UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR DO QUADRO PERMANENTE

EDITAL 89/2017-UFES

PROVA ESCRITA

1ª Questão: *Considere uma edificação residencial, com 15 pavimentos, na Av. Rio Branco, Vitória/ES (meio marinho/industrial/urbano, UR = 80%, T = 28°C, possibilidade de ventos). A estratégia definida para a seleção de materiais foi "seleção de materiais de menor impacto ambiental, observando o atendimento aos requisitos técnico-funcionais, às necessidades dos usuários e às atividades funcionais" e para a execução foi "executar os sistemas construtivos, observando o cronograma físico-financeiro, a redução impactos ambientais e o atendimento aos requisitos técnico-funcionais." Considere sistema estrutural em concreto armado, concreto usinado e bombeado, moldado in loco.* ***(valor 50,00)***

(1) Aponte 4 (quatro) requisitos de desempenho técnico-funcional para o sistema estrutural desta edificação. (2) Aponte 4 (quatro) propriedades necessárias ao concreto desta edificação, cujos elementos estruturais são densamente armados (espaçamento da armadura inferior a 5 cm). Justifique. (3) Quais as recomendações para a mistura e transporte; lançamento, adensamento e cura do concreto das vigas, lajes e pilares da superestrutura desta edificação de modo a atender a estratégia definida para a execução deste sistema estrutural.

2ª Questão *- Considere uma edificação residencial, com 15 pavimentos, na Av. Rio Branco, Vitória/ES (meio marinho/industrial/urbano, UR = 80%, T = 28°C, possibilidade de ventos).*

(1) Por que o ambiente de garagem no subsolo desta edificações é um ambiente agressivo aos elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido (destaque pelo menos quatro aspectos que corroboram essa agressividade)? (2) Descreva os mecanismos de deterioração que podem estar associados a este ambiente agressivo, considerando elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido. (3) Nesta situação de agressividade, quais manifestações patológicas poderão ocorrer prematuramente e por que? (3) O que pode ser feito preventivamente na etapa de projeto, seleção de materiais, execução dos elementos estruturais desta superestrutura para evitar o aparecimento destas manifestações patológicas? (4) Quais são as medidas corretivas, em caso de aparecimento destas manifestações patológicas?

Publicado no mural do DEC em 16/01/18

Ana Carolina M. de Freitas
Assistente em Administração
SIAPE 1759023 UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR DO QUADRO PERMANENTE

EDITAL 89/2017-UFES

PROVA ESCRITA[1]

1ª Questão: *Considere uma edificação residencial, com 15 pavimentos, na Av. Rio Branco, Vitória/ES (meio marinho/industrial/urbano, UR = 80%, T = 28°C, possibilidade de ventos). A estratégia definida para a seleção de materiais foi "seleção de materiais de menor impacto ambiental, observando o atendimento aos requisitos técnico-funcionais, às necessidades dos usuários e às atividades funcionais" e para a execução foi "executar os sistemas construtivos, observando o cronograma físico-financeiro, a redução impactos ambientais e o atendimento aos requisitos técnico-funcionais." Considere sistema estrutural em concreto armado, concreto usinado e bombeado, moldado in loco.* ***(valor 50,00)***

(1) Aponte 4 (quatro) requisitos de desempenho técnico-funcional para o sistema estrutural desta edificação. (2) Aponte 4 (quatro) propriedades necessárias ao concreto desta edificação, cujos elementos estruturais são densamente armados (espaçamento da armadura inferior a 5 cm). Justifique. (3) Quais as recomendações para a mistura e transporte; lançamento, adensamento e cura do concreto das vigas, lajes e pilares da superestrutura desta edificação de modo a atender a estratégia definida para a execução deste sistema estrutural.

(1) Aponte 4 (quatro) requisitos de desempenho técnico-funcional para o sistema estrutural desta edificação. (valor 10,00)

Segurança estrutural

Segurança no uso

Segurança estrutural no uso

Estanqueidade

Manutenibilidade

Economia

Durabilidade/vida útil

Sustentabilidade

[1] Esta chave de respostas deve servir como base para correção. A comissão analisou domínio e precisão do conhecimento, coerência na construção do argumento e precisão lógica do raciocínio; forma de expressão em termos de correção linguística, coesão, coerência e legibilidade, conforme Resolução nº 35/2017 do CEPE/UFES.

