

Manual sobre riscos associados ao desconhecimento e falta de padronização no uso do concreto usinado em obras: Uma ferramenta útil ao usuário

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.002-050>

Gustavo Thomaz Garcia de Oliveira

Bac., Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL/MG),
campus de Poços de Caldas

Roberto Felix de Souza Junior

Bac., Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL/MG),
campus de Poços de Caldas

Ian Felix de Oliveira

Bac., Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL/MG),
campus de Poços de Caldas

Sylma Carvalho Maestrelli

Profa. Dra., Universidade Federal de Alfenas
(UNIFAL/MG), campus de Poços de Caldas
E-mail: sylma.maestrelli@unifal-mg.edu.br
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0216431851054031>

RESUMO

O concreto usinado é um produto que vem sendo amplamente aplicado nas construções civis, pois oferecem algumas vantagens como diminuição do tempo de execução da obra e melhor controle de qualidade nos processos de fabricação do concreto possuem melhor. Sua escolha é fundamentada em propriedades como resistência à compressão (fck), fator água/cimento (a/c), consumo mínimo de cimento por m³ (kg/m³), abatimento, durabilidade, tempo de pega, dentre outros. Para a obtenção das propriedades desejadas para o concreto usinado, há a necessidade de um controle tecnológico, que abrange desde a escolha dos materiais componentes até as etapas de adensamento e cura do concreto. Existem procedimentos padronizados tanto para a concreteira quanto para os profissionais envolvidos com a aplicação do concreto usinado. Com o crescimento da cidade de Poços de Caldas nos últimos anos, há uma tendência em se aumentarem as ocorrências relacionadas às falhas durante a concretagem em obras de pequeno e médio porte, alinhado com a falta de profissionais com conhecimentos e experiências que proporcionem melhor controle tecnológico. Estas possibilidades podem provocar insegurança para os futuros moradores, com o surgimento de patologias e até acidentes. Perante o exposto, este trabalho teve como objetivo a elaboração de um manual prático de orientação para a população em geral, com destaque aos proprietários que contratam os serviços da concreteira e dos responsáveis técnicos, com a finalidade de norteá-las sobre as ações, controle e responsabilidades durante o recebimento/utilização do concreto usinado.

Palavras-chave: Concreto usinado, Normatização, Manual, Propriedades do concreto.



1 INTRODUÇÃO

O concreto de cimento Portland é um material de construção amplamente utilizado nos últimos anos. Seu uso em larga escala possui algumas vantagens como excelente resistência à compressão após endurecido, ser economicamente atrativo e por ser um material de fácil moldagem, possibilitando a construção em diversas formas e tamanhos (LOPES; PEÇANHA; CASTRO, 2020).

A sua produção pode ser em canteiro de obras ou em escala industrial, onde se realiza nas usinas de concreto com um maior controle tecnológico. No que diz respeito à sua produção em grande escala, além de ser um ótimo termômetro econômico e poder apresentar benefícios quanto à segurança estrutural de moradias, serve também para alertar acerca dos procedimentos de comercialização, preparo e aplicação. Para garantir que o concreto seja utilizado de forma correta e eficiente, é necessário conhecer suas propriedades, como trabalhabilidade, coesão, resistência à compressão, durabilidade, entre outros, bem como as técnicas adequadas e padronizadas para sua aplicação.

No Brasil, os responsáveis por essas padronizações é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é o Foro Nacional de Normalização que atua desde 1940. Este órgão privado é responsável pela elaboração de normas técnicas, contribuindo para o desenvolvimento através de certificação, segurança e defesa dos consumidores. No âmbito da construção civil, existem diversas diretrizes estabelecidas pela ABNT para as mais diversas etapas; desde a aquisição dos materiais, os procedimentos de preparo do concreto, lançamento e de cura do concreto. Além de ensaios padronizados para aferir o correto desempenho e garantia da qualidade e durabilidade dos empreendimentos.

Essas normas e diretrizes devem ser de conhecimento dos profissionais técnicos que acompanham a obra. Mas muitas vezes, o cliente consumidor não sabe da importância dos procedimentos de execução e desconsidera as informações e solicitações do profissional, por demandar custo extra e não compreenderem a importância no processo. Com isso é necessário que haja um conhecimento por parte da população em geral dos procedimentos que devem ser executados durante a concretagem para garantir a qualidade e segurança do concreto utilizado na obra, como preconizado nas normas.

Devido à importância do produto na sociedade e o alto consumo de materiais que demoram ser produzidos na natureza, diversos estudos têm sido desenvolvidos focados para melhoria das propriedades do concreto. Dado o exposto anterior, esta pesquisa tem como enfoque principal a elaboração de um manual para melhorar o acesso à informação sobre os procedimentos de utilização do concreto usinado. Com o objetivo de auxiliar na utilização do concreto, este trabalho apresenta um roteiro prático e de fácil compreensão, contendo informações e orientações sobre os diferentes tipos de concreto, seus componentes, dosagem, mistura, transporte, lançamento e cura. Além disso, serão



aqui apresentados temas como segurança na utilização do concreto, cuidados durante a execução da obra e soluções para possíveis problemas que possam surgir.

Este artigo relacionado ao uso do concreto é destinado a pessoas cujo objetivo é executar sua primeira compra/aquisição de serviço de concretagem, bem como para profissionais da construção civil, estudantes de engenharia e arquitetura, bem como a qualquer pessoa interessada em aprender mais sobre o assunto. Com o conhecimento adquirido através deste material, espera-se que o uso do concreto seja mais eficiente e seguro, garantindo a qualidade das obras e a satisfação dos clientes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCRETOS: DEFINIÇÃO E CONSTITUINTES

O concreto é um material formado de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água. Caso seja necessário realizar modificações em suas propriedades, pode ter adições (sílica ativa, pozolanas, cinzas volantes etc.) e outros tipos de aditivos (BASTOS, 2023).

Em relação à mistura que constituem o concreto, pode-se dizer que geralmente $\frac{3}{4}$ do volume do concreto são agregados. Isso ocorre por alguns fatores, sendo que um deles é a econômica, pois em relação à massa por valor (kg/\$), os agregados são os componentes mais baratos da composição do concreto. Por essa razão eles tendem a baratear o valor do metro cúbico, há sempre a necessidade de se encontrar a melhor proporção entre os materiais (dosagem) para que se tenha o concreto mais adequado para a utilização desejada com o melhor valor possível.

A qualidade dos agregados deve ser um fator de seleção para a composição do concreto, uma vez que eles podem limitar sua resistência mecânica e química. Concretos dosados em centrais, que são usinas responsáveis pela dosagem, produção e entrega ao comprador do concreto em estado plástico e não endurecido (MEHTA; MONTEIRO, 2008) geralmente possuem laboratórios próprios, ou contratados, para a avaliação da qualidade dos agregados, pois a seleção dos materiais com as melhores propriedades e características resultam no concreto com a melhor formulação para determinadas aplicações. A princípio, os agregados eram tidos como materiais inertes, dispersos na pasta de cimento, e eram utilizados principalmente por razões econômicas. Entretanto, é possível adotar uma visão contrária e considerá-los um material de construção ligado a um todo coeso por meio da pasta de cimento, de modo semelhante à alvenaria (NEVILLE, 2016).

Os agregados que compõem o concreto necessitam de boa resistência mecânica e não devem apresentar potencialidade reativa. A presença de certos minerais nos agregados com hidróxidos alcalinos na estrutura interna do concreto possibilita uma reação química denominada reação álcali-agregado (NOGUEIRA, 2010). Esta reação forma produtos que na presença de umidade podem gerar fissuras e conseqüentemente comprometer as estruturas de concreto.

Os agregados também tornam o concreto mais durável, pois as características de estabilidade de volume e durabilidade em comparação com a pasta de cimento é maior. Em quase sua maioria, os agregados são extraídos de depósitos naturais, e podem ser classificados em dois tipos segundo a norma ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto – Especificação:

- a) Agregado graúdo: Agregado 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, em ensaio realizado de acordo com a norma ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela norma ABNT NBR NM ISO 3310-1. Os agregados graúdos geralmente são provenientes de rochas matrizes, cujas características mecânicas são importantes para o concreto, além de suas características como alta resistência à compressão, sua dimensão, resistência à tração entre outras são critérios para determinação de sua utilização no compósito;
- b) Agregado miúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, em ensaio realizado de acordo com a norma ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela norma ABNT NBR NM ISO 3310-1. Em geral, os agregados miúdos são os que conferem ao concreto as características de aglutinação dos agregados graúdos, sendo que a mistura do cimento, água e agregados miúdos produzem a argamassa, responsável pela melhor distribuição dos agregados graúdos para que se tenha homogeneidade no produto.

De La Iglesia, Murillo e Restrepo (2021, p. 2) destacam que “os agregados mais utilizados no mundo vêm de depósitos naturais formados em leitos de rios ou várzeas e são relativamente baratos, pois geralmente não requerem nenhum processo industrial”. Atualmente, há vários concretos especiais que possuem componentes adicionais, como fibras, polímeros e outros aditivos, para que seja aplicado em uma situação específica do cotidiano.

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, conferindo o aumento na resistência mecânica (PETRUCCI, 1998). Assim, o cimento é o principal constituinte do concreto no que diz respeito à melhoria das propriedades mecânicas; sendo que, atualmente, é possível atingir resistências mecânicas acima de 60 MPa. Essa melhoria de propriedades do concreto, em geral, ocorre a partir de pequenas mudanças/otimizações na formulação, na redução do fator água/cimento (a/c), aumentando a trabalhabilidade do estado fresco, redução de ar incorporado, ou até tempo de pega, entre outros.

Os aditivos não precisam necessariamente estar presente na mistura para caracterizar um concreto. Embora não sejam um componente essencial da mistura de concreto, eles são componentes importantes e cada vez mais difundido. Em vários países, uma mistura sem aditivos pode ser considerada uma exceção (NEVILLE, 2016).



Os aditivos têm inúmeras funções para o concreto, pois podem elevar as resistências mecânicas, de trabalhabilidade e de tempo de início de pega e ajustando as propriedades necessárias em função da aplicação. Os seus custos são razoavelmente altos, porém os benefícios que essa adição traz, é compensado. Nas misturas, podem ser utilizados aditivos que melhorem as propriedades do concreto, melhorando a conectividade e reduzindo a demanda de água na mistura. Os aditivos modernos complexos aceleram o endurecimento e podem melhorar a sua resistência mecânica em geral (CHIKNOVORYAN; MIZURYAEV; ZHIGULINA, 2020).

