

As etapas do concreto aparente

FÁBIO LUÍS PEDROSO - EDITOR - <https://orcid.org/0000-0002-5848-8710> (fabio@ibracon.org.br) | IBRACON

O concreto aparente é o componente ou estrutura de concreto sem qualquer revestimento com pasta ou argamassa, cuja superfície fica permanentemente exposta ao ambiente. Por uma questão estética, este concreto pode receber algum tipo de tratamento em sua superfície, como apicoamento, jateamento de areia e pintura que não altere a forma impressa pelas fôrmas.

“O concreto aparente é a estrutura de concreto armado ou protendido que atende à expectativa de acabamento sem a aplicação de revestimento posterior, a não ser limpeza e produtos de proteção superficial”, define o consultor associado da Vértices e instrutor do curso “Concreto aparente: arquitetônico e colorido”, Eng. Dener Altheman.

Segundo ele, o concreto aparente traz simplicidade e praticidade para obras de infraestrutura, pois diminui custos, acelera o cronograma e facilita inspeções e manutenções. Isto porque não requer serviços posteriores ao lançamento da estrutura, como chapisco, emboço, reboco ou revestimentos cerâmicos. Por isso, é muito usado em obras sem viés arquitetônico, como pontes, viadutos, rodovias, estacionamentos, estações de trem ou metrô, modais logísticos e obras de saneamento. “Nessas obras, a textura de acabamento básica proporcionada pelo concreto aparente é adequada”, complementa.

Por outro lado, o concreto aparente é também usado como elemento arquitetônico, quando ele pode ser colorido por meio de pigmentação ou sua superfície pode receber algum tipo de tratamento, como lixamento, apicoamento, jateamento e riscamento. Este uso do concreto aparente é bastante presente em edificações, como o Museu de Imagem e Som do Rio de Janeiro, Hotel Unique e Renaissance, em São Paulo, e Museu Iberê Carmargo, em Porto Alegre, entre outras. “Há duas hipóteses para se optar pelo



Pilar em concreto aparente do novo viaduto de acesso a Osasco

concreto aparente: redução de custo ou escolha arquitetônica. Para obras de infraestrutura, a escolha se dá pela redução de custo”, afirma o diretor de infraestrutura da Núcleo Engenharia e consultor, por décadas, de obras de infraestrutura da Concremat, Eng. Paulo Fernando.

Por estar diretamente exposto ao ambiente, o concreto aparente requer cuidados especiais, importando não apenas sua capacidade estrutural, mas sobretudo sua durabilidade e aparência. Um concreto durável mantém sua forma original, a resistência mecânica e a funcionalidade para o qual foi projetado durante sua vida útil, ou seja, no decorrer do período de tempo para o qual a obra foi projetada. Este período de tempo é definido no Brasil pela norma ABNT NBR 15575: 2021, conhecida popularmente como norma de desempenho.

Tão logo é lançado e desformado, o concreto é submetido a um conjunto de agentes ambientais, como temperatura, umidade, insolação, vento, gases poluentes, chuvas ácidas, sais, entre

outros, que podem provocar desgaste e fissuramento superficial, eflorescências (manchas brancas na superfície causadas pela percolação de água pela estrutura, que carrega o carbonato de cálcio para a superfície), desagregação (desprendimento dos agregados miúdos e outros componentes do concreto) e corrosão de armadura (com perda de seção do aço e da resistência à tração e à flexão), entre outras manifestações patológicas. Essas, se não forem prevenidas ou mitigadas, podem levar à perda da estabilidade estrutural do concreto ou a redução de sua vida útil, afetando segurança e funcionalidade da obra, além de ocasionarem manchas, fissuras e descoloração, que comprometem sua aparência.

Existe uma série de medidas que podem ser tomadas para se obter um concreto aparente esteticamente agradável e durável, que começa na escolha dos insumos, passa pelo treinamento de pessoal e pré-qualificação dos fornecedores, e termina na seleção de tratamentos de proteção.

A seguir comentam-se as mais críticas quanto aos processos executivos.

