

## Proteja seu Concreto

### ***O tempo de vida útil das estruturas de concreto depende de cuidados na sua execução***

Com a revisão da Norma de concreto NBR 6118 e a criação da NBR 14931, um conceito antigo é colocado no topo das prioridades no Brasil: **a durabilidade**. Para que este conceito seja realmente implementado em uma obra, tanto o projeto quanto a execução têm parcelas de contribuição e, por isso, alguns cuidados são imprescindíveis em ambas as fases.

Neste artigo, abordaremos a importância das práticas de lançamento, adensamento e cura na qualidade e durabilidade do concreto, bem como procedimentos que podem minimizar o efeito de condições adversas durante a operação de concretagem.

#### **1. Lançamento do concreto**

Chamamos de lançamento a operação de colocação do concreto nas fôrmas. Pode ser confundido com transporte horizontal e vertical, que na realidade, compreende o processo de se levar o material desde seu local de produção até as fôrmas.

Nesta etapa, o maior cuidado é evitar a chamada segregação do concreto, que consiste na separação dos materiais componentes, com o conseqüente aparecimento de “ninhos ou bicheiras”, que o adensamento não conseguirá eliminar. Neste caso, a grande porosidade será o fator causador da baixa qualidade da estrutura. A NBR 14931 em sua novíssima versão de março/2003, estabelece algumas generalidades em seu item 9.5.1:

- o concreto deve ser lançado o mais próximo possível do seu local definitivo;
- em nenhuma hipótese o lançamento deve ocorrer após o início de pega do concreto;
- o lançamento deve ser feito de maneira uniforme nas fôrmas, evitando a concentração e deformação das mesmas;

- devem ser observados cuidados no lançamento quando a altura de queda livre for superior a dois metros. Neste caso recomenda-se o uso de funis, calhas ou trombas;
- o lançamento nas fôrmas deve ser feito em camadas de altura compatível com o adensamento previsto.

A segregação ocorre porque os materiais componentes têm massas específicas diferentes e com a queda ou lançamento tendem a se separar. Portanto, pode-se deduzir que o tipo de lançamento determina quais características do concreto devem ser reforçadas. Por exemplo, se os lançamentos forem realizados em alturas maiores é necessário se verificar o teor de argamassa e consistência adequados (boa coesão). Já no caso de bombeamentos, a trabalhabilidade também deve ser observada com cuidado e se o lançamento for submerso, o concreto deve ser auto-adensável. Em peças verticais, tipo pilares e paredes, o cuidado é no sentido de se reduzir o fenômeno da exsudação (percolação da água na massa do concreto) e da segregação. Para o lançamento projetado o concreto deve ter grande coesão e consistência relativamente seca, a fim de diminuir a perda com a reflexão.

As Normas Brasileiras também chamam a atenção para as temperaturas de lançamento (NBR 7212), interrupção do lançamento, formação de juntas frias (NBR 14931) e ainda a densidade das armaduras (NBR 14931).

## **2. Adensamento**

É a operação para a retirada do ar presente na massa do concreto, com o objetivo de se reduzir a porosidade ao máximo. Como benefício adicional obtém-se a melhoria da resistência mecânica, dificultando a entrada de agentes agressivos e o perfeito preenchimento das fôrmas. A forma usual de adensamento é a vibração que, por melhor que seja, não consegue retirar todo o ar aprisionado. Estima-se que cerca de 1,5 a 2% do volume da massa do concreto fresco seja ar incorporado, que deverá aumentar ao longo do tempo devido a saída da água pela evaporação.

Outras formas de adensamento não usuais têm sido mais utilizadas com o avanço de tecnologias construtivas, como, por exemplo, o uso de CCR, que é o concreto compactado a rolo e utilizado em pavimentos de concreto e barragens. Ainda no caso de pavimentos e pisos, o adensamento pode ser executado com máquinas vibro-acabadoras que têm alto desempenho e bom nível de acabamento. A extrusão é outra forma de adensamento do concreto e consiste na compactação de um concreto de consistência seca e bem argamassado, utilizado em indústrias de pré-moldados e guias e sarjetas moldadas “in loco”. A centrifugação ainda é um processo novo no Brasil, mas muito utilizado na Europa e usa a força centrífuga para fazer o adensamento. Atualmente, este processo é utilizado para a fabricação de postes de até 42 metros de comprimento com muito bom resultado. O concreto reodinâmico ou auto-adensável, como o próprio nome sugere, não necessita de vibração, pois tem grande trabalhabilidade e coesão. É ideal para peças com alta densidade de armadura, concretagens submersas e pisos autonivelantes. Para os casos correntes de adensamento por vibração mecânica ou manual, a Norma NBR 14931 estabelece algumas generalidades em seu item 9.6.1:

- evitar a vibração da armadura para não prejudicar a aderência com o concreto;
- no adensamento manual as camadas não podem ter alturas superiores a 20 cm;
- no adensamento mecânico com vibradores de imersão, a altura das camadas não deve ultrapassar  $\frac{3}{4}$  do comprimento da agulha;
- tanto a falta como o excesso de vibração são prejudiciais ao concreto;
- o vibrador deve ser aplicado na posição vertical;
- fazer a vibração em um maior número possível de pontos da peça concretada;
- a retirada do vibrador deve ser lenta e mantendo-o sempre ligado;
- não permitir que o vibrador entre em contato com as fôrmas para evitar o aparecimento de bolhas de ar;
- para um bom adensamento é necessário estabelecer um plano de lançamento adequado às necessidades da peça concretada.