2.2 TIPOS DE CONCRETOS

Conforme Mehta e Monteiro (2008), os concretos podem ser classificados de acordo com sua massa específica. Um concreto com areia natural e agregados britados com massa específica da ordem de 2400 kg/m^3 , é classificado como concreto de densidade normal, sendo o mais utilizado para fins estruturais. Já o concreto produzido com agregados menos densos e abaixo de 1800 kg/m^3 são classificados como concretos leves. Concretos pesados são caracterizados por concretos produzidos com agregados mais densos e que geralmente possuem massa específica acima de 3200 kg/m^3 .

De acordo com a norma ABNT NBR 8953 (2015), os concretos estruturais que apresentam resistência à compressão menor que 20 MPa são classificados como não estruturais, enquanto igual ou acima deste valor podem ser classificados como classes de resistências grupo I e grupo II

A depender do vão a se vencer no projeto estrutural com os concretos convencionais, o elemento estrutural poderá ter dimensões significativas, dessa forma acaba que o peso do próprio elemento inviabiliza a sua execução, o tornando deficiente para essa aplicação (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Ainda segundo os autores, para correção do problema, existem as opções de substituição dos agregados convencionais para agregados leves, a fim de diminuir a massa específica do concreto, a utilização de superplastificantes ou aditivos redutores de água, que aumentam a resistência do concreto, e também a combinação dessas alternativas para melhorar ainda mais a aplicação do concreto.

São apresentados, a seguir, os principais tipos de concretos especiais e aplicações:

- a) Concreto Estrutural Leve: Concreto caracterizado pela massa específica baixa, reduzindo aproximadamente dois terços da massa específica quando comparado com o concreto feito com material típico. São aplicados em obras que implicam em um custo total mais baixo;
- b) Concreto de Alta Resistência: Definido com base no valor de resistência à compressão a uma determinada idade. Podem ser aplicados em quaisquer tipos de estrutura, mas oferecem vantagem de construção de pilares mais finos;

- c) **Concreto Auto Adensável:** Definido como um concreto fluido, podendo ser moldado sem uso de vibradores, evitando a segregação de agregado graúdo da argamassa. São aplicados em concretagem submersa, e em estruturas densamente armadas;
- d) **Concreto de Alto Desempenho:** Concreto que atenda à combinação específica entre requisitos e desempenho, para aplicações e ambientes específicos. As principais aplicações são em estruturas sofisticadas, como plataformas de petróleo, pontes de vão longo e viadutos;
- e) **Concreto com Retração Compensada:** Concreto de cimento expansivo, que quando empregado, devido às restrições de formas e armaduras, expandir-se-á em maior ou igual quantidade esperada por retração. São aplicados em elementos estruturais como lajes, pavimentos, vigas protendidas e telhados;
- f) **Concreto Reforçado com Fibras - CRF:** Concreto que contém cimento, água, agregados e fibras discretas descontínuas, podendo ser de aço, plástico, vidro e materiais naturais. Aplicados em estruturas que contém armadura contínua apropriadamente projetada;
- g) **Concreto Contendo Polímeros:** Possuem três categorias: O concreto polimérico (CP), concreto modificado com látex (CML) e concreto polimérico de Cimento Portland (PPCC);
- h) **Concreto Pesado para Blindagem de Radiação:** Caracterizado pelo emprego de agregados pesados, aproximadamente 50% a mais que os agregados com peso normal. Comumente usados para blindagens biológicas em usinas nucleares, unidades médicas e instalações para ensaios e pesquisas atômicas;
- i) **Concreto Massa:** Concreto em estrutura maciça que requer meios especiais para combater a geração de calor decorrente da variação de volume. São bastante aplicados na construção de barragens;
- j) **Concreto Compactado com Rolo (CCR):** Concreto que é compactado por meio de rolagem. No estado não endurecido, deve suportar o rolo enquanto é compactado, e secando o suficiente para evitar o afundamento do rolo bem como estar úmido suficiente para permitir a correta compactação e distribuição adequada do material.

2.3 PREPARO DO CONCRETO

A dosagem pode ser definida como a proporção adequada dos materiais constituintes, como cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, água e aditivos. Sendo assim, o projetista de estruturas é responsável pelas propriedades do concreto no estado endurecido, enquanto as propriedades no estado fresco dependem também de técnicas de execução como transporte, lançamento e adensamento do concreto (HELENE; TERZIAN, 1992).



Após a definição da formulação (traço) do concreto a ser usada, a massa pode ser preparada tanto em obras como em centrais dosadoras. Conforme definição da norma ABNT NBR 12655 (2015, p. 3), o concreto preparado em obra é o “concreto preparado pelo executante da obra: Quando a dosagem e a elaboração do concreto são realizadas no canteiro de obras pelo construtor”. Por outro lado, existe outro tipo de preparo de concreto, em centrais dosadoras, que se responsabilizam pela dosagem e mistura.

2.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO

Neville e Brooks (2013) definem que um bom concreto é aquele que é satisfatório em seu estado fresco e endurecido, satisfazendo assim durante a etapa de lançamento da betoneira até o adensamento nas fôrmas. Deste modo, em geral, há exigências que devem ser cumpridas para que o concreto seja classificado como aceitável ou conforme.

No estado fresco, a propriedade analisada é a consistência para que o concreto possa ser adensado corretamente. A consistência está diretamente relacionada com a trabalhabilidade do concreto, que é uma propriedade composta por coesão e fluidez (MEHTA; MONTEIRO, 2008). A coesão da mistura afere a segregação e a exsudação da mistura. Já a fluidez, afere a facilidade de mobilidade do concreto fresco.

No estado endurecido, a principal propriedade medida é a resistência à compressão, e é fácil de ser mensurada (NEVILLE, BROOKS, 2013). A resistência à compressão possui relação com outras propriedades como massa específica, durabilidade, impermeabilidade, resistência à tração, resistência à abrasão, resistência ao impacto, módulo de elasticidade e outras.

2.4.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é definida como uma propriedade física do concreto que corresponde à quantidade de energia necessária para provocar o adensamento completo do concreto (NEVILLE, 2016). É uma propriedade essencial para o máximo adensamento possível em fôrmas, tendo como principal fator o teor de água na mistura, mas que também pode ser influenciada pelo consumo de cimento, características dos agregados (tamanho e proporção) e aditivos (MEHTA; MONTEIRO, 2008). O excesso de quantidade de água adicionada, apesar de melhorar a trabalhabilidade do concreto, pode comprometer a resistência mecânica do concreto, devido a formação de vazios após o excesso de água ser removido (NEVILLE, 2016).

A trabalhabilidade do concreto fresco determina a facilidade com que uma mistura de concreto possa ser manipulada sem que haja segregação que comprometa a resistência do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A trabalhabilidade integra certas características como coesão e consistência. Andolfato (2002, p. 11) define a consistência como uma “propriedade relacionada ao grau de fluidez da mistura”. Já Mehta e Monteiro (2008, p. 330) definem a consistência como “ medida da umidade da mistura de concreto, o qual é comumente avaliada em termos de abatimento”.

Mehta e Monteiro (2008, p. 330) definem coesão como “ uma medida da facilidade de adensamento e acabamento, geralmente avaliada pela capacidade de desempenamento e pela avaliação visual da resistência a segregação”.

A segregação é definida como a separação dos constituintes de uma mistura de concreto de modo que a sua distribuição não seja uniforme, podendo ser de dois tipos: O primeiro tipo proveniente de misturas de concreto secas que causam separação dos agregados graúdos e da argamassa, e o segundo tipo são oriundas de misturas muito fluídas, denominada exsudação (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

O outro tipo de segregação, a exsudação, é definida por Mehta e Monteiro (2008, p. 370) como “fenômeno cuja manifestação externa é o surgimento de água na superfície após o concreto ter sido lançando e adensado, porém, antes de sua pega.

2.4.2 Matriz, reforço e interface dos concretos

O concreto é um material que possui duas fases: fase matriz e fase dispersa (também conhecida como reforço). A fase matriz corresponde à fase contínua do material e envolve a fase dispersa, que podem ser partículas, fibras entre outras. As propriedades do concreto estão relacionadas com estas fases constituintes e pela geometria da fase dispersa, que são a forma, o tamanho, a distribuição e orientação das partículas (CALLISTER, RETHWISCH, 2012).

A fase dispersa ou também chamada de fase agregada é a principal responsável por algumas propriedades do concreto como massa unitária, módulo de elasticidade e estabilidade dimensional, com base na densidade e resistência dos agregados (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Todavia, não influencia diretamente na resistência do concreto, mas pode favorecer a ocorrência de exsudação, que é a formação de água na superfície do concreto após o lançamento e adensamento (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A fase matriz ou pasta de cimento hidratada tem maior responsabilidade na resistência e outras propriedades mecânicas do concreto. Em sua microestrutura, é observado que a má distribuição e heterogeneidade das várias fases da matriz de cimento pode prejudicar diretamente as propriedades mecânicas do concreto, e, portanto, é indispensável a atenção voltada para as propriedades reológicas da pasta de cimento no estado fresco, que de certa forma influencia a microestrutura da pasta de cimento endurecida (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Desta forma, esta aglomeração pode causar a retenção uma certa quantidade de água na mistura provocando a formação de vazios e outros defeitos em sua microestrutura (CASTRO, PANDOLFELLI, 2009). Com isso, pode-se estabelecer uma relação entre a microestrutura e as propriedades do material.

Mehta e Monteiro (2008) destacam que as características desejáveis do concreto como resistência mecânica, estabilidade dimensional e durabilidade são dependentes das propriedades da pasta de cimento hidratada, que por sua vez depende da quantidade de sólidos e vazios presentes no meio. Para completar, a resistência é caracterizada pelas interações de Van der Waals, e que o nível de interação depende da forma e natureza das superfícies envolvidas, entre os agregados e a pasta de cimento. No entanto, muitas das propriedades do concreto são analisadas pela região denominada zona de transição na interface. Esta região corresponde a uma “fase” separada, que é a área próxima à região dos agregados graúdos, e é considerada a parte mais frágil do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Logo após a compactação do concreto em seu estado ainda fresco forma-se uma camada denominada de filme, ao redor dos agregados constituintes do concreto, aumentando a relação entre cimento/água. Os íons de cálcio, sulfato, hidroxila e aluminado combinam-se e forma cristais etringita e hidróxido de cálcio. Estes produtos cristalinos, na proximidade dos agregados graúdos, são cristais maiores e conseqüentemente formam uma matriz mais porosa da pasta de cimento. Porém, com o desenvolvimento da hidratação, os cristais menores preenchem os vazios da pasta de cimento aumentando sua resistência (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A força de atração de Van der Waals é responsável pelo contato da hidratação com o agregado e influenciando na resistência apresentada pela zona de transição na interface do concreto, sendo relacionada ao volume e ao tamanho da área em vazio na estrutura. Um problema para as interfaces de concreto relacionadas à baixa resistência está diretamente conectado às microfissuras que estão sujeitas a fissuração quando submetidas a tensões de tração. A quantidade de microfissuras depende de muitos parâmetros, incluindo o tamanho do agregado e a sua distribuição granulométrica, consumo de cimento, relação água/cimento (a/c), grau de adensamento do concreto no estado fresco, condições de cura, umidade ambiente e histórico térmico do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A zona de transição na interface, portanto, é o que ocasiona a ruptura do concreto a níveis baixos de tensão do que a resistência dos outros constituintes principais e que não exigem um nível de energia muito alto, apresentando um comportamento inelástico na compressão uniaxial (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Em algumas construções com estruturas de concreto são necessárias aplicações de reforço para aumentar a resistência a cargas, diminuir as perdas por deterioração, corrigir deficiências de projeto ou aumentar a ductilidade (FUGIYAMA et. al., 2021). Como material estrutural, o concreto possui algumas limitações e desvantagens como baixa resistência à tração, contrações térmicas e expansões.