ESCOLHA DOS INSUMOS E DOSAGEM DO CONCRETO

A boa homogeneidade e compatibilidade do concreto começa com uma granulometria contínua dos agregados miúdos e graúdos. A granulometria controlada dos agregados proporciona maior coesão ao concreto durante seu lançamento, garantindo a não segregação de seus componentes, e retém a água de amassamento, evitando o movimento ascendente de água no concreto fresco (exsudação), que carrega suas partículas finas ocasionando diferenciação de tonalidades e a formação de uma película com maior teor de cimento na superfície, mais propensa à

microfissuração, porque a reação de hidratação do cimento libera calor, expandindo-a no estado fresco e contraindo-a demasiadamente no estado endurecido (retração térmica), formando uma camada de cobertura permeável, que afeta a durabilidade.

É preciso ainda limitar a dimensão máxima do agregado graúdo em função das dimensões da fôrma e da malha de armaduras, para evitar retenções que resultem em nichos vazios na estrutura em razão de falhas de concretagem, verdadeiras zonas de descontinuidade estrutural e que comprometem a aparência do concreto aparente. A dimensão característica do agregado pode variar de 12 mm a 19 mm, em “busca pela melhor combinação granulométrica do traço para obter adequada trabalhabilidade do concreto fresco, do espaçamento e taxa de armadura, espessura do elemento estrutural, desenho e detalhes da fôrma, resistência e módulo de elasticidade especificados no projeto”, completa o diretor da IDETK, Eng. Roberto Dakuzaku.

O teor de material pulverulento dos agregados pode variar entre 7% a 11% do volume, mas deve atender aos limites máximos especificados na ABNT NBR 7211: 2022 - Agregados para concreto.

Já, o teor de adições pode variar entre 5% e 8% na avaliação de Paulo Fernando, sendo usadas para tornar o concreto mais coeso, resistente e durável.

A dimensão característica dos agregados, de teor de material pulverulento e de adições no concreto do novo viaduto de acesso a Osasco na Rodovia Castello Branco (SP280), recentemente inaugurado, seguiu essas recomendações. Segundo o gerente de engenharia e planejamento da construtora Sanches Tripoloni, Eng. Marcos Antunes, o concreto aparente é “o tipo de acabamento preferido da empresa, por sua qualidade”.

A dosagem do concreto precisa também atender às indicações quanto às classes de agressividade contidas nas normas brasileiras ABNT NBR 6118:2023 e ABNT NBR 12655:2022 para assegurar durabilidade.

As classes de agressividade referem-se ao ambiente (urbano, rural ou marinho) em que se encontra a obra, que

determina especificações normativas prescritivas para assegurar a durabilidade da estrutura de concreto, como a relação água-cimento e a cobertura da armadura. Os ambientes urbanos ou próximos ao mar são mais agressivos ao concreto por conterem maior teor de poluentes e sais que reagem com os componentes do concreto provocando desagregação, carbonatação, corrosão das armaduras e fissuração. O gás carbônico, por exemplo, reage com o hidróxido de cálcio, componente do concreto, formando carbonato de cálcio. Esta reação denominada carbonatação diminui o pH do concreto, o que favorece a re-



Pilar em concreto aparente do Centro de Ensino e Pesquisa do Hospital Albert Einstein

ção do oxigênio com o ferro, levando à corrosão das armaduras, anteriormente protegidas pelo ambiente alcalino.

A relação entre a quantidade de água (em litros) e de cimento (em quilogramas) no concreto é um fator controlável e determinante de sua porosidade. Quando se utiliza mais água do que a necessária para reagir com os componentes do cimento, esse excesso evapora quando o concreto endurece e deixa vazios (retração por secagem), por onde o ar e a água adentram, carregando agentes agressivos para o interior do concreto. Por isso, é imprescindível manter uma relação equilibrada entre a quantidade de água e a quantidade de cimento. Para o viaduto de Osasco, a

relação água/cimento foi de 0,55 litros por quilograma.

O tipo e a quantidade de cimento influenciam também a aparência e a durabilidade do concreto. Roberto Dakuzaku tem usado o CPIII 40, cimento com adição de escória de alto forno, “por produzir um concreto de coloração clara”. Já, Paulo Fernando tem adotado o CPII-40 devido à disponibilidade. “O importante é manter o tipo, classe e fornecedor de cimento para cada obra”, arre-mata. No viaduto em Osasco foi usado o CPII E-40 e o CPII F-40.