Portanto, pode-se concluir que o adensamento e o lançamento são operações fundamentais que interferem muito na durabilidade das estruturas. As características do concreto, a peça a ser concretada e as necessidades construtivas compõem os

parâmetros para o planejamento adequado do lançamento e adensamento, visando obras com qualidade, seguras e duráveis.

### **3. Cura do concreto.**

O conceito de cura está relacionado diretamente com a água presente na mistura, que atende duas necessidades básicas do concreto - a trabalhabilidade e a reação de hidratação do cimento. Isto significa que parte da água tem como objetivo permitir um adequado adensamento, ou seja, ela será utilizada neste momento inicial e depois sairá da massa por evaporação. É justamente esta evaporação que devemos controlar para que não aconteça com muita velocidade, pois isso ocasionará tensões internas e, como consequência, as indesejáveis fissuras. Estas, por sua vez, permitirão a entrada de agentes externos agressivos no concreto, reduzindo sua vida útil.

Portanto, uma boa cura deve proporcionar uma lenta evaporação da água superficial e, principalmente, deve ser iniciada o quanto antes. Muitas vezes, o início da cura é feito tarde demais, quando a peça concretada já está fissurada. Na prática, o processo de cura deve começar assim que o acabamento for concluído, com cuidado e de tal forma que a umidade superficial seja mantida. Nestas primeiras horas é fundamental que se mantenha o processo, uma vez que o concreto ainda não tem resistência suficiente para resistir aos esforços que darão origem ao aparecimento das fissuras. Pode-se concluir, que em condições climáticas desfavoráveis (como alta temperatura, vento forte e baixa umidade relativa do ar) as precauções devem ser redobradas. Da mesma forma, quanto maior a área exposta do concreto maior o cuidado.

Outra parcela da água do concreto é utilizada para a reação de hidratação do cimento. A cura também deve impedir que esta água evapore, pois, neste caso, a reação não será completada e a resistência diminuirá. Em certos casos a cura poderá fornecer a quantidade de água necessária para completar a hidratação. Com a maior utilização de aditivos superplastificantes, a quantidade de água nas dosagens diminuiu bastante. Exemplificando: em um concreto com abatimento  $80 \pm 10$  mm, sem aditivo, costuma-se

utilizar, em média, 200 litros de água. Com aditivo superplastificante, bastariam cerca de 155 litros. A diferença de 45 litros é bem grande e significativa. Neste concreto, com 155 litros de água, caso haja uma taxa de evaporação muito grande, corre-se o risco que também evapore parte da água de hidratação e, assim, parte do cimento se constituiria em um pó inerte.

Um fenômeno semelhante aparece em peças onde a consistência do concreto é seca, como tubos, blocos, pavers, pré-moldados. Para estes elementos a cura é fundamental.

Outra dúvida bastante comum é o tempo durante o qual a cura deve ser mantida. A nova Norma NBR 14931 determina que deve-se fazer a cura em um concreto até que sua resistência atinja 15,0 MPa. A consideração é que o concreto, ao atingir esta resistência, já estará com seu grau de hidratação bem avançado e, portanto, a cura poderá ser interrompida. Polêmica, esta consideração é questionada por alguns tecnólogos que apontam a carbonatação como fator imprescindível para se fazer uma cura mais prolongada. Desta forma, o tipo de cimento e a relação água/cimento são aspectos importantes quando se estabelece o tempo de cura. Como medida prática de controle, a própria Norma anterior especificava o tempo de sete dias como tempo mínimo de cura para qualquer tipo de concreto.

Os métodos de cura mais usuais são aspersão ou borrifamento de água, revestimentos saturados (sacos de aniagem ou papel), cobrimento com areia ou serragem molhadas, películas químicas de cura ou, ainda, processos térmicos com vapor d' água ou outro tipo de aquecimento. A mais comum e mais utilizada é a aspersão de água, pela simplicidade, mas também é mais sujeita a problemas. As horas iniciais são as mais importantes para evitar as fissuras e no caso de molhagem por aspersão, a continuidade é essencial para se fazer uma boa cura. O problema mais freqüente nas obras é a cura ser iniciada no dia seguinte ao da concretagem ou o concreto ser molhado apenas uma vez ao dia.

É importante lembrar que mesmo no inverno, com temperaturas mais baixas, a cura deve ser feita da mesma forma, pois condições de ventos fortes e baixa umidade do ar também são desfavoráveis.

#### **4. Concretagem em condições adversas**

Temperaturas muito baixas ou elevadas podem influenciar bastante a capacidade do concreto resistir aos agentes agressivos do meio externo e, desta forma, prejudicar sua vida útil.