Para melhorar estas deficiências, podem ser utilizados reforços e aditivos como aço, vidros, náilon e polietileno, além de técnicas de fabricação de concreto protendido e pós-tracionamento (CALLISTER, RETHWISCH, 2012).

2.4.3 Cura dos concretos

Segundo Neville (2013, p. 334), “cura é a denominação dada aos procedimentos adotados para promover a hidratação do cimento e consiste no controle da temperatura e da entrada e saída de água do concreto”. Tem por objetivo o controle da temperatura e perda de umidade, para alcançar a resistência pretendida (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

O procedimento de cura tem por objetivo manter o concreto saturado com os produtos de hidratação do cimento. Consiste na adição de água ao concreto para substituir a água evaporada por meio da auto dessecação (NEVILLE; BROOKS, 2013). Para construção de estruturas de concreto, é interessante evitar a desforma antecipada, já que isso provocaria a evaporação da água do concreto nas primeiras idades (GRILLO, 2014 *apud* ISAIA, 2011).

Segundo Pacheco e Helene (2013), vários procedimentos podem ser adotados para a cura do concreto: represamento ou imersão, borrifamento de água ou neblina de água (spray), revestimentos saturados que retenham umidade e vedação da superfície concretada através de uma aplicação de uma manta de papel. Os autores destacam também que a cura inadequada provoca secagens prematuras, facilitando o ataque de agentes agressivos e o aparecimento de fissuras, comprometendo a durabilidade da estrutura, com o surgimento de patologias que podem gerar descontentamentos para os futuros moradores.

2.4.4 Resistência à compressão

Configura-se como resistência todo material que suporta tensões sem romper, sendo estas identificadas com surgimento de fissuras sendo que a microestrutura do concreto possui muitas fissuras antes mesmo de exercer tensão sobre o material.

A resistência à compressão do concreto tem sido utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle de qualidade do concreto em obras devido à simplicidade de moldagem de corpos de prova cilíndricos e na sensibilidade da resistência às alterações do traço de mistura, além da importância dessa propriedade em projetos estruturais (HELENE; TERZIAN, 1992).

Muitas das propriedades do concreto, como módulo de elasticidade, estanqueidade ou impermeabilidade, e resistência a intempéries, incluindo águas agressivas estão correlacionadas à resistência e, por isso, podem ser deduzidas a partir dos dados da resistência mecânica à compressão (MEHTA; MONTEIRO, 2008).



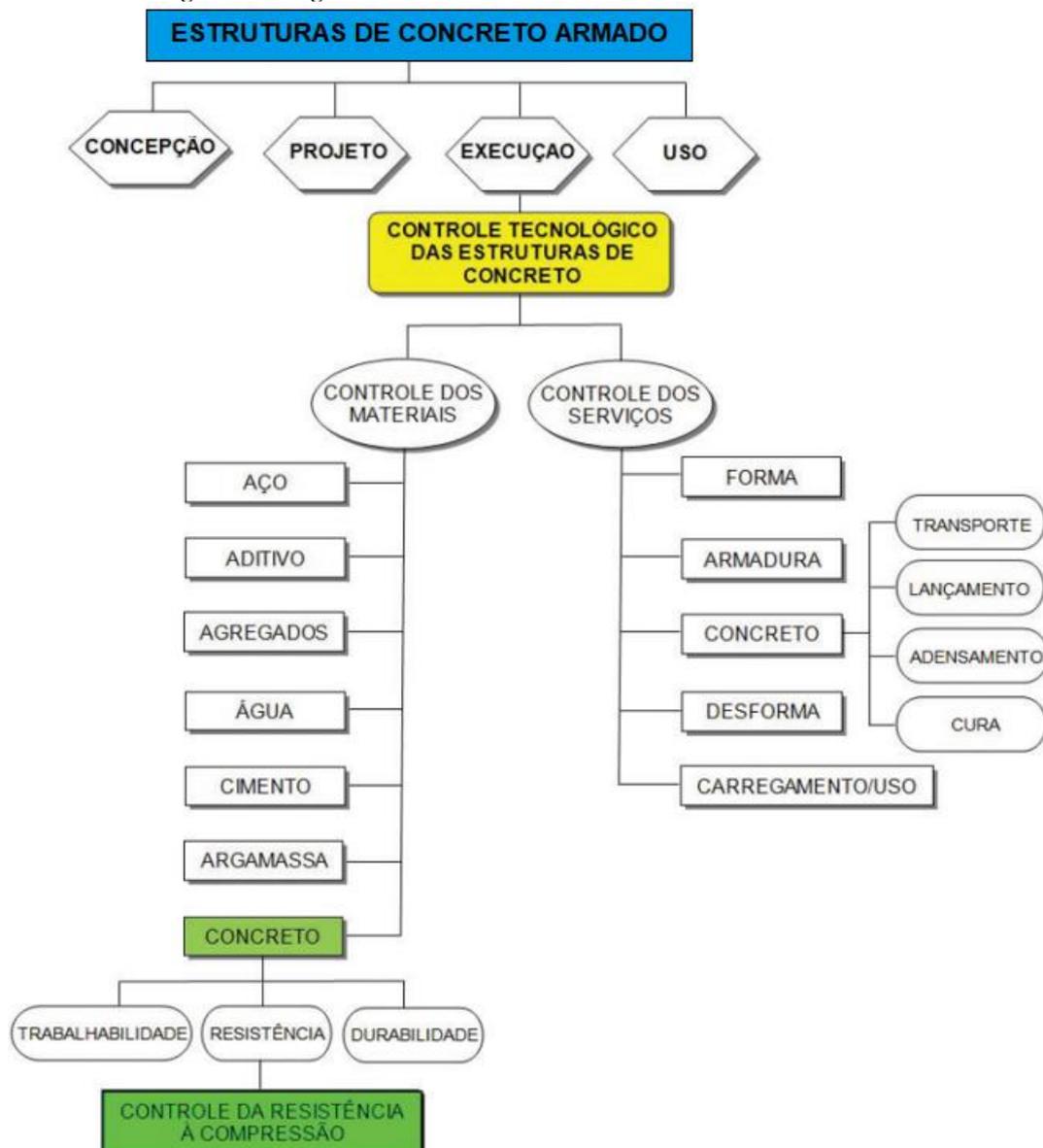
A estrutura do concreto deve abordar a relação resistência-porosidade com seriedade, e visto que os poros nas fases componentes, junto da zona de transição, são limitantes da resistência. No concreto contendo baixa porosidade ou agregados de alta resistência, a resistência do material será governada pela resistência tanto da matriz quanto da zona de transição na interface (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Ao se aplicar tensões no concreto, a resposta não depende apenas do tipo de tensão aplicada, mas a combinação de fatores que afetam a porosidade e proporção dos traços do concreto, o grau de compactação e condições para a cura. Para a resistência do material, a relação água/cimento (a/c) e porosidade são de extrema importância por afetar diretamente a matriz da argamassa de cimento e a zona de transição na interface da matriz e agregado graúdo.

A norma ABNT NBR 5738 (2015) – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto - estabelece os procedimentos necessários para molde e cura dos corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, e a norma ABNT NBR 5739 (2018) – Ensaio de Compressão de Corpos de prova cilíndricos – prescreve o método de ensaio de compressão dos corpos de prova.

Como destacado por Helene e Terzian (1992, p. 104), “vários são os fatores que intervêm na resistência do concreto da estrutura; desde a heterogeneidade dos materiais até o transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto na obra”. A figura 1 mostra um diagrama de blocos onde são mostrados os fatores que interferem no controle da resistência do concreto.

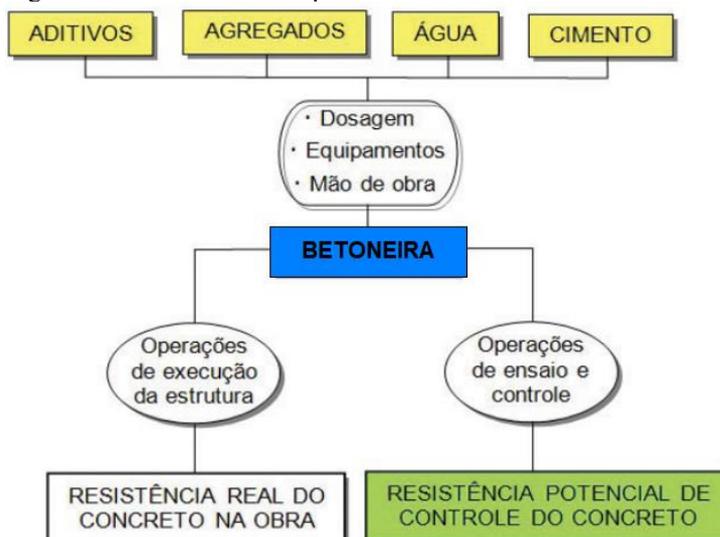
Figura 1 - Diagrama de blocos de controle da resistência do concreto.



Fonte: adaptado de PACHECO, HELENE, 2013.

A medida de resistência à compressão é obtida mediante amostra na saída da betoneira, conforme mostrado no diagrama de blocos da figura 2.

Figura 2 - Resistência à compressão do concreto obtido na betoneira.



Fonte: adaptado de PACHECO, HELENE, 2013.

De acordo com a figura 2, a mistura dos materiais constituintes realizados na betoneira possui dois destinos: Parte do concreto misturado é coletada por meio de amostras que são submetidas às operações de ensaio e controle. Já o restante material é direcionado para um determinado componente estrutural.