Eles recomendam consumo mínimo de cimento de 340 kg/m³, independentemente da resistência característica à compressão do projeto, para obter melhor acabamento e durabilidade do concreto aparente.

A boa especificação dos materiais e a dosagem adequada do concreto são pontos de partida para o bom acabamento superficial. Por isso, a escolha de um bom fornecedor de concreto leva em conta sua capacidade operacional para entregar do início ao fim da construção e a qualidade e procedência dos insumos do concreto, não apenas o preço por metro cúbico.

Em projetos com elevada exigência de acabamento superficial do concreto aparente, pode-se ainda recorrer a aditivos especiais. Dakuzaku aponta que na obra do Centro de Pesquisa do Hospital Albert Einstein, em São Paulo, foi usado 12 kg/m³ de um aditivo compensador de retração à base de óxido de cálcio supercalcinado, “para obter um acabamento muito liso e brilhante, sem a necessidade de aplicar sistemas de proteção superficial”. No entanto, no geral a correta especificação do concreto aliada com boas práticas da usina, transporte e lançamento do concreto são suficientes para assegurar o bom acabamento.

Quanto à durabilidade da estrutura de concreto aparente, outro fator determinante é a cobertura da armadura. Isto porque, para se manter íntegra, a armadura deve ficar protegida da ação de agentes agressivos, sendo a espessura de seu cobrimento a barreira contra esse ingresso para o interior do concreto. Essa espessura depende

justamente do ambiente no qual a estrutura é colocada, sendo especificada na norma ABNT NBR 6118. Em geral, varia de 30 mm a 45 mm.

Outro aspecto de interesse na dosagem do concreto são suas propriedades reológicas no estado fresco, como viscosidade, densidade, consistência e trabalhabilidade, pois essas interferem na forma como o concreto preenche os espaços confinados no interior das fôrmas e das armaduras, bem como seu aspecto estético final. O concreto corretamente dosado e ajustado experimentalmente deve preencher com facilidade os cantos, saliências e reentrâncias das fôrmas, sem a necessidade de estucagem posterior.

As classes de consistência do concreto fresco são preconizadas pela ABNT NBR 8953:2015. A prática recomendada tem sido trabalhar com abatimentos entre 100 mm e 250 mm para concretos aparentes. No viaduto de Osasco, a estrutura apresentou características de superelevação bastante acentuadas, exigindo um estudo de traço para lançamento do concreto e para atender ao ciclo executivo. “Por isso, em alguns casos, foi usado concreto com *slump flow* de 700 mm”, informa Antunes. “Deve-se obter misturas estáveis, sem tendências para exsudar ou segregar, e com longa manutenção de trabalhabilidade – entre 180 e 240 minutos – para minimizar riscos de juntas frias, entupimentos da linha de bombeamento e devoluções de concreto por prazo vencido”, recomenda Dakuzaku.

Um concreto com maior teor de argamassa minimiza falhas de concretagem, como ninhos ou segregações, o que comprometeria o acabamento final do concreto aparente, uma vez que, em geral, ele não aceita correções. Dakuzaku recomenda adicionalmente limitar o teor de argamassa no concreto entre 52% e 54% para concretos convencionais e classes de consistências S100, S160 ou S220 (100 mm, 160 mm ou 220 mm).

Em determinadas situações, como de esbeltez estrutural ou altas taxas de armadura, é recomendável usar concreto autoadensável, com classe de espalhamento SF2 (660 mm a 750 mm) e

índice de estabilidade visual IEVO (sem segregação e sem exsudação). Tal medida foi adotada no concreto usado em alguns elementos estruturais do viaduto de Osasco.

“A dosagem deve considerar, além da robustez do concreto quanto às conformidades mecânicas, os riscos à variação de tonalidade e riscos de anomalias de execução, como ninhos de concretagem, bem como a redução do potencial de retração e o coeficiente de dilatação térmica”, resume Altheman.