Construtibilidade

(2) Aponte 4 (quatro) propriedades necessárias ao concreto desta edificação, cujos elementos estruturais são densamente armados (espaçamento da armadura inferior a 5 cm). Justifique. (valor =10,00)

Trabalhabilidade (densidade de armadura, execução, estratégia)

Consistência (densidade de armadura, execução, estratégia)

Resistência mecânica (solicitações, estratégia)

Retração (solicitações, estratégia)

Modulo de deformação (solicitações, estratégia)

Porosidade (solicitações, estratégia)

Resistência química/durabilidade (solicitações, estratégia)

(3) Quais as recomendações para a mistura e transporte; lançamento, adensamento e cura do concreto das vigas, lajes e pilares da superestrutura desta edificação de modo a atender a estratégia definida para a execução deste sistema estrutural.

Mistura ou amassamento (valor=4,00)

É a primeira fase da produção propriamente dita do concreto e tem como objetivo a obtenção de uma massa homogênea onde todos os componentes estejam em contato entre si. A falta de homogeneidade determina decréscimo sensível de resistência mecânica e durabilidade dos concretos. A mistura será feita na central dosadora.

No caso em estudo a opção por uma mistura dosada em central garante o uso racional dos materiais constituintes e a qualidade do concreto, bem como agiliza os serviços no canteiro, reduzindo o efetivo de mão de obra e equipamento.

Transporte (valor=4,00)

O transporte do concreto da central de concretagem até o canteiro de obras será feito por caminhão betoneira e deste até o local de lançamento, que pode ser feito com carrinho de mão, giricas, elevadores, guinchos e por meio de bombeamento, dependo do pavimento a ser concretado.

No transporte do concreto deve-se tomar cuidado para que não haja vibração excessiva, o que pode provocar segregação dos componentes, prejudicando a homogeneidade do concreto. O transporte, também deve ser rápido, a fim de evitar que o concreto perca a trabalhabilidade necessária às etapas seguintes.

O tempo de transporte é contado a partir do momento da primeira adição da água e deve ser:

a) fixado de forma que o fim do adensamento não ocorra após o início da pega do concreto lançado;

b) inferior a 90 minutos no caso de caminhão betoneira.

No caso em estudo deve ser previsto o uso do concreto bombeado para os pavimentos mais elevados de forma a otimizar a tarefa e reduzir o tempo de execução da etapa, bem como minimiza as possibilidades de perda do material, reduzindo a geração de resíduos no canteiro.

Lançamento (valor=9,00)

O lançamento é a operação que consiste em colocar o concreto nas formas. O tempo máximo permitido entre o amassamento e o lançamento é de 2h:30min.

Cuidados devem ser tomados se a temperatura externa for superior a 40°C, por ocasião da concretagem.

O cuidado geral no lançamento consiste em manipular o concreto de forma que seus componentes não se separem e as recomendações são:

- formas livres de detritos e substâncias estranhas;

- formas de madeira saturadas de água, para que não absorvam a água do concreto;

- evitar arrastar o concreto distâncias muito grandes.

- evitar o lançamento do concreto de grandes alturas. A altura máxima permitida, para que não haja segregação, está em torno de 1,50 a 2,00m.

As vigas devem ser concretadas 48h apos o lançamento dos pilares para evitar assentamentos plásticos e o aparecimento de ninhos de concretagem. Ao retomar a concretagem, deve ser tratada como junta de concretagem.

As camadas lançadas não podem ser superiores a 50cm, para o correto adensamentos (a altura de camadas deve ser inferior a ¾ do comprimento da agulha do vibrador). Não deve haver início de pega entre duas camadas sucessivas.

No caso em estudo, é importante verificar se, durante o lançamento, a armadura não impediu o preenchimento da fôrma (peças densamente armadas).