De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares que dependem do tipo de controle da resistência, que podem ser: Controle estatístico por amostragem parcial ou controle estatístico por amostragem total. O controle por amostragem parcial é um método de cálculo que faz uma estimativa da resistência característica (f_{ck}). Já o controle por amostragem total, a retirada de amostras deve ser realizada a cada betonada, e admite-se o valor de (f_{ck}) estatístico igual ao obtido pelo exemplar que representa o concreto da betonada (NBR 12655, 2022).

Durante a etapa de amostragem, cada exemplar é constituído de dois corpos de prova da mesma amassada para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Os dois corpos de prova são submetidos aos ensaios de compressão, e adota-se o maior valor como resistência.

O resultado obtido nas operações de ensaio e controle é o valor de referência para o dimensionamento da estrutura. Porém, geralmente, as condições dos corpos de prova são diferentes das condições estruturais reais, como geometria, adensamento e acabamento (HELENE; TERZIAN, 1992).

2.4.5 Durabilidade

A durabilidade do concreto nas estruturas está atribuída à capacidade de resistir às agressões oriundas do meio externo, sendo alguns de natureza física ou química, e geralmente estão associadas a fenômenos expansivos no interior do concreto já endurecido (FUSCO, 2008).

A estrutura do concreto deve manter suas características de resistência mecânica e utilidade ao longo do tempo estimado, possuindo uma vida útil longínqua e duradoura, suportando o processo de deterioração enquanto exposto e conseqüentemente identificado com um concreto durável.

O concreto pode apresentar durabilidade inadequada na qual tem como surgimento através da deterioração interna ou externa, sendo de naturezas físicas (efeitos da alta temperatura ou diferenças entre os coeficientes de dilatação térmica do agregado e da pasta de cimento endurecida), mecânicas (derivada de impactos, abrasão, erosão e cavitação) ou químicas (reações álcali-sílica e álcali-carbonato) onde utiliza-se de íons agressivos como cloretos, sulfatos, dióxidos de carbono (gás carbônico) e líquidos ou gases (industriais ou naturais).

A durabilidade do concreto considera três grandes fluidos que penetram na estrutura, movimentando-se de diversas formas e dependentes da estrutura da pasta de cimento hidratada, sendo:

- a) Água pura ou junto de íons agressivos;
- b) Gás carbônico;
- c) Oxigênio.

A facilidade de penetração e movimentação destes fluidos em estado líquido ou gasoso internamente no concreto, gerando um fluxo através de um meio poroso determinará a permeabilidade do concreto. Nota-se que estes fluxos internos não ocorrem somente pelo escoamento por meio de poros, mas outros meios de fluxo existentes se destacam, como a difusão e sorção, causando os resultados de penetrabilidade do concreto.

Os poros importantes para a permeabilidade são os contínuos de diâmetro mínimo de 120 ou 160 μm , em contrapartida, os irrelevantes serão poros descontínuos por possuírem água adsorvida e de aberturas estreitas. O agregado do concreto em geral também apresenta comportamento descontínuo, onde os mesmos estão envoltos pela pasta de cimento e não influenciando na permeabilidade. Por este motivo as bolhas de ar discretas envolvidas no concreto também não causam mudanças na permeabilidade.

2.5 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO E SUAS BARREIRAS

O controle de aceitação do concreto é feito baseado no atendimento das propriedades especificadas. A finalidade é julgar se o concreto está conforme com o especificado ou não (HELENE, TERZIAN, 1992). Portanto, o controle de qualidade do concreto durante o emprego em estruturas é imprescindível para a garantia da satisfação das exigências especificadas.

Para o controle tecnológico do concreto, são analisados alguns parâmetros como consumo de cimento determinado pela usina, o fator água/cimento (a/c), o abatimento no estado fresco, mapeamento do concreto, moldagem dos corpos de prova e os ensaios de compressão. Estes indicadores são uma maneira de avaliar a qualidade do concreto que está sendo entregue, de forma a



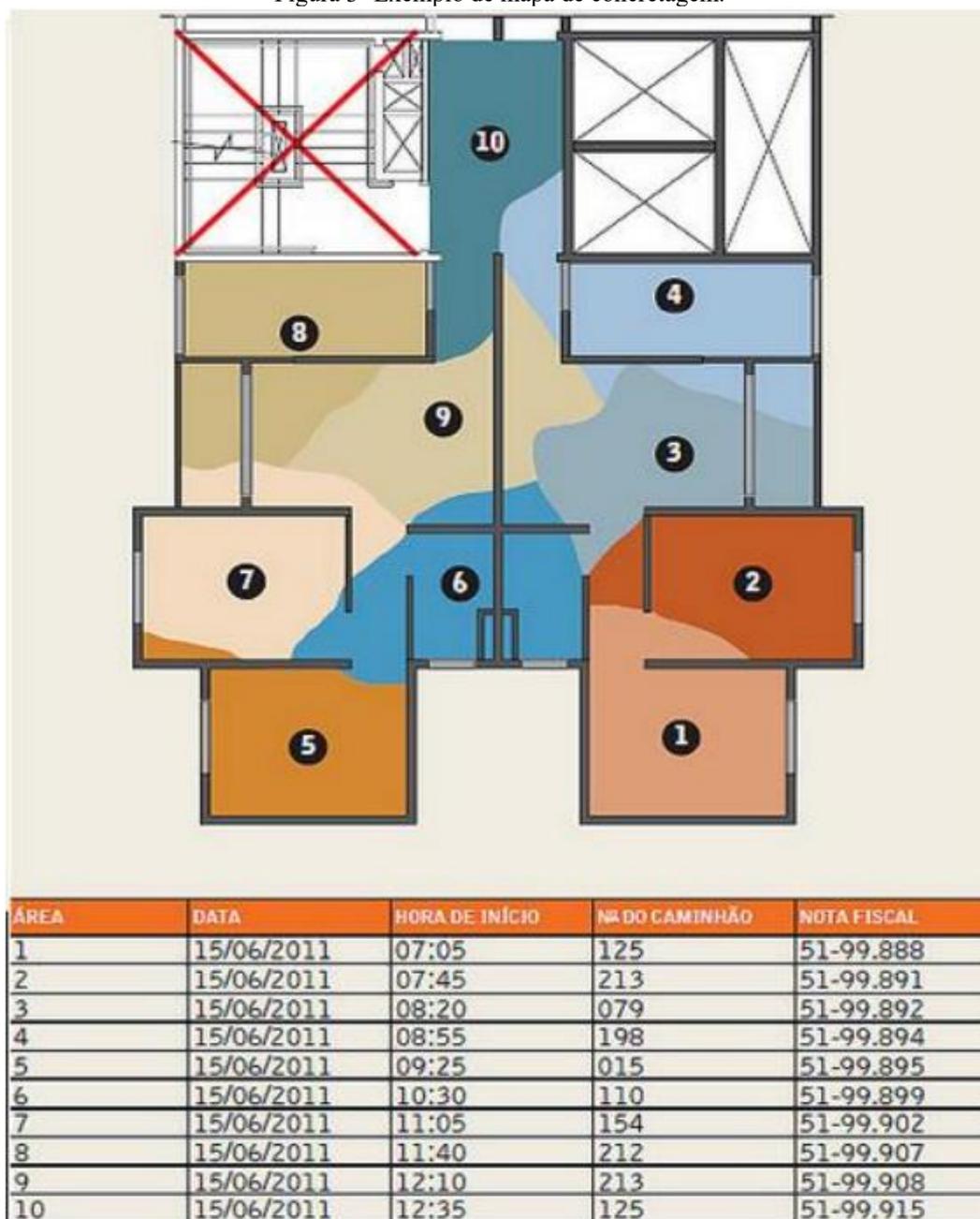
verificar o atendimento às propriedades desejadas, e conseqüentemente, garantindo melhor desempenho da estrutura.

A rastreabilidade é um tipo de controle do concreto em que se faz o registro do histórico de aplicação. O modelo mais utilizado é a elaboração de mapas de concretagem, onde são marcados em plantas os elementos que serão concretados, e associá-los ao material que está sendo empregado. A ferramenta auxilia no estudo de uma possível não conformidade que possa ocorrer para tratamento do problema (ZALAF, FILHO, BRAZ, 2014). A figura 3 representa um exemplo de mapa de concretagem.

Na indústria do concreto, a qualidade passa pelo controle das matérias primas, processo de mistura, etapas de execução e testes de conformidade (SCHUTTER; LESAGE, 2018). Geralmente em obras de grande porte, há um processo bastante rigoroso com a qualidade do concreto trabalhado, pois são construções que necessitam de um concreto mais resistente devido à escala e estrutura. Entretanto, em obras de pequeno e médio porte, de uma maneira geral, não há um controle bastante efetivo. Segundo Gomes Neto (*apud* RIBEIRO et al., 2016, p. 734), “as obras de pequeno e médio porte, na maioria das vezes, negligenciam as especificações normativas referentes ao controle tecnológico do concreto, inclusive com a conivência dos responsáveis por esta”.

O aumento da relação água/cimento (a/c) modifica as propriedades mecânicas do concreto, provocando a formação de vazios que diminuem a resistência mecânica. Quando ocorre excesso de adição de água na mistura, pode não atender aos parâmetros pré-estabelecidos para aplicação (BARBOZA, et. al., 2017).

Figura 3- Exemplo de mapa de concretagem.



Fonte: ZALAF, FILHO, BRAZ (2014).

De acordo com Magalhães (2014), em algumas obras brasileiras, os responsáveis pela concretagem, devido à falta de conhecimento técnico, ainda exigem a adição suplementar de água para aumentar o abatimento, facilitando o processo de lançamento e adensamento do concreto. Segundo a norma ABNT NBR 7212 (2021), este fato isenta a empresa responsável pelo fornecimento do concreto de qualquer responsabilidade quanto às características especificadas em pedido, devendo este fato ser documentado.

Este trabalho buscou elaborar um manual de orientação para os usuários do concreto usinado em obra, a fim de explicar e estabelecer um roteiro de procedimentos indispensáveis para assegurar a correta execução de emprego do concreto usinado, evitando comprometer a qualidade do mesmo.



3 METODOLOGIA

3.1 A CRIAÇÃO DO MANUAL DO USUÁRIO

Este trabalho foi embasado na criação de uma proposta de manual prático de recebimento do concreto cujo objetivo foi orientar profissionais, consumidores e pessoas em geral relacionadas ao uso do concreto usinado. O manual também servirá para transparecer as responsabilidades legais dos trabalhadores de acordo com a sua categoria, bem como as consequências e eventuais prejuízos que possam ocorrer diante de algumas falhas de execução.