Todas essas propriedades físicas, reológicas, mecânicas e de durabili-



Avanço do tabuleiro do viaduto de acesso a Osasco

dade devem ser controladas por meio de um rigoroso controle da qualidade através de ensaios químicos dos insumos, ensaios físicos de teor de umidade dos agregados e para determinação do abatimento, e ensaios mecânicos da resistência à compressão, da resistência à tração por compressão diametral, além dos ensaios de durabilidade das propriedades de transporte de ar e água para dentro do concreto. “Algumas empresas, como o Metrô de São Paulo e a CCR Engellog exigem o controle tecnológico da durabilidade do concreto através da execução de ensaios comprobatórios conforme ABNT NBR 9778, NBR 9779 e NBR 10787”, informa Dakuzaku.

EXECUÇÃO DAS FÔRMAS E DAS ARMADURAS

As fôrmas devem ser planejadas, travadas e vedadas de modo a evitar a fuga de água ou nata através das juntas, o que arrastará grande quantidade de cimento para a superfície do concreto, ocasionando manchas. Outro cuidado é ter um projeto adequado de juntas dos painéis das fôrmas, que devem ser seladas com silicone ou fitas adesivas. “Ter uma boa equipe de carpinteiros e de montagem de fôrmas não é suficiente para evitar a abertura dos painéis. A qualidade do material é outro requisito fundamental para obter bom acabamento superficial do concreto aparente”, ressalta Dakuzaku, que tem usado fôrmas de madeira compensada, revestidas com ripas de madeira, industrializadas, de fibra e de madeira revestida com fórmica ou películas poliméricas.

A rigidez do material das fôrmas deve considerar o peso e empuxo do concreto e a força resultante do adensamento, que provocam deformações e empenos nas paredes das fôrmas. Tirantes e espaçadores impedem a alteração dimensional ou desalinhamentos da armadura. Pode ser necessária a execução de peça-piloto para o dimensionamento e ajuste dos tensores de rigidez em função das dimensões, do material da fôrma, do peso e altura das camadas e da temperatura e fluidez do concreto. “Sempre recomendo a execução de protótipos em escala real antes de iniciar as concretagens para treinar a equipe, verificar a rigidez e estanqueidade das fôrmas, fazer eventuais ajustes no traço e avaliar visualmente a qualidade e aparência do acabamento superficial do concreto aparente”, esclarece Dakuzaku.

“Na obra do viaduto de acesso a Osasco, as fôrmas, com espessuras de 18 mm e faces protegidas com película naval, puderam ser reutilizadas pelo menos em cinco etapas de concretagem”, informa Antunes. Segundo ele, o alto custo de material de origem vegetal, mesmo o reciclado, requer a reutilização das fôrmas para o melhor custo-benefício. “Para isso, o uso de desmoldante de qualidade, pontos de travamento que possam ser reutilizados e cuidados

na armazenagem garantem a maior reutilização, mesmo que a estrutura apresente geometrias diferenciadas”.

Devido aos balanços sucessivos de avanço da obra, as contraflechas, deformações instantâneas ou lentas que ocorrem após o descimbramento da estrutura, previstas em projeto e validadas na Avaliação Técnica da Obra, foram continuamente verificadas por meio de leituras feitas pela equipe de topografia.

O projeto da fôrma deve indicar o plano de corte para eventuais ou programadas paralisações de concretagem. As juntas frias resultantes dessas paralisações não devem ser estabelecidas em pontos suscetíveis a concentração de esforços mecânicos e devem estar alinhadas e retilíneas. “No concreto aparente, o conhecimento e a experiência do fornecedor de fôrma são um dos requisitos principais para a qualidade final da aparência”, indica Dakuzaku.

É necessária uma preparação prévia do topo das juntas frias para melhorar o coeficiente de atrito e eliminar todo resíduo solto ou pulverulento entre as camadas de concretagem. Para aumentar a aderência entre as camadas, recomenda-se saturar o concreto endurecido com água. “Durante a aplicação da última camada na estrutura, no sentido horizontal, foram realizadas ranhuras, depois tratadas com apiloa-



Montagem das fôrmas para estrutura do Projeto Sirius

mentos superficiais”, adiciona Antunes.

Não deve haver a intercalação de peças de madeira nova com fôrmas já utilizadas num mesmo nível horizontal, pois as diferentes taxas de absorção de água do concreto pelas fôrmas usadas e novas provocam irregularidades na superfície do concreto e manchas.