A junta de concretagem deve ser apicoada e devidamente limpa, e não pode acontecer em regiões de elevados esforços (cortantes e de flexão).

Observar eventuais juntas de dilatação previstas em projeto.

Adensamento (valor=9,00)

É a operação que tem por finalidade a eliminação do ar e dos vazios contidos na massa. Deve ser feito durante e imediatamente após o lançamento.

O adensamento deve ser executado por processos mecânicos_vibração. A especificação do equipamento (vibrador e agulha) deverá levar em consideração a característica de peças estruturais densamente armadas.

Qualquer que seja o processo deve-se buscar que o concreto preencha todos os espaços da forma, evitando-se a formação de ninhos e a segregação dos componentes. Deve ser evitada, também, a vibração junto à armadura, quando o concreto for armado, para não ocasionar vazios que prejudiquem a aderência do concreto com a armadura (distância mínima de 10cm das formas e armaduras, sempre que possível).

A agulha do vibrador deve ser mergulhada em pontos com distâncias entre 25cm e 35cm. Deve estar na vertical, ou, no máximo a 45° com a horizontal.

O tempo de vibração é entre 10 e 30s (até que apareça uma nata na superfície; superfície lisa e brilhante).

O tempo de retirada da agulha do vibrador é entre 5 e 15s. O vibrador deve entrar desligado e ser retirado ligado

O lançamento e o adensamento do concreto devem:

- ser iniciados em até 30 minutos após a chegada do caminhão betoneira na obra,

- ser realizados em tempo inferior a 150 min, contado a partir da primeira adição de água (caso isso não ocorra, e a contratante insista em aplicar o concreto, a empresa prestadora do serviço de concretagem fica eximida da responsabilidade do concreto aplicado);

- ser realizados em tempo inferior a 60 minutos, contados a partir da primeira adição de água, no caso de veículo não dotado de equipamento de agitação.

Cura (valor=4,00)

Denomina-se cura o conjunto de medidas que tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água e a retração.

A cura deve ser feita nos 7 primeiros dias contados do lançamento do concreto. É desejável, entretanto, que se faça até o 14 dia, para evitar o aparecimento de fissuras por retração. Deve começar logo após o início de pega.

No caso em estudo, a adoção da cura úmida é a mais indicada considerando o custo, o impacto ambiental e a garantia da manutenção dos requisitos técnicos alcançados nas etapas anteriores. Entretanto, a exposição ao vento pode reduzir a umidade ambiente requerida para a hidratação do material, sedo necessária a utilização de uma camada de proteção (plásticos, sacos de cimento e/ou estopa) sobre as peças com grande área de exposição (lajes).

2ª Questão *- Considere uma edificação residencial, com 15 pavimentos, na Av. Rio Branco, Vitória/ES (meio marinho/industrial/urbano, UR = 80%, T = 28°C, possibilidade de ventos).* ***(valor 50,00)***

(1) Por que o ambiente de garagem no subsolo desta edificações é um ambiente agressivo aos elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido (destaque pelo menos quatro aspectos que corroboram essa agressividade)? (2) Descreva os mecanismos de deterioração que podem estar associados a este ambiente agressivo, considerando elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido. (3) Nesta situação de agressividade, quais manifestações patológicas poderão ocorrer prematuramente e por que? (3) O que pode ser feito preventivamente na etapa de projeto, seleção de materiais, execução dos elementos estruturais desta superestrutura para evitar o aparecimento destas manifestações patológicas? (4) Quais são as medidas corretivas, em caso de aparecimento destas manifestações patológicas?

(1) Por que o ambiente de garagem no subsolo desta edificação é um ambiente agressivo aos elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido (destaque pelo menos quatro aspectos que corroboram essa agressividade)? (valor=10,00) a) microclima com umidade relativa mais alta, b) microclima com maior concentração de CO_2 (decorrente de gases de carbono expelidos pelos escapamentos dos veículos, com baixa renovação do ar ou exaustão gasosa); c) microclima com concentração de cloretos (atmosfera marinha) e d), normalmente, refere-se a uma parte da estrutura sem revestimento ou proteção superficial (são elementos em concreto aparente).