A construção deste manual foi concebida com base em informações baseadas na experiência profissional dos autores, que se depararam ao longo da jornada com vários erros de execução e que demonstraram falta de controle tecnológico efetivo, em médias e pequenas obras. Diante da gravidade do problema, o trabalho em questão propõe uma solução simples, porém muito didática como instrumento de auxílio para a prevenção, tratamento e resolução do problema.

O desenvolvimento deste manual foi realizado estabelecendo-se uma divisão de fases do emprego de concreto usinado. Estas fases consistiram em compra, aplicação e pós aplicação. Desta forma, o objetivo específico deste modelo foi a de esclarecer de maneira clara o processo como um todo, mas organizado de forma lógica e sequencial, em concordância com as etapas de início, desenvolvimento e término da obra.

Para auxiliar na construção deste manual, foram consultados diversos artigos, periódicos, livros, normas técnicas, monografias e legislação municipal, para estabelecimento das devidas recomendações, respaldadas por bibliografia específica que abordam o assunto.

Como benefício, este manual de utilização propõe em segundo plano uma conscientização dos profissionais quanto às responsabilidades e importância do cumprimento correto de todas as etapas, visto que estes estão lidando diretamente com a segurança dos futuros moradores de tais empreendimentos. Concomitantemente, esse manual alerta quanto aos perigos da deficiência de controle de qualidade, corriqueira em pequenas e médias obras, geralmente causadas por colaboradores desprovidos de informações e orientações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MANUAL DO USUÁRIO

O manual elaborado pelos autores deste trabalho foi criado levando-se em conta algumas etapas de todo o processo que envolve uma execução de obra civil. Pois o concreto pode ser utilizado em fundações, estruturas de concreto armado, contra-pisos e calçadas/pavimentos. E em todas estas etapas haverá a necessidade de controle desde a solicitação do concreto usinado até os procedimentos de cura, divididos em compras, aplicação e pós-aplicação neste manual. Cabe ressaltar que, apesar de ser um recorte de uma execução completa de uma obra, esta fase é crucial e de extrema importância para a



estrutura da edificação, garantindo economia e segurança. A seguir é apresentado cada tópico com os seus respectivos fatores, variáveis e responsabilidades, bem como exemplos associados.

4.1.1 Aquisição/Compra do Concreto Usinado

Antes de uma pesquisa criteriosa para definição de um fornecedor de concreto, o usuário deve entender em qual momento deve realizar um pedido de concreto frente a uma concreteira. Como a estrutura de uma edificação é composta por algumas peças estruturais como lajes, vigas, pilares e sapatas, estas peças devem estar devidamente preparadas para o lançamento do concreto, com todo o escoramento e formas para moldura dos elementos estruturais nas dimensões e posições projetadas. Vale ressaltar que o concreto usinado não é transportado em volumes inferiores a 3m³ no caminhão betoneira (ABNT NBR 7212, 2021), então é necessário que haja este consumo para ser viável a aquisição do concreto usinado.

Ao avaliar que o andamento da obra requer uma solicitação de serviço de concretagem, é recomendada uma pesquisa detalhada sobre as opções de usinas de concreto disponíveis na região e busca por referências comerciais. Por meio de alguns critérios, é possível definir com uma sustentação técnica a escolha do fornecedor do concreto usinado mais confiável para a concretagem. São apresentados a seguir vários pontos fundamentais para uma boa escolha da concreteira.

4.1.1.1 Pesquisa

A pesquisa sobre avaliações em *reviews* online e consulta com outros clientes pode ser um indicador bastante positivo na definição de um fornecedor de concreto usinado. Com base nestas informações, há uma probabilidade maior de escolha de uma fornecedora de concreto que seja mais competente do ponto de vista de qualidade de serviço prestado; e empresas bem avaliadas geralmente possuem um modelo de trabalho mais rigoroso nos processos de escolha de matérias primas, preparo, mistura e maior segurança no fornecimento do concreto. Como parâmetros, o cliente pode solicitar informações sobre a realização de ensaios nas amostras que vendem, ensaios dos agregados que são utilizados conforme solicitado pela ABNT NBR 12655:2022.

Outra recomendação é a de evitar a troca de fornecedores durante a continuidade da obra, visto que podem ocasionar perdas de garantia, quebras de contrato, além de ser inviável economicamente.

Com uma usina de concreto previamente escolhida e recomendada, a pessoa interessada em adquirir o concreto pode entrar em contato com a empresa por meio de email, telefone, sites ou outras formas de atendimento, que podem variar de empresa para empresa. Nas redes sociais e na internet, geralmente estão disponíveis estas informações de contato da empresa.

Durante o atendimento, é essencial que o usuário consiga extrair algumas informações da concreteira. Como citado pelo manual do concreto dosado em central, da Associação Brasileira das



Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil (ABESC, 2007), deve-se levar em consideração na escolha da empresa fornecedora de concreto se a mesma possui laboratórios de ensaio e controle, bem como grau de controle, automação e informatização dos ensaios; responsável técnico; se a empresa possui uma política de controle ambiental; equipamentos de transporte; bombas; caminhões-betoneira e outros equipamentos necessários para prestação de serviço de concretagem. Cabe salientar que nem todas as informações serão disponibilizadas para o cliente, mas o mesmo deve se atentar para que haja segurança na prestação do serviço.

4.1.1.2 Preço

Obviamente o custo deve ser considerado na contratação de um serviço. Porém, neste caso é imprescindível que este fator não comprometa a qualidade do concreto usinado, pois os riscos de insegurança causados por concretos não-conformes são oriundos de uma falta de padronização. Outro aspecto relevante é a possibilidade de gastos adicionais e revalidação de projetos como correção de um concreto incompatível com o especificado. Portanto, a recomendação é que o preço não seja o principal critério de seleção.

4.1.1.3 Localização

Como observado pela norma ABNT NBR 7212 (2021), há limites de tempo estabelecidos para entrega e lançamento do concreto. Logo, tanto a localização das centrais quanto os prováveis imprevistos ou atrasos durante o fornecimento devem ser analisados, estabelecendo uma margem de segurança que não comprometa a entrega do concreto.

O item 4.5.2 da norma ABNT NBR 7212 (2021) estabelece o tempo máximo de 90 minutos desde o começo da mistura até a entrega do concreto; e o item 4.5.3 determina que o tempo máximo de lançamento e adensamento do concreto deve ser de 150 minutos, contados a partir do começo da mistura. Cabe ressaltar que, caso os prazos não sejam atendidos, o concreto não deve ser aceito, o que não acarretará prejuízo ao comprador.

4.1.1.4 Contrato

Após a seleção do seu fornecedor, o usuário deve fornecer informações necessárias para que a concreteira possa elaborar o contrato de prestação de serviço. Apesar de negligenciado por muitos consumidores, visto como sendo um procedimento burocrático e uma etapa “irrelevante”, o contrato tem base jurídica e resguarda o cliente e a concreteira mediante os deveres de ambos. A recomendação é que a leitura do contrato seja feita atentamente, e toda a negociação adicional seja documentada, podendo ser também por e-mail ou aplicativos de mensagens. Toda essa documentação pode ser necessária em possíveis processos judiciais.

A formulação do contrato abrange alguns detalhes que devem ser definidos como: elementos a serem concretados, volumes e locais de entrega, alinhamento do planejamento de execução, definição dos responsáveis pela obra, definição dos laboratórios de ensaio e os tipos de ensaios a serem realizados, incluindo as idades de rompimento (7 ou 28 dias), designação de um profissional da contratante para o acompanhamento dos ensaios, datas de recebimento dos relatórios de ensaios e demais ações (SANTOS, 2021b).

O usuário deve se atentar a algumas configurações principais de contrato. A definição de um profissional responsável pelo recebimento do concreto e algumas cláusulas relacionadas aos corpos de prova, ensaios de compressão, lançamento do concreto e as definições das responsabilidades de ambas as partes podem assegurar uma garantia maior de um serviço prestado de qualidade, com conformidade com os parâmetros de projeto e procedimentos normativos, que garantam a resistência e trabalhabilidade especificada.

Quando o contrato é elaborado, a central dosadora de concreto se torna responsável pela caracterização dos materiais constituintes, estocagem dos materiais, estudo de dosagem, ajuste do traço (formulação), preparo e transporte do concreto. O responsável técnico pela obra ou o proprietário podem ter o acesso à documentação pertinente ao cumprimento das disposições estabelecidas em contrato (SANTOS, 2021b).

4.1.1.5 Solicitação

A solicitação do fornecimento do concreto pode ser realizada informando a empresa escolhida sobre alguns parâmetros de projeto. Segundo a norma ABNT NBR 7212 (2021), o concreto pode ser solicitado informando a resistência característica à compressão (f_{ck}) em determinada idade de compressão (sendo 7 ou 28 dias, normalmente aos 28 dias), valor de abatimento do concreto fresco (por meio de uma classe de abatimento), classe de agressividade ambiental e dimensão máxima do agregado. Também existe a possibilidade de ser feita informando à concreteira o consumo de cimento por metro cúbico de concreto, ou pela composição do traço do concreto.

A solicitação é feita informando à concreteira as especificações desejadas, como data da aplicação, volume de concreto, horário de início e término, intervalo desejado entre os caminhões, elementos que serão concretados, meios de transporte e demais características do concreto (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011). Em relação à quantidade de concreto requerido, o pedido deve ser feito informando o volume de concreto requerido em metros cúbicos, com valores múltiplos de 0,5 (ABNT NBR 7212, 2021).

Outras características, baseadas na norma ABNT NBR 7212 (2021), podem ser requisitadas durante a solicitação do concreto, a saber: tipo de cimento, tipo e teor de aditivo, tipo e teor de adição, relação água/cimento (a/c) máxima, consumo de cimento máximo ou mínimo, teor de ar incorporado,

tipo de lançamento (bombeado, convencional, projetado etc.), características especiais e propriedades ou condições especiais.

O local e a programação de entrega do concreto devem ser informados pela contratante, e estas informações devem estar de acordo com o contrato firmado entre as partes e o pedido feito pela contratante. É recomendado que o pedido seja realizado com antecedência mínima recomendada de 48 horas antes do emprego do concreto usinado, pois há maior garantia do atendimento no horário desejado.