O reaproveitamento de fôrmas deverá ser precedido de limpeza e retificação. “A análise visual e a limpeza com água e pano são suficientes”, ensina Paulo Fernando. “De preferência, imediatamente após a desforma para evitar o aumento da aderência dos resíduos de concreto”, adiciona Dakuzaku.

Checagem de prumos, níveis e dimensões deve ser feita com instrumentos de apoio, antes da liberação para a concretagem e conforme as tabelas da ABNT NBR 14931:2023.

Em obras com altas taxas de armaduras, como o viaduto de Osasco, com taxa média de 120 kg/m³, com bitolas de 12,5 mm a 25 mm para a meso e superestrutura e de 32 mm para as fundações, o cuidado com o posicionamento das armaduras é crucial. Deve-se evitar posicionamentos das barras sem um espaçamento mínimo que possibilite o concreto fresco de envolver e ancorar as armaduras, bem como preencher todos os espaços no interior das fôrmas. As barras devem ser firmemente posicionadas, conforme o projeto, e devem ser usados espaçadores de plástico ou

pastilha de argamassa, com espessuras adequadas para ser garantir a cobertura especificada em projeto das armaduras. As pontas de arame cozido da armação devem ser viradas para dentro do concreto.

“Quando a espessura de cobertura nominal passa de 50 mm, recomendamos a utilização de armadura de pele, de aço ou de vidro álcali resistente, para minimizar a ocorrência de fissuras de retração”, alerta Dakuzaku, que usou a armadura de pele nas paredes de concreto aparente do túnel de blindagem do acelerador de partículas Sirius, com circunferência média de 520 m e espessuras variáveis de 0,8 m a 1,5 m, sem juntas. Para Antunes, “em obras de grande porte, como blocos de fundação, pilares lâmina de grandes dimensões e estruturas executadas em balanços sucessivos, a armadura de pele é imprescindível, para evitar fissuras no concreto e garantir a durabilidade da estrutura”.

Os desmoldantes devem ser previamente testados para verificar sua eficiência quanto à redução da aderência e seu efeito na superfície do concreto. Eles devem ser pulverizados em quantidade controlada, pois seu excesso pode causar manchas. “Temos especificado desmoldante biodegradável a base de óleo sintético, sem solventes, que deve ser aplicado conforme instruções do fabricante”, recomenda Dakuzaku.



Parede de concreto aparente do túnel de blindagem do acelerador de partículas Sirius



Concretagem da laje de fundo do túnel de acesso da Linha 2 do Metro de São Paulo

O projeto de fôrmas deve prever a desforma sem que seja necessária a aplicação de ponto de apoio na superfície do concreto. A desforma deve ser realizada de preferência antes de 36 horas a partir do lançamento do concreto. “Em obras com paredes de concreto, a remoção dos painéis laterais é feita a partir de 2,5 MPa. Para outras estruturas de concreto aparente, recomendamos uma resistência mínima de 8 MPa para evitar danos nas bordas das peças concretadas”, informa Dakuzaku, que recomenda também realizar a desforma numa mesma idade do concreto para evitar diferenças acentuadas na coloração do concreto aparente. Para lajes, “deve-se observar o módulo de elasticidade do concreto especificado no projeto”, completa Paulo Fernando.

Dakuzaku destaca que “os cuidados devem ser mais rigorosos desde a fabricação, transporte, estocagem, manuseio, passando pela concretagem, até a desforma, para evitar riscos na face interna e empenamentos. Por isso, é indispensável uma equipe de concretagem bem treinada e qualificada”.

LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO

“O lançamento do concreto nas fôrmas deve buscar manter o concreto coeso, depositando-o sem segregação de seus materiais constituintes. Para isso, recomenda-se que a altura de lançamento não seja superior a dois metros e, caso o

seja, utilizar-se de funil na parte superior do tubo com diâmetro entre 10 e 30 cm”, esta recomendação feita por Walmor José Prudêncio, em um artigo de 1977 publicado no Colóquio sobre Dosagem do Concreto, continua válida. “Em geral, fazemos o lançamento do concreto de uma altura inferior a dois metros, mas já fizemos testes com altura de três metros sem observar segregação”, afirma Paulo Fernando.