(2) Descreva os mecanismos de deterioração que podem estar associados a este ambiente agressivo, considerando elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido (valor=10,00).

a) Mecanismos de corrosão das armaduras no concreto

Com relação aos elementos da superestrutura de sistemas estruturais em concreto armado e protendido desta edificação, considerando o ambiente de garagem e a agressividade ambiental (ambiente marinho/industrial/urbano), a corrosão das armaduras/cordoalhas é seguramente a principal causa do fim precoce da vida útil destes sistemas estruturais. A corrosão das armaduras é a causa de deterioração mais onerosa em termos de manutenção e a origem de inúmeras manifestações patológicas do sistemas estrutural.

Em condições favoráveis, o concreto possui elevada capacidade de proteger as armaduras contra a corrosão, que se deve principalmente à passivação das

armaduras/cordoalhas na solução altamente alcalina presente nos poros do concreto. No entanto, a corrosão pode iniciar no momento em que a passividade é rompida, parcial ou completamente, seja devido à carbonatação do concreto ou à presença de íons cloreto.

a.1) Carbonatação

A carbonatação é causada pela redução de alcalinidade do concreto por ação do CO_2 (gás carbônico) que transforma a portlandita ($Ca(OH)_2$) em carbonatos. Consiste na reação do gás carbônico, presente em ambientes de alta concentração (garagens, entre outros), com os compostos hidratados do cimento, como o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), o hidróxido de potássio (KOH) e o hidróxido de sódio ($NaOH$), tendo como produto os carbonatos (sendo o mais comum o carbonato de cálcio) e água. O CO_2, o dióxido de enxofre (SO_2) e o gás sulfídrico (H_2S) são os principais constituintes do ar atmosférico que desencadeiam o mecanismo de redução do pH do concreto.

O dióxido de carbono presente na atmosfera penetra no interior do concreto através da água dos poros do concreto ou pelas fissuras, onde ocorre a reação química de carbonatação.

Com a precipitação dos carbonatos, ocorre a redução do pH, a redução da permeabilidade, o aumento da resistência superficial e um grande aumento na resistividade elétrica do concreto.

A carbonatação avança na superfície do concreto e, ao atingir o nível das armaduras/cordoalhas, irá despassivá-las, provocando a instabilidade da camada de passivação existente. Ela não é em si, nociva ao concreto, porém ela causa a redução da alcalinidade na matriz, podendo, assim, desencadear o mecanismo de corrosão eletroquímica do aço. O aço corrói de forma generalizada, como se estivesse exposto à atmosfera sem proteção.

As condições de exposição da estrutura que influenciam no mecanismo de carbonatação são: as faixas de umidades do ambiente e a saturação dos poros; a temperatura e a concentração de CO_2, todas favorecidas pelas condições ambientais de Vitória/ES e pela características específicas de garagens.

a2) Ataque por íons cloreto

Em ambientes marinhos, como o desta questão, as estruturas de concreto estão sujeitas à corrosão pela penetração de íons cloreto no concreto de cobrimento e ocorre devido à constante presença de névoa salina na atmosfera. A penetração de íons cloreto, neste caso em particular, ocorre por absorção capilar e, principalmente, por difusão iônica.

Dependendo da concentração de íons cloreto na estrutura, observa-se que a camada de passivação do aço pode ser destruída mesmo se a água do poro do concreto de cobrimento apresentar pH superior a 11,5. Quando a relação molar

entre os íons cloreto e os hidróxidos presentes na água de poro do concreto é maior que 0,6, o aço não está mais protegido contra a corrosão. Isso ocorre porque o filme do óxido de ferro das armaduras/cordoalhas se torna mais permeável sob essas condições. A partir do momento em que a passividade da armadura é destruída, a resistividade elétrica e a disponibilidade de oxigênio passam a controlar a taxa de corrosão.

Os íons cloreto reagem, então, diretamente com a camada de passivação do aço, causando sua destruição. Esse mecanismo, chamado de ataque por íons cloreto, é o principal causador da corrosão precoce das armaduras, sobretudo em ambientes próximo ao mar.