Ao fazer um pedido de concreto, o usuário deve saber exatamente quais são os locais a serem concretados, calculando o volume de concreto necessário para o serviço tendo como base as dimensões dos elementos a serem concretados. Antes de ser feito o pedido de concreto, o responsável técnico deve fazer um levantamento de todas as ações que precisam ser feitas antes da aplicação, que é denominada plano de concretagem. O plano de concretagem é uma série de ações programadas para que o serviço de concretagem seja eficiente e que tenha qualidade garantida (SANTOS, 2021b). Dentre as ações principais, destacam-se:

- a) Reunião para alinhamento entre usuário e a concreteira (48 horas antes da aplicação);
- b) Verificar se os projetos aprovados estão disponíveis na obra;
- c) Condições de acesso à obra;
- d) Disponibilidade de ferramentas, materiais e equipamentos próximos ao local de utilização da concretagem;
- e) Os moldes para ensaios de corpos de prova, ensaios de consistência e termômetro;
- f) Circulação de caminhões betoneira no canteiro de obras;
- g) Fontes de água e energia próximas ao local.

4.1.2 Aplicação

Para aplicação do concreto, a norma ABNT NBR 12655 (2022) fixa algumas atribuições e responsabilidades de alguns profissionais envolvidos com a concretagem, como o responsável pelo projeto estrutural, pela execução da obra, pelo recebimento do concreto usinado e a central dosadora de concreto.

O responsável pelo projeto estrutural deve definir a resistência característica à compressão (f_{ck}) do concreto, e também alguns requisitos em relação a durabilidade, deformação e outras propriedades relacionadas à estrutura da edificação.

Cabe ao profissional responsável pela execução a escolha do tipo de concreto a ser utilizado na obra, definição da classe de consistência, dimensão máxima do agregado, escolha dos materiais empregados, e cuidados em relação aos processos de desformas e retiradas de escoramento de elementos estruturais.



Já o responsável pelo recebimento do concreto é o responsável técnico da obra designado pelo proprietário. O proprietário da obra, na ausência do responsável técnico, pode decidir sobre a aceitação ou rejeição do concreto, devidamente orientado por ele. No momento do recebimento, devem ser checados se o concreto entregue possui as informações contidas no documento de entrega.

As operações após a chegada do caminhão betoneira à obra como lançamento, adensamento, transporte interno, acabamento, cura e desforma são atribuições do responsável pela execução da obra, devidamente registrada em contrato. Portanto, o usuário deve compreender as responsabilidades de cada profissional integrante da aplicação do concreto usinado.

A seguir são apresentados alguns itens importantes da aplicação. As recomendações são respaldadas pela norma ABNT NBR 7212 (2021), que regulamenta a execução do concreto dosado em central, e descreve alguns procedimentos padronizados para o recebimento do concreto usinado.

4.1.2.1 Preparação (local a ser concretado)

Deve-se realizar a conferência de todo escoramento das formas correspondentes às peças estruturais que serão concretadas, verificar se as dimensões das formas estão de acordo com o projeto e se apresentam algum risco de vazamento do concreto. Complementando, é necessário a aplicação de um desmoldante para evitar a aderência do concreto com as formas para evitar problemas no momento da desforma e retirada dos escoramentos (ABESC, 2007).

Com relação à armadura, deve-se realizar a checagem do posicionamento correto das ferragens, quantidade, bitolas, dimensões das barras, e se estão de acordo com o projeto estrutural. Quanto ao planejamento, a equipe da obra atuante na concretagem deve ser dimensionada adequadamente, com as tarefas bem distribuídas (ABESC, 2007).

No que se refere às ferramentas necessárias, deve-se realizar a compra prévia dos equipamentos caso não tenham disponíveis na obra, tanto para transporte do concreto na obra, como bombas, esteiras, carrinhos, guinchos, guindaste, caçamba etc., como ferramentas auxiliares, sendo baldes, enxadas, pás, desempenadeiras, ponteiros etc., e também é recomendado a reserva de alguns equipamentos, como vibradores, mangotes etc. Também devem estar à disposição no momento da concretagem as ferramentas de ensaio de consistência bem como os moldes de corpos de prova cilíndricos, conforme especificado pelas normas regulamentadoras da ABNT.

4.1.2.2 Mistura

Com a abordagem prevista para concretos usinados, as concreteiras são as responsáveis pelo preparo do concreto. A partir das principais informações fornecidas pela contratante, a empresa encarrega-se de realizar a mistura em caminhões betoneira, com a responsabilidade de entregar o material antes do início de pega, em locais e tempos determinados conforme a programação e o pedido

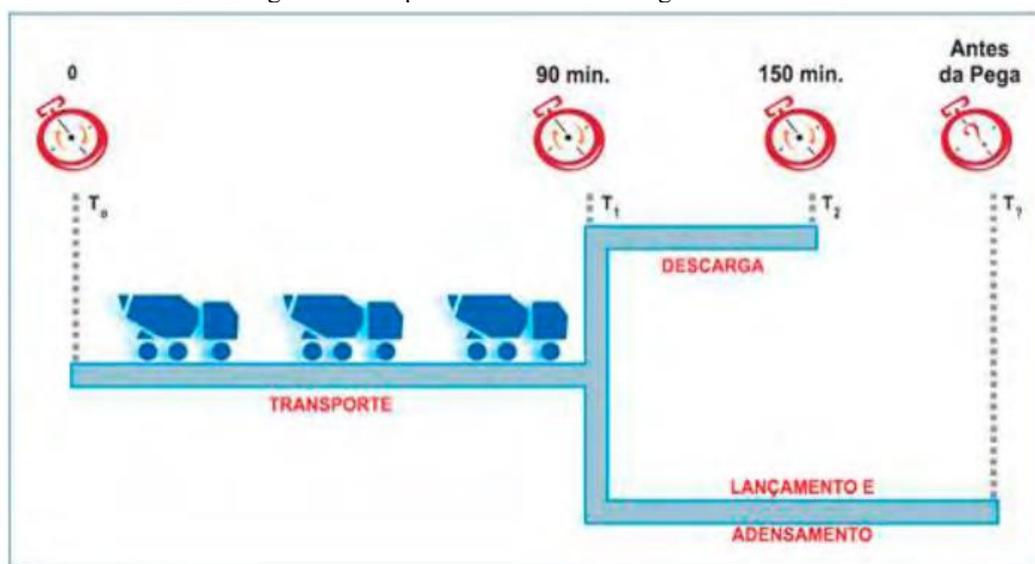
feito pela contratante. Portanto, a grande contribuição da pessoa responsável pelo recebimento é cobrar mediante documentação que o concreto esteja com as especificações desejadas, e respeitando o contrato firmado entre as partes.

4.1.2.3 Transporte até o local de aplicação

A norma ABNT NBR 7212 (2021) propõe que os caminhões para transporte de concreto podem ser veículos dotados de um dispositivo de agitação ou não. O dispositivo de agitação serve para retardar o adensamento e o início da pega do concreto, favorecendo a sua aplicação. Para que o concreto tenha uma trabalhabilidade adequada no momento da aplicação, esta norma define tempos máximos de transporte, lançamento de adensamento do concreto mediante a utilização de caminhões betoneira para transporte.

O tempo de transporte desde a mistura (a partir da primeira adição de água) até a entrega do concreto deve ser inferior a 90 minutos. Caso o tempo de transporte ultrapasse este tempo máximo, o concreto não deve ser aceito. O tempo total desde a primeira adição de água na mistura de concreto até o fim do lançamento e adensamento do concreto deve ser no máximo de 150 minutos. Deste modo, há uma segurança de que o concreto foi lançado e adensado antes do início de pega do material. Diante de algumas situações especiais, como a utilização de aditivos, condições ambientais ou algum tipo de cimento específico utilizado, pode haver alteração nos prazos, porém estas mudanças devem ser acordadas entre a contratante e a empresa dos serviços de concretagem (NBR 7212, 2021). A figura 4 ilustra a linha do tempo com os limites para transporte e lançamento do concreto usinado:

Figura 1 - Tempos envolvidos na entrega do concreto.



Fonte: BARBOZA et. al., 2017.



4.1.2.4 Checagem (nota fiscal)

Deve-se realizar a conferência das informações contidas no documento de entrega, como horário de início da mistura, hora de saída do caminhão-betoneira da concreteira, volume de concreto que está sendo entregue, fator de água/cimento (a/c), resistência característica à compressão (f_{ck}) ou consumo de cimento por metro cúbico de concreto, classe de consistência, dimensão máxima característica do agregado graúdo, aditivo, quando for o caso e quantidade máxima de água que pode ser adicionada antes da aplicação. Neste momento, também é necessário fazer uma avaliação em relação a quantidade de água contida no concreto, e ver se há excesso ou falta de água na mistura. Durante o trajeto, o concreto pode perder água por evaporação, e, para compensar, pode ser feita a adição de água antes do início do lançamento, de modo que não ultrapasse o valor especificado no traço do concreto e na medida de consistência (SANTOS, 2021b).

O responsável pelo recebimento do concreto usinado, ao perceber que há alguma divergência das informações no documento de entrega e o pedido, ou os valores de consistência e volume fornecido não atendem às informações da nota fiscal, não deve aceitar o concreto, a não ser que o responsável pela obra autorize o lançamento, devidamente registrado no documento de entrega. A autorização requer a consulta com o responsável pelo projeto, porque pode impactar significativamente no valor de (f_{ck}) do concreto empregado (ABNT NBR 7212, 2021).

A verificação do volume de concreto no momento da entrega pode ser feita por meio da massa específica do concreto, pelo cálculo do volume absoluto dos constituintes do concreto, medição direta em um recipiente com volume definido ou pelos volumes das formas e moldes. O volume de concreto que pode ser transportado por caminhões-betoneira deve ser superior a 3 metros cúbicos (ABNT NBR 7212, 2021).

Outro documento que deve ser disponibilizado pela concreteira é a carta traço. A carta traço é um documento que deve estar disponível pela concreteira, e devem conter as seguintes informações: data da elaboração de carta-traço, código de identificação do traço, especificações do concreto, materiais utilizados, fornecedores de insumo, quantidade em massa de cada componente do concreto e assinatura do responsável técnico (ABNT NBR 7212, 2021).

4.1.2.5 Ensaio de consistência

Este ensaio deve ser realizado após a verificação dos requisitos e informações contidas no documento de entrega. Este ensaio, é bastante simples e consiste na obtenção da medida de trabalhabilidade do concreto.

O ensaio de consistência é regulamentado pela norma ABNT NBR 16889 (2020). Depois de descarregar pelo menos 50 litros de concreto do caminhão betoneira pode se tirar a amostra para o ensaio (ABNT NBR 16886, 2020, p.1), deve ser realizada a coleta de uma amostra mínima de 50 litros

para ensaios de consistência. Então deve-se colocar uma chapa de metal sobre uma superfície horizontal, bem nivelada, e o operador deve posicionar os pés sobre as abas inferiores do cone. Em seguida, deve-se preencher o cone em 3 camadas iguais, aplicando 25 golpes com a haste de socamento uniformemente distribuídos ao completar cada camada.