Pelos mesmo motivo e para evitar a incorporação de ar, o concreto não deve sofrer transbordos ou peneiramento através das malhas de armaduras e estribos. Por isso, o lançamento do concreto em peças densamente armadas deve prever aberturas na montagem da armadura e, se possível, ser feito lateralmente pelo processo de cachimbo. “Quando não for possível o lançamento preconizado em norma, abaixo dos dois metros, podem ser empregados dispositivos como fôrma com cachimbo, canaletas, trompas ou mangote para conduzir o concreto fresco até o fundo da fôrma, sem segregar e para evitar impactos contra a armação, embutidos e parede interna da fôrma, cujos respingos podem secar e causar manchas no acabamento superficial do concreto aparente”, ensina Dakuzaku.

A altura das camadas de concretagem não deve ultrapassar 2/3 da agulha do vibrador (aproximadamente de 20 cm a 40 cm), para facilitar o contato desta com a camada anteriormente concretada, sendo a altura junto às paredes e arestas das fôrmas

ligeiramente maior, para evitar zonas inclinadas na extremidade das peças. A agulha do vibrador deve penetrar a camada anteriormente concretada, entre 10 cm e 15 cm, para fazer a ligação entre elas e evitar manchas parecidas com juntas frias. “Deve-se manter os vibradores na posição vertical, de forma a sempre trabalhar as camadas inferiores, mantendo a continuidade das camadas de lançamento”, ensina Antunes.

Para evitar os efeitos da aeração e insolação, as concretagens devem ser evitadas em dias e horários muito quentes (acima de 32°C) e com baixa umidade relativa do ar, bem como com ventos com rajadas. Essas condições são responsáveis pela perda acelerada de água pelo concreto fresco, prejudicando as reações de hidratação, bem como por elevadas taxas de retração térmica do concreto, ocasionando fissuramento. A ABNT NBR 14931:2023 traz diversas recomendações para concretagens em condições climáticas adversas.

Feito o lançamento do concreto na fôrma, ele deverá ser adensado por meio de vibradores mecânicos de mergulho, para se obter sua homogeneização, eliminação de ar incorporado durante o lançamento e preenchimento completo dos vazios.

Para se obter um concreto com baixa dispersão de densidade e alta resistência mecânica, usa-se vibradores de alta frequência e baixa amplitude, quando as agulhas têm diâmetro entre 25 mm e 40 mm, e de baixa frequência e alta amplitude com agulhas com diâmetro acima de 40 mm. Paulo Fernando recomenda um raio de vibração entre 35 cm e 55 cm. O tempo de vibração dependerá do índice de consistência do concreto, devendo ser regulado para não provocar defeitos de segregação. Para Paulo Fernando, “o tempo de vibração é determinado pela paralisação da subida de bolhas de ar do concreto”. “Até 3% de ar incorporado e 2% de água exsudável é aceitável”, pontua Dakuzaku.

O adensamento do concreto tem a finalidade de corrigir, na medida do possível, diferenças relativas de teores dos insumos em distintas zonas do componente ou estrutura. Essas diferenças são causadas por fenômenos físicos, como o lançamento, o peneiramento do concreto e o efeito parede, que consiste na movimentação da argamassa para junto de superfícies contínuas, como as fôrmas e armaduras.

Espera-se que um bom concreto aparente tenha coeficiente de variação inferior a 12%.

O vibrador deve ser inserido verticalmente e movido lentamente, tomando-se cuidado para não vibrar as armaduras, e sua movimentação deve assegurar a sobreposição das áreas adensadas. Deve-se vibrar intensamente nos cantos e em áreas densamente armadas, com o cuidado de não tocar as fôrmas.

Paulo Fernando alerta que a vibração incorreta faz com que partículas finas e bolhas de ar, contidas na mistura, se dirijam à origem de vibração, ocasionando uma distribuição não uniforme dos insumos no concreto.

É recomendável fazer um plano de concretagem especificando as alturas das camadas, o sentido de avanço da concretagem e diretrizes para o vibradorista, como manter-se de dois a três metros atrás do mangote da bomba ou da ponta de lançamento do concreto, vibrar o concreto a partir de 5 cm da face da fôrma em direção ao centro da peça e evitar vibrar as armaduras. “Golpear a fôrma com martelinho de borracha durante a subida das camadas de concreto lançado e vibrado minimiza a ocorrência de defeitos superficiais, como pequenos buracos causados por bolhas de ar e água aprisionados na face da fôrma”, complementa Dakuzaku.