Após a penetração dos cloretos no concreto, seja por absorção e/ou difusão iônica, parte deles é fixada à estrutura, onde são formados cloroaluminatos, outra parte permanece adsorvida junto às paredes dos poros e o restante permanece livre. Os cloretos livres são os que efetivamente participam do mecanismo de corrosão das armaduras.

O mecanismo de corrosão das armaduras ocorre em dois períodos, chamados de: período de iniciação e período de propagação. No período de iniciação ocorre a despassivação da armadura em regiões pontuais da película passivante pelo ingresso de CO_2 e/ou de íons cloreto. No período de propagação há o aumento da condutividade elétrica do eletrólito, além da formação dos produtos de corrosão, fortemente influenciados pela ação dos íons cloreto.

No caso particular das cordoalhas, pode ainda haver corrosão sob tensão, em decorrência dos níveis de tensão elevados e da presença de cloretos, exigindo medidas preventivas ainda mais rigorosas. Neste caso, a ruptura é brusca e pode levar ao colapso da estrutura (fratura frágil).

(3) **Nesta situação, que manifestação patológica poderá ocorrer prematuramente e por que? (valor=10,00)** Corrosão das armaduras, por despassivação do aço em decorrência do ingresso de CO_2 e de íons cloreto (período de indução). No período de propagação, os íons cloreto participam como catalisadores em reações para formarem produtos de corrosão, além de agirem como aceleradores pelo aumento da condutividade elétrica do eletrólito.

A transformação do ferro metálico em produto de corrosão é acompanhada por um aumento de volume, que pode ser da ordem de até 600% em relação ao metal original, causando, assim, a expansão e fissuração do concreto. À medida que a corrosão vai se intensificando, esses produtos expansivos vão se acumulando cada vez mais ao redor das armaduras, o que produz fissuras na direção radial das barras/cordoalhas, e a fissuração das peças de concreto.

As fissuras acontecem na direção paralela à barra/cordoalha corroída e são classificadas como fissuras ativas progressivas, isto porque têm abertura que vão aumentando com o decorrer do mecanismo de corrosão.

Esta evolução das fissuras implica em posterior lascamentos e destacamento da camada de cobrimento, deixando expostas as armaduras.

Em peças submetidas à flexocompressão, como os pilares, o destacamento do cocnreto pode significar importante perda de secção do elemento estrutural. A transferência de carga para as armaduras, em geral já dessolidarizadas do concreto pela corrosão, resulta na deformação ou flambagem das barras longitudinais dos elementos estruturais.

Porém, nem sempre se produz fissuração quando as armaduras/cordoalhas corroem. Caso o concreto esteja muito úmido, os óxidos são gerados a uma velocidade constante e podem emigrar através da rede de poros, aparecendo na superfície sob a forma de manchas marrom-avermelhadas, que inclusive podem não coincidir com a posição da armaduras. Nesta situação, a durabilidade das estruturas é basicamente afetada pela perda de seção das armaduras e pelo comprometimento de aderência aço/concreto. Em muitos casos, porém, ocorre uma situação mista, com a incidência de fissuras contendo machas em suas bordas.

Assim, a corrosão de armaduras/cordoalhas deteriora as estruturas de concreto pela perda de seção das barras e seus efeitos e pelo comportamento mecânico de fissuração no concreto e suas consequências, que podem culminar com o colapso dessa estrutura.

(3) O que pode ser feito preventivamente na etapa de projeto, seleção de materiais, execução dos elementos estruturais desta superestrutura para evitar o aparecimento destas manifestações patológicas? (valor=10,00)

Observar a agressividade ambiental na definição do fck, relação a/c e cobrimento (ABNT NBR 6118:2014), com maior rigor para o caso do concreto protendido e para o fato da estrutura ser aparente.

Utilizar cimentos com adições, particularmente escória de alto-forno (CP II E e CP III), pelo melhor desempenho na presença de cloretos, ainda que favoreçam a cabonatação. Há benefícios também com o uso de cimentos com materiais pozolânicos.