Na primeira camada de concreto inserida dentro do cone, a haste deve penetrar toda a espessura. Para as camadas restantes, a haste deve ser penetrada até atingir a camada inferior. Após o procedimento feito com a última camada, é necessário retirar o excesso e alisar a superfície com uma régua metálica. Depois disso, deve-se retirar o cone na direção vertical, e apoiando a haste sobre o cone invertido, realizar a medida da distância entre a parte inferior da haste até o eixo da amostra do concreto. Caso haja diferença entre os picos do material é interessante aferir pelo menos 3 alturas ao longo do material e fazer a média da altura.

Apesar de ser um ensaio bastante simples, alguns erros podem ser cometidos como medição incorreta do abatimento, com a régua metálica fora da posição vertical, superfície desnivelada, preenchimento único etc.

4.1.2.6 Moldagem dos corpos de prova

A norma ABNT NBR 5738 (2015) estabelece as condições de preparo dos corpos de prova cilíndricos ou prismáticos. Antes do início da obra, deve ser providenciado os equipamentos necessários para este ensaio. Geralmente, os instrumentos de ensaio são padronizados e o usuário possui várias opções com relação as dimensões dos moldes.

A quantidade de exemplares vai depender do modelo de controle tecnológico da obra. Cada exemplar é constituído de no mínimo dois corpos de prova, da mesma betonada, para cada idade de rompimento. Após a moldagem e a cura inicial, os exemplares são transportados para o laboratório de ensaio, e os mesmos são submetidos à cura para as idades de rompimento estabelecidas.

Na retirada da amostra de concreto, há uma outra norma técnica, a norma ABNT NBR 16886 (2020), que direciona um método de ensaio de amostragem de concreto fresco. É recomendado que a retirada da amostra ocorra após a descarga de pelo menos 50 litros do concreto e entre 30 e 70% do volume de concreto entregue, com a quantidade mínima de 50 litros e volume equivalente a 1,5 vezes o volume necessário para as amostras dos corpos de prova. Para controle dos posteriores ensaios de compressão, é imprescindível que sejam anotadas algumas informações importantes como data, hora da adição da água complementar e a peça estrutural de aplicação do concreto. Para que seja realizada a moldagem, é recomendada um local nivelado, com ausência de interferências, e próximo ao local onde serão armazenados nas primeiras 24 horas.

Ao realizar o preenchimento, cada camada deve ser bem distribuída dentro do molde para que seja feita o adensamento. Para um adensamento manual com a haste de socamento, em cada camada,

deve ser aplicado golpes de socamento, bem distribuídos dentro do molde, e sempre evitando a penetração da haste na camada inferior. Para um adensamento vibratório, deve ser utilizado apenas no tempo necessário para o adensamento correto do concreto no molde, evitando que o vibrador não encoste nas suas laterais e no fundo do molde. O preenchimento não deve ser interrompido, para que não ocorra o início da “pega” do concreto. Ao terminar o preenchimento do molde, a última camada deve ultrapassar a altura do molde para que seja feita o alisamento da parte superior com a colher de pedreiro (ABESC, 2007).

Terminado o processo de moldagem, os corpos de prova cilíndricos devem ser armazenados com um material não reativo e não absorvente, para evitar a perda de água e proteger o corpo de prova. O tempo necessário para o início da desforma é de 24 horas para corpos de prova cilíndricos e 48 horas para corpos de prova prismáticos (ABNT NBR 5738, 2015).

Após o período de cura inicial dos corpos de prova, os mesmos devem ser identificados para controle e depois transportados para o laboratório de ensaio definido no momento da formalização do contrato. As amostras devem ser transportadas em caixas rígidas contendo serragem ou areia molhadas. Esta última etapa já corresponde ao laboratório de ensaio, e, portanto, não foi aprofundado neste artigo.

Os ensaios de compressão são realizados pelo laboratório, e a norma ABNT NBR 5739 (2018) regulamenta como deve ser realizado este ensaio. Os resultados devem ser documentados com as seguintes informações, como pontuado por Santos (2021b):

- a) Número de identificação dos corpos de prova;
- b) Data da moldagem;
- c) Idade do corpo de prova;
- d) Data do ensaio (ABNT NBR 5739);
- e) Dimensões dos corpos de prova;
- f) Classe da máquina de ensaio;
- g) Resultado da resistência à compressão do corpo de prova e do exemplar.

4.1.2.7 Lançamento e adensamento do concreto

Durante o lançamento, o operador deve evitar o acúmulo de concreto em determinados pontos da forma e de água na superfície. O preenchimento deve ser feito por camadas, e lançando a nova camada sobre a anterior, antes que a camada inferior entre no período de “pega”.

O processo de adensamento consiste em movimentar o concreto após o lançamento para a eliminação das bolhas de ar, formando uma mistura mais homogênea e com aparência linear (SANTOS, 2021b). Para isso, utiliza-se vibradores, dentre os quais são escolhidos de acordo com as dimensões das peças de concreto, assim como tempo de vibração e espaçamentos da vibração.



Ao realizar o adensamento por meio de um vibrador, deve-se ter o cuidado de colocar rapidamente o vibrador no concreto e retirar lentamente, para um adensamento natural. Também é recomendado que não ocorra formação de montes de concreto, para que alguma região fique pouco compactada (SANTOS, 2021b). Também durante o processo de lançamento e adensamento, pode ser utilizado uma régua vibratória, que auxilia no processo de adensamento do concreto, dando acabamento e nivelamento à superfície do concreto.

4.1.3 Pós aplicação

Após o processo de aplicação do concreto usinado, existem procedimentos que quando executados de maneira correta podem evitar o surgimento de fissuras e outras patologias na edificação. Nesta etapa, a cura e desmoldagem das peças estruturais complementam e garantem uma concretagem bem executada. A seguir são descritas algumas recomendações para alguns casos de não conformidade.

4.1.3.1 Cura

O concreto, depois de aplicado e adensado, deve ser submetido a alguns cuidados de modo que o ganho de resistência e retração sejam monitorados.

O procedimento de cura consiste em manter o concreto umedecido durante a perda de água. A técnica é pouco comentada na norma ABNT NBR 14931, no entanto, é de extrema importância para concretos aplicados com espessuras inferiores a 30 centímetros, onde a perda de água é severa.

Para evitar essa evaporação indesejada da água do concreto, há duas técnicas principais: a aplicação de produtos químicos ou a adição de água na superfície concretada em intervalos regulares de tempo.

A aplicação de produtos químicos forma uma camada que impede a evaporação da água do concreto, muito utilizada em pisos industriais. Todavia, seu custo é elevado e por este motivo é pouco utilizado em obras de médio e pequeno porte. Já a aplicação direta de água na peça concretada em períodos regulares de tempo geralmente é uma alternativa bastante viável. Nos 3 primeiros dias após o lançamento, a recomendação é que o elemento estrutural seja abundantemente irrigado com água, para que não ocorra a perda de resistência por falta de hidratação.

4.1.3.2 Desmoldagem

Segundo a NBR ABNT 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos, a desforma deve seguir o planejamento previamente descrito pelo responsável técnico da obra, sem a realização de ações adicionais. Durante a etapa, devem ser verificados se o concreto apresentou algumas patologias durante seu período de secagem, que podem ser: aparência ou coloração diferente, partes quebradiças, atritos na sua superfície etc.

A recomendação é que a desforma não deve ser feita caso haja dúvidas em relação a resistência do elemento estrutural e se o mesmo suporta as ações que estarão sujeitas durante o processo. O ideal é que a remoção de formas e escoras sejam feitas após os 28 dias, já que há uma certa segurança quanto ao atingimento do valor de (f_{ck}) especificado.

Em alguns casos existe a necessidade da retirada das desformas antes do período de 28 dias. Para estas situações, há alguns requisitos mínimos estipulados: As desformas de formas laterais (verticais) de elementos esbeltos podem ser feitas após 48 horas da data da concretagem. A remoção deve ser feita de modo que não haja a necessidade de atrito na estrutura do concreto. Primeiramente, devem ser removidos os tensores e travantes e avaliar o comportamento. Não é recomendado o uso de ferramentas que forcem as formas como alavancas pé de cabras, pois o elemento estrutural ainda não adquiriu grande resistência. Deve-se provocar um deslocamento paralelo mínimo possível para que haja o desprendimento da forma na estrutura sem danificar a superfície do concreto.

Com 7 dias o concreto usinado provavelmente deve apresentar resistência equivalente à metade de sua resistência máxima caso tenham sido respeitados os procedimentos de cura, e, portanto, pode ser removida até 50% das escoras. As escoras devem ser retiradas em locais onde a carga distribuída seja a menor em todo o elemento estrutural, e para casos quando não há a possibilidade, o recomendado é a retirada após os 28 dias.

4.1.3.3 Resultados dos ensaios de compressão

A partir dos resultados dos ensaios de compressão, a resistência do concreto pode ser classificada como conforme, quando atendem o (f_{ck}) especificado, ou não-conforme, quando não se atingiu os resultados esperados. Para a determinação do f_{ck} , a norma ABNT NBR 12655 (2022) estabelece uma metodologia de cálculo da resistência característica do concreto, que depende do tipo de controle da resistência do concreto, podendo ser por amostragem parcial ou total.

Quando o controle tecnológico do concreto envolve a amostragem de concreto por amostragem parcial, a NBR 12655 (2022) especifica que devem ser retirados no mínimo seis exemplares para os concretos do grupo I e doze exemplares para concretos do grupo II. Para lotes com número de exemplares igual ou maior a 6 e menor que 20, deve ser utilizada a seguinte equação para a estimativa da resistência à compressão (f_{ckest}):

$$f_{ckest} = 2 \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m \quad (1)$$

Em que:

$m = n/2$. Despreza-se o valor mais alto de n , se for ímpar.

f_1, f_2, \dots, f_m são valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

Para um número de exemplares maiores que 20, deve ser utilizada a seguinte expressão:

$$f_{ckest} = f_{cm} - 1,65S_d \quad (2)$$

Em que:

f_{cm} é a resistência média dos exemplares do lote, em Megapascal (MPa);

S_d , é o desvio padrão da amostra de n exemplares, em Megapascal (MPa).

Para o controle tecnológico que envolve a amostragem total, são retiradas amostras de todas as betonadas cujo exemplares representa a resistência à compressão do concreto daquela betonada. Portanto, para a amostragem 100%, a resistência característica à compressão é dado por:

$$f_{ckest} = f_{c,betonada} \quad (3)$$

Em que:

$f_{c,betonada}$ é o valor da resistência à compressão do exemplar, em Megapascal (MPa).