CURA DO CONCRETO E PROTEÇÃO ADICIONAL

A secagem prematura do concreto resulta em uma camada de superfície fraca, porosa e permeável, por causa da insuficiência de água necessária à hidratação do cimento na superfície e também devido à retração por secagem na superfície que a sujeita a forças de tração, que provocam fissuras.

Para evitar este efeito, o concreto deve ser continuamente molhado desde o início de sua pega, processo chamado de cura. Para grandes superfícies horizontais, como lajes, pode-se empregar aditivo retardador de evaporação logo após a vibração do concreto, para evitar a ocorrência de fissuras precoces, que podem se manifestar

antes mesmo de terminar a concretagem. Em seguida ao acabamento, aplica-se cura química ou com lâmina de água de 10 cm a 15 cm de altura, por no mínimo cinco a sete dias. Paulo Fernando alerta que não faz sentido curar o concreto somente até atingir 15 MPa.

Para superfícies verticais, como pilares, vigas e paredes, recomenda-se aplicar filme plástico transparente aderido ao concreto úmido, sem forma bolhas de ar, logo após a desforma, para impedir a perda de umidade superficial por evaporação. O filme plástico pode ser mantido até o final da obra, protegendo a superfície do concreto aparente de poeira. Caso não seja usado o filme plástico,



Impermeabilização do concreto aparente do viaduto de acesso a Osasco

deve-se aplicar agente de cura química à base de resina acrílica, que consiste numa emulsão que forma um filme contínuo capaz de reter a água no concreto.

“Em estruturas elevadas, para minimizar a incidência de rajadas de vento diretamente nas peças desformadas, foi necessário o uso de uma proteção à cura úmida ou química, como o “fog spray”, completa Antunes.

A duração da cura depende do tipo de cimento utilizado e da exposição da peça

de concreto ao sol e a aeração, assim como de seu contato com meios agressivos. As especificações para cura são trazidas pela norma brasileira ABNT NBR 14931.

Com esses cuidados, obtém-se uma camada de superfície densa, compacta, resistente e impermeável, que não apresentará fissuras com abertura superior à recomendada em norma.

Ainda assim, para manter a superfície do concreto aparente limpa e mais protegida contra agentes agressivos do ambiente, podem ser aplicados tratamentos para obtenção de películas impermeáveis e aderentes, capazes de assegurar maior durabilidade à estrutura.

Os produtos que têm sido geralmente usados são: os hidrofugantes, que agem para repelir a água na superfície da estrutura, quando se pretende manter a aparência natural do concreto; e os sistemas à base de vernizes acrílicos ou de poliuretano, que formam um filme a partir da evaporação do solvente ou da água neles contidos. Esses podem ser aplicados isoladamente ou em sistema duplo.

Atualmente, existe uma grande variedade de produtos aplicados para finalizar o acabamento superficial do concreto aparente, desde sistemas de proteção que exigem a reaplicação anual aos sistemas de elevado desempenho, com intervalos de manutenção superiores a 10 anos. Dakuzaku adiciona que no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, o concreto aparente foi pintado com tinta de alto desempenho na cor branca.

Todos devem atender às normas ABNT NBR 14037:2024 Manual de Operação e Manutenção e ABNT NBR 15575 Edificações habitacionais – Desempenho.

O recomendável é fazer ensaios de aderência, de absorção de água e testes de campo para avaliar a aparência do acabamento. “Mas, melhor que tratar é executar a estrutura sem defeitos pela escolha adequada do sistema de fôrmas, desmoldantes, sistema de cura e mão de obra treinada e qualificada”, finaliza Dakuzaku. 📧

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PRUDENCIO, W. J. Tecnologia do concreto aparente. IN: Colóquio sobre Dosagem do Concreto, 1977, São Paulo. Anais. São Paulo: IBRACON, 1977
- [2] DA SILVA, P. F. A. Durabilidade do concreto aparente. IN: Reunião Anual do Instituto Brasileiro do Concreto, 1992, Curitiba. Anais. Curitiba: IBRACON, 1992.