Uso de adições minerais no concreto (sílica ativa e metacaulim), já que o efeito combinado de algumas dessas adições é particularmente benéfico na prevenção do mecanismo de corrosão.

Aços com tratamento a frio (encruamento ou trefilação) e maiores teores de carbono são mais susceptíveis a desenvolver corrosão, em comparação a aços de menor dureza e menor resistência mecânica.

Há recomendações na literatura para emprego de inibidores de corrosão, mas sua eficiência vai sendo reduzida à medida que ele é consumido. Há também recomendações para emprego de armadura de aço inoxidável, cujo preço ainda é extremamente elevado e não está alinhada com a estratégia definida para este caso.

Cuidados com a execução para evitar a presença de poros e o aparecimento de fissuras, apesar de não haver unanimidade no meio técnico com relação ao papel das fissuras no mecanismos de corrosão, apesar do reconhecimento que a abertura de fissuras favorece a entrada de agentes agressivos e o início do problema.

(4) Quais são as medidas corretivas, em caso de aparecimento destas manifestações patológicas (valor=10,00)?

Cabe lembrar que, antes de qualquer recuperação devem ser identificadas e sanadas as causas. Caso isso não seja observado, corre-se o risco de acarretar corrosão em outros locais, por haver criado mais descontinuidade na estrutura, além das que originalmente existiam. Daí a importância de uma avaliação completa do(s) elemento(s) estrutural(is) com sinais de corrosão de suas armaduras, que deve considerar aspectos relacionados com a durabilidade e resistência/estabilidade.

Os aspectos de durabilidade envolve investigações sobre as condições da armadura (se passivadas ou não), sobre as condições de carbonatação do concreto, sobre a presença de agentes agressivos (particularmente, neste caso, cloretos). A avaliação da resistência e estabilidade das estruturas de concreto emprega técnicas como ultrassom, esclerometria e extração de testemunhos de concreto, além de provas de carga na estrutura, entre outras.

Sob a ótica da corrosão das armaduras, fazem parte de uma avaliação uma inspeção preliminar e, posteriormente, uma inspeção detalhada. A primeira é constituída de um exame visual para caracterizar todos os sintomas, além de alguns ensaios que permitam abalizar o problema e preparar um plano mais detalhado de investigação. A inspeção detalhada tem por objetivo quantificar a extensão da deterioração e caracterizar os elementos da estrutura, a partir de uma ampla realização de ensaios.

Realizada esta avaliação, as principais medidas corretivas no caso de reparos localizados:

(a) Limpeza rigorosa, de preferência com hidrojateamento e apicoamento de todo concreto solto ou fissurado, inclusive das camadas de óxidos/hidróxidos das

superfícies da barras.

(b) Análise criteriosa da possível redução de seção transversal das armaduras atacadas. Se necessário, executar recuperação/reforço.

(c) Limpeza superficial e tratamento das armaduras, aplicando pinturas protetoras de base mineral ou orgânica (por exemplo, pintura à base de resina epóxi ricas em zinco).

(c) Reconstrução do cobrimento das armaduras de preferência com argamassas especiais de reparo (à base de cimento, à base de cimento modificadas por polímeros ou poliméricas). Em reparos mais profundos, recomenda-se o emprego de argamassas auto-adensáveis ou grautes. Os principais polímeros modificadores de argamassas são o látex acrílico, acrílico modificado e estireno-butadieno (SBR). Os principais polímeros utilizados como aglomerantes das argamassas poliméricas são as resina epóxi, poliéster e metilmetacrilato.

Quando se tratar de contaminação por cloretos em teores elevados por todo o concreto do elemento estrutural esta solução é paliativa. É bem possível que não haja reincidência do fenômeno na região reparada, mas não há como evitar a ocorrência do problema em áreas adjacentes às zonas reparadas.

Assim, mesmo quando sintomas visíveis de corrosão ainda não se configuraram, reparos generalizados podem ser executados quando se deseja remover concretos contaminados por cloretos ou carbonatados, como forma de prevenção à manifestação posterior do problema. A recomposição do cobrimento, neste caso, é feita com emprego de concreto projetado.