Pelas equações de estimativa de (f_{ck}) do concreto empregado, a amostragem total proporciona uma economia de consumo de cimento, pois para o controle por amostragem parcial, há de se considerar o desvio padrão dos exemplares com fator de 1,65, o que resulta em um (f_{ck}) estatístico acima do obtido diretamente com o exemplar, sendo necessário o acréscimo de maior quantidade de cimento para o atingimento do (f_{ck}) especificado.

Com relação aos ensaios de compressão, os ensaios em 7 após a aplicação já mostram uma previsão sobre o valor de (f_{ck}) que pode ser atingido aos 28 dias, e desta forma já avaliar o comprometimento do fornecedor e obter evidências sobre possíveis falhas em processos de fabricação do concreto.

Para casos em que o (f_{ck}) estatístico não atinja a resistência especificada em projeto estrutural, Pacheco e Helene (2013) indicam que algumas ações devem ser feitas para casos de concretos não-conformes, a saber:

- a) Revisão do projeto, considerando o valor de (f_{ck}) obtidos com os corpos de prova moldados no momento do recebimento do concreto usinado, para garantir que a estrutura não fique comprometida com um valor de resistência característica abaixo do especificado;
- b) Permanecendo a insegurança estrutural, a estrutura deve ser inspecionada no local e deve-se realizar outros ensaios como esclerometria, ensaio não destrutivo que mede a dureza da superfície do concreto, pacometria, que é um ensaio não destrutivo que mede a quantidade de armadura e cobrimento de concreto em uma determinada estrutura ou ultrassom, que serve para avaliar a resistência à compressão ou a homogeneidade do concreto;



- c) Caso os ensaios descritos anteriormente não sejam satisfeitos, deve-se realizar um ensaio destrutivo de acordo com a norma ABNT NBR 7680-1 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial (2007): O testemunho de concreto é um corpo de prova extraído diretamente da estrutura, previamente planejado, de modo que a extração não prejudique o desempenho estrutural e a durabilidade da estrutura. O furo deve ser restabelecido com o concreto compatível com o extraído, para tentar manter as mesmas condições antes da extração;
- d) Se persistir a não conformidade, as alternativas de correção são determinar as restrições de uso da estrutura, preparar um projeto de reforço da estrutura, e ainda, em casos extremos, demolir parcialmente ou totalmente a estrutura.

5 CONCLUSÕES

A construção do manual permitiu uma abordagem mais clara e resumida sobre os aspectos mais importantes do recebimento do concreto usinado. A elaboração foi baseada na consulta dos mais diversos trabalhos relacionados ao tema, e que procurou-se reunir as principais informações no que diz respeito ao uso do concreto usinado.

Pretende-se que este roteiro prático seja um dispositivo que possa ser utilizado no canteiro de obras, para servir de referência quando surgirem dúvidas sobre o assunto ou quando o profissional se deparar com uma situação de insegurança quanto às suas atribuições. Entretanto, espera-se que possam ser desenvolvidos estudos futuros sobre outras etapas da construção de um empreendimento, como topografia, alvenarias, armaduras, revestimentos etc., para que não haja uma lacuna entre os profissionais e as normas técnicas da ABNT.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. Manual concreto dosado em central. São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7212: Execução de concreto dosado em central - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12655: Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738: Modelagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15577-1: Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16886: Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7680-1: Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial, Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15696: Formas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ANDOLFATO, R. P. Controle tecnológico básico do concreto. Ilha Solteira: UNESP, 2002, 30 p.

BARBOZA, L. S. *et. al.* Influência do tempo máximo de mistura e transporte especificado pela ABNT NBR 7212:2012 na resistência a compressão de concretos usinados. Revista de Engenharia Civil IMED, v. 4, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2017.v4i2.2075> Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistaec/article/view/2075>. Acesso em: 14 mar. 2023.

BASTOS, P. S. Fundamentos do concreto armado. Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2023, 90 p.



BORGES, D. C. *et. al.* Evaluation of a proposed model for concrete at mesoscopic scale. *Ibracon Structures and materials journal*: v. 10, n. 5, 2017. DOI: 10.1590/S1983-41952017000500009 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/jS9FrrVQLQnzK5TkkfVbWLM/?lang=en>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CALLISTER Jr, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*. 8. ed. Rio de Janeiro. LTC, 2012. 817 p.

CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Cerâmica*: 55(333), 2009. DOI: 10.1590/S0366-69132009000100003 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/6jsRNJDKJHCNCczb3fMfLFv/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CHIKNOVORYAN, A. G.; MIZURYAEV, S. A.; ZHIGULINA, A. Y. Optimization of technological parameters of reinforced concrete production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1015, 2021. DOI 10.1088/1757-899X/1015/1/012067 Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1015/1/012067>. Acesso em: 05 mar. 2023.

Cimento e concreto. Casa & Construção. Disponível em: <https://www.cec.com.br/dicas-reformacimento-e-concreto?id=242>. Acesso em: 16 dez. 2023.

Exsudação. Clube do Concreto, 2013. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/11/exsudacao.html>. Acesso em: 17 dez. 2023.

DE LA IGLESIA, J.; MURILLO, M.; RESTREPO, D. B. Study of the importance of core cylinders in the monitoring of the compressive strength of the concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1126, 2021. DOI 10.1088/1757-899X/1126/1/012050 Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1126/1/012050>. Acesso em: 06 mar. 2023.

DE SCHUTTER, G., LESAGE, K. Active control of properties of concrete: a (p)review. *Materials and Structures*, v. 51, n. 123, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1256-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-018-1256-2#citeas>. Acesso em: 06 mar. 2023.

FUGIYAMA, M. M. *et. al.* Estudos numérico-experimentais de vigas de concreto armado com reforço de fibra de carbono. *Revista Matéria*, v. 26, n. 04, 2021. DOI: 10.1590/S1517-707620210004.1393 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/6TxPDZvDWS49m5r8KrwKnLR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 19 jun. 2023.

FUSCO, P. B. *Tecnologia do Concreto Estrutural*. São Paulo, PINI, 2008. 179 p.

GOMES NETO, D. de P., *et. al.* Sergipe. ANAIS DO 51º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2009 – 51CBC0096. IBRACON, 2009.

GRILLO, R. H. F. Estudo da influência de aditivos redutores de água em concretos da construção civil. 2014. 72 f. Tese (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2014.



HELENE, P.; LEVY, S. Curado del Hormigón. In: HELENE P.; TUTIKIAN, B. Boletín técnico. Mérida: ALCONPAT INTERNACIONAL, 2013, cap. 8, 10p.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo, PINI; Brasília, DF: SENAI, 1992. 349 p.

LISBOA, E. S.; ALVES, E. S.; MELO, G. H. A. G. Materiais de Construção: concreto e argamassa. 2. ed. Porto Alegre. SAGAH, 2017. 227 p.

LOPES, H. M. T.; PEÇANHA, A. C. C.; CASTRO, A. L. Considerações sobre a eficiência de misturas de concreto de cimento Portland com base no conceito de empacotamento de partículas. Revista Matéria, v. 25, n. 01, 2020.

DOI: 10.1590/S1517-707620200001.0874 Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rmat/a/nDMHgssYDsY6zL5fs6gp9gS/>
Acesso em: 19 jun. 2023.

MAGALHÃES, F. C. A problemática dos concretos não conformes e sua influência na confiabilidade de pilares de concreto armado. 2014. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

Manifestação patológica: segregação do concreto (bicheira no concreto). Tecnosil, 2023b. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/category/recuperacao-de-estruturas>. Acesso em: 17 dez. 2023.

MASCOLO, R.; MASUERO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. Ready mixed concrete: variability analysis of the compressive strength and physical properties along the unloading of the truck mixer. Ibracon Structures and materials journal: v. 6, n. 2, 2013. DOI: 10.1590/S1983-41952013000200003 Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/riem/a/LGwCXmK96cvPmbKcWBGgY7R/?lang=en>.
Acesso em: 06 mar. 2023.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3. ed. São Paulo. IBRACON, 2008. 674 p.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5. ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2016. 888 p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2. ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2013. 448 p.

NOGUEIRA, K. A. Reação álcali-agregado: Diretrizes e requisitos da ABNT NBR 15577/2008. 2010. 81 f. Tese (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

O que é adensamento de concreto e por que esse processo é tão importante? Tecnosil, 2023a. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-adensamento-de-concreto-e-por-que-esse-processo-e-tao-importante>. Acesso em: 17 dez. 2023.

OLIVEIRA, T. B.; Proposta de plano de execução de concretagem em obras prediais. 2021. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Varginha, MG, 2021.



PACHECO, J; HELENE, P. Control de la Resistência del Hormigón. In: HELENE P.; TUTIKIAN, B. Boletín técnico. Mérida: ALCONPAT INTERNACIONAL, 2013, cap. 9, 18p.

PETRUCCI, E. G. R. Concreto de Cimento Portland. 13. ed. São Paulo, GLOBO S. A., 1998.

RAMBO, A. C. Efeito do fogo sobre estruturas de concreto armado. Salão do Conhecimento, v. 6, n. 6, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/ianfe/Downloads/18556-Texto%20do%20artigo-51705-500414-2-20201021.pdf>. Acesso em: 08 out. 2023.

REGATTIERI, C. E. X.; MARANHÃO, F. L. Produção e controle de concreto dosado em central. Concreto: ciência e tecnologia. Ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2011.

ROSA, F. A.; LOPES, A. A. Análise de resistência à compressão e características do concreto produzido em obras de pequeno porte na região norte da cidade de Maringá-PR. Revista Uningá Review, v. 28, n. 03, 2016.

Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1892/1490>

Acesso em: 29 ago. 2023.

SANTOS, D. A. Manual do concreto usinado: Um manual de ajuda para os operadores de concreto. Marabá, PA. Ed. Dos Autores, 2021b. Disponível em: https://profnit.org.br/wp-content/uploads/2022/07/DALILA-AMORIM-DOS-SANTOS_PRODUTO.pdf. Acesso em: 29 ago. 2023.

SANTOS, D. A. Transferência tecnológica e lições aprendidas em canteiros de obras: elaboração de manual de operação técnica do gerenciamento de controle tecnológico do concreto usinado. 2021. 50 f. Tese (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, PA, 2021a.

Traço de concreto: controle de qualidade do concreto. Mapa da obra, 2017. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/traco-de-concreto-controle-de-qualidade-do-concreto>.

Acesso em: 29 ago. 2023

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: ISAIA, G. Concreto: Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro: IBRACON, 2011.

ZALAF, R. S.; FILHO, S. R. M.; BRAZ, T. C.; Estudo do controle tecnológico e recebimento do concreto em obra. 2014. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2014.