A NBR 7212 estabelece no item 4.6 que "As temperaturas ambientes limites para lançamento do concreto são 10°C e 32°C. Fora desses limites devem ser tomados cuidados especiais. A temperatura do concreto, por ocasião de seu lançamento, deve ser fixada de modo a evitar a ocorrência de fissuração de origem térmica".

Já a NBR 14931, Item 9.3.2, estabelece que a temperatura da massa do concreto, no momento do lançamento, não deve ser inferior a 5° C. Ainda neste mesmo item, diz que a concretagem deve ser suspensa sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para abaixo de 0°C nas 48 h seguintes à concretagem, salvo disposição em contrário estabelecida no projeto.

Sob baixas temperaturas a água contida no concreto pode congelar, interrompendo o processo de endurecimento e provocando um aumento de volume; criam-se tensões internas na massa do concreto, ocasionando uma separação dos materiais componentes, uma vez que a sua resistência, neste momento, ainda é insuficiente para impedir tal fenômeno. Neste caso, haverá também um retardamento na pega e no endurecimento pela falta de água para as reações de hidratação.

Assim, nos casos de obras correntes, alguns cuidados são necessários:

- elaborar um cuidadoso plano de concretagem para rápida aplicação do concreto;
- disponibilizar mão-de-obra extra para ajudar na aplicação e demais cuidados;
- manter quantidade suficiente de material isolante (como lençóis plásticos, lonas, papel impermeável, mantas de palha ou sacos de aniagem) para cobrir o concreto e as fôrmas logo após a aplicação, com o objetivo de aproveitar o próprio calor do concreto;

- manter as fôrmas por mais tempo, uma vez que estas servem de proteção contra o frio, além do fato de que o endurecimento do concreto se faz de maneira mais lenta;
- manter vibradores de reserva para evitar a interrupção da concretagem;
- aquecer a água do traço utilizada para fazer o concreto. Na realidade, não é necessário deixar a água quente, mas em situação de temperatura ambiente (acima de 10°C), visando não reduzir muito as resistências iniciais. Em situações mais críticas, pode-se utilizar também o aquecimento das peças concretadas com vapor de água ou lençóis térmicos;
- para as construções mais altas e, portanto, sujeitas à ação dos ventos, a colocação de lonas no sentido vertical, junto à estrutura, impedirá também a retração plástica com conseqüente fissuração nas peças.

Em relação às temperaturas mais altas, esta mesma Norma - NBR 14931, em seu item 9.3.3 - estabelece condições limites para a velocidade do vento e umidade relativa do ar. Assim, caso a temperatura seja maior ou igual a 35°C, a umidade do ar seja menor ou igual a 50% e a velocidade do vento seja maior ou igual a 30 m/s, devem ser tomadas medidas para manter a consistência e reduzir a temperatura do concreto. Este mesmo item suspende a concretagem caso a temperatura ambiente seja superior a 40°C ou o vento esteja com velocidade acima de 60 m/s, salvo indicação em contrário estabelecida no projeto.

Neste caso, o concreto é afetado em todas as suas fases de preparo e aplicação. A pega é acelerada, o abatimento é reduzido, a água é evaporada rapidamente e as fissuras aparecem com facilidade.

Diante deste quadro, algumas precauções são necessárias:

- para o concreto dosado em central, programar o intervalo entre caminhões betoneira de modo a evitar a espera dos mesmos na obra e ganhar tempo de aplicação;
- dimensionar adequadamente o pessoal da obra envolvido no transporte vertical, no transporte horizontal, lançamento e adensamento do concreto, agilizando a descarga e ganhando tempo;

- verificar com atenção o horário de mistura dos materiais componentes do concreto para controle do tempo de início de pega. Para o dosado em central, este horário deve ser anotado obrigatoriamente na nota fiscal;
- manter as fôrmas bem molhadas para que não absorvam a água do concreto. Quando secas, aumentam o efeito da retração, reduzem a água da hidratação e provocam o aparecimento de fissuras;
- observar atentamente os procedimentos da cura do concreto, evitando a perda de água e a ocorrência de fissuração térmica;
- nos bombeamentos, evitar paradas prolongadas, pois a tubulação exposta ao sol pode esquentar e, com isso, aumentar a evaporação da água, além de reduzir a trabalhabilidade e provocar entupimentos freqüentes;
- para concretagens de grandes volumes, a utilização de gelo como parte da água de amassamento reduz a temperatura do concreto e, portanto, a ocorrência de retração;
- nos dias quentes, uma outra alternativa pode ser as concretagens noturnas, quando as temperaturas são mais amenas e a cura nas primeiras horas pode ser feita com menor perda de água;
- a utilização de cimentos com menor calor de hidratação também é uma boa alternativa quando se trata de temperaturas altas. Reduzem a perda rápida de água e propiciam uma cura mais adequada.

Todos estes cuidados devem ser supervisionados pelo responsável técnico da obra, que avaliará as necessidades de material e mão-de-obra necessários para um bom planejamento de toda a concretagem.