passo a passo: calibrar o aparelho; verificar se a superfície do corpo de prova ou componente está de acordo o estabelecido; colocar uma camada de acoplante nos transdutores, antes da utilização na peça de concreto. Para o cálculo da velocidade de propagação de ondas utiliza-se a seguinte equação 8:

$$V = \frac{L}{t} \tag{8}$$

Onde V é a velocidade que a onda propaga (m/s); L é a distância entre onde os transdutores foram acoplados (m); t é o tempo corrido da sua emissão até a sua recepção (s).

Segundo Neville (2016), a velocidade de propagação do pulso ultrassônico no concreto está relacionada ao tempo gasto para o pulso passar a pasta de cimento endurecida e o agregado. Na figura 7 mostra diferentes relações entre a velocidade do pulso e o concreto, a argamassa e a pasta de cimento endurecida.

Figura 7- Relação entre a resistência à compressão e a velocidade do pulso ultrassônico



Fonte: Neville (2016)

IV. CONCLUSÕES

Com base na realização deste trabalho, pode-se concluir que quando se fala de elementos de concreto é de extrema importância a utilização de materiais de alta qualidade, também deve ser levada em consideração a competência dos profissionais presentes na execução das tarefas. Sendo também de suma importância a verificação das características do concreto depois de produzido para garantir que não houve a utilização de um material não adequado e não houve erro na execução, para isso, existem os ensaios que garantem a qualidade do concreto.

Constata-se que as propriedades do concreto estão diretamente ligadas à segurança, e a partir dos ensaios pode-se indicar eventuais variações na qualidade de um concreto. A partir do momento do recebimento dos materiais até a aplicação na obra, existem vários fatores que podem colocar em risco o desempenho do concreto, daí a importância da realização dos ensaios, para assegurar a vida útil do concreto e a segurança dos profissionais em obra e de futuros habitantes.

Com a finalização desse trabalho, entende-se que os integrantes da área da construção civil precisam conhecer todos os fatores que interferem na qualidade final do concreto, sejam eles durante o estado fresco ou endurecido. Para isso, necessita-se procurar pesquisas que capacitem todos os profissionais presentes na construção civil.

REFERÊNCIAS

- [1]. ANDRADE, C.B.F. “**Manifestações Patológicas das Estruturas de Concreto Armado**”. 2013. 42 p. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- [2]. **AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI – 211.3 – 75, 1987**, Standard Practice for Selecting Proportions for No slump concrete, Detroit.
- [3]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Agregados para concreto-especificações**. NBR 7211. Rio de Janeiro, 2009.
- [4]. ____, **Argamassa e concreto - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland**. NBR NM 137. 1997.
- [5]. ____, **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.
- [6]. ____, **Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico**. NBR 9833. Rio de Janeiro, 2009.
- [7]. ____, **Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2015.
- [8]. ____, **Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico**. NBR 5739. Rio de Janeiro, 2018.
- [9]. ____, **Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. NBR 7222. Rio de Janeiro, 2011.
- [10]. ____, **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade**. NBR 9779. Rio de Janeiro, 2012.
- [11]. ____, **Concreto endurecido – avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – método de ensaio**. NBR 7584. Rio de Janeiro, 2012.
- [12]. ____, **Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. NBR 8802. Rio de Janeiro, 2019.
- [13]. ____, **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. NBR 12655. Rio de Janeiro, 2015.
- [14]. AVELINO, A. Qualidade no processo de produção: um modelo de gestão para garantir a qualidade de acabamento das carrocerias em chapa na linha de produção, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- [15]. BATTAGIN, Arnaldo Forti. Cimento Portland. In: **Concreto: ciência e tecnologia**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.
- [16]. BAUER, Falcão. Materiais de construção. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- [17]. PETRUCCI, Eladio G. R.; PAULON, Vladimir Antonio. **Concreto de cimento Portland**. São Paulo: Globo, 2005.
- [18]. **BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BS 1993**: “Testing concrete. Method for determination of compacting factor”. London 1993.
- [19]. **BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BS 1993**: “Testing fresh concrete. Vebetest”. London 2009.
- [20]. GONÇALVES, E.A.B. **Estudo de Patologias e Suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. 2015. 174 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- [21]. HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. In:
- [22]. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E**
- [23]. **ENGENHARIA DE MATERIAIS**. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2010.
- [24]. ISAIA, Cechella Geraldo. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. Rio de Janeiro, RJ: IBRACON, 2011. 2 vol.
- [25]. MARTINS, V. C. **Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com a utilização de aditivos: estudo de caso**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.
- [26]. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e materiais**, 2ª ed., São Paulo: Editora IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, São Paulo, 2014.
- [27]. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [28]. NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto** / tradução: Ruy Alberto Cremonini. – 5. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2016.

- [29]. NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.
- [30]. POSSAN, Edna; DEMOLINER, CarlosAlberto. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral, 2013
- [31]. RECENA, Fernando Antonio Piazza, **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland** - 4. Ed. – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017.
- [32]. REGATTIERI, C. E. X.; MARANHÃO, F. L. Produção e controle de concreto dosado em central. In: ISAIA, G. C. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011
- [33]. SELEGIN, C. H, - **Análise Quantitativa E Qualitativa Da Conformidade Do Concreto Estrutural: Um Estudo De Caso Em Obras De Caruaru-Pe**, Monografia –Universidade Federal de Pernambuco, 2013.
- [34]. SILVA, Luiz Carlos Pinto da; HELENE, Paulo. Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência a Fissuração: In: Isaia, g. c. (ed.) concreto: Ciência e tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

Adjones Pereira Dias, et. al. "Propriedades E Características Do Concreto – Uma Revisão De Literatura." *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 10(12), 2020, pp. 16-27.