

Estruturas afectadas por corrosão das armaduras

Ferramentas de diagnóstico para avaliação do seu estado de conservação

A deterioração das construções marítimas ou portuárias com estrutura de betão armado é devida, normalmente, ao mecanismo de corrosão das armaduras, pelo que o seu controlo é essencial para o cumprimento das exigências de durabilidade, de resistência e de funcionalidade.

Apresentam-se aqui as ferramentas de diagnóstico mais usuais que permitem avaliar o estado de conservação das estruturas afectadas por corrosão das armaduras, podendo ser usadas em qualquer fase da vida da estrutura, quer no contexto de uma política pró-activa de manutenção/conservação (por enquanto raro) quer no contexto de uma política reactiva (prática corrente).

AVALIAÇÃO SUMÁRIA DA CORROSÃO DAS ARMADURAS

A importância, presente e futura, da corrosão pode ser avaliada, numa primeira abordagem, através da confrontação de apenas três parâmetros: a espessura de recobrimento das armaduras (medida com o pacómetro), a profundidade de carbonatação do betão (determinada com uma solução alcoólica de fenolftaleína) e o

teor de cloretos no betão a várias profundidades (eléctrodo de cloretos) (ver fotografias).

A Figura 1 ilustra, graficamente, a confrontação entre os resultados da medição com o pacómetro, do recobrimento das armaduras e o valor médio dos resultados da profundidade de carbonatação do betão em várias zonas de ensaios (no caso, em vigas de um tabuleiro). É possível verificar que as frentes de carbonatação, traduzidas pelas linhas verticais (face lateral e face inferior), em termos médios, encontram-se perto das armaduras (início da propagação da corrosão). Do ponto de vista da verificação da conformidade dos requisitos de durabilidade, este tipo de representação permite, ainda, avaliar a percentagem dos valores de



Zona de ensaios com as malhas de armaduras levantadas com o pacómetro (medição do recobrimento)



Medição da profundidade de carbonatação do betão após aspersão da solução alcoólica de fenolftaleína



Recolha de pó do betão a diferentes profundidades para determinação do perfil de cloretos

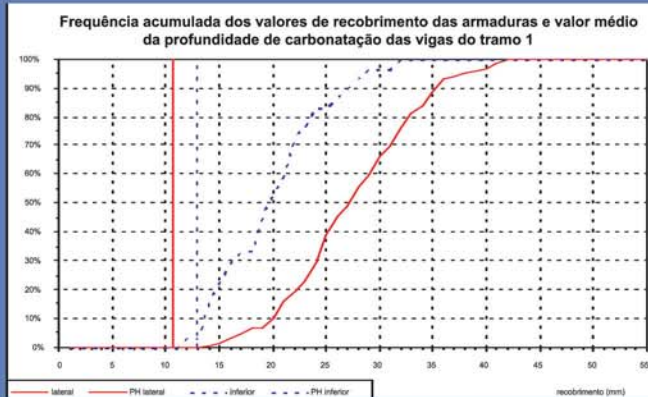


Figura 1 - Representação gráfica da frequência acumulada dos valores de recobrimento, medidos com o pacómetro e da profundidade de carbonatação

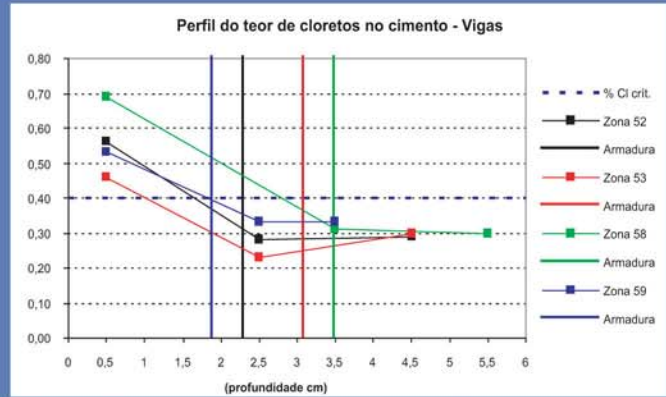


Figura 2 - Perfis do teor de cloretos a várias profundidades da secção de vigas ensaiadas e recobrimento das armaduras

recobrimento, medidos numa dada zona ou zonas de ensaios, que são inferiores ao recobrimento mínimo regulamentar.

Outro dado importante, que se pode inferir a partir do recobrimento das armaduras e da profundidade de carbonatação do betão, é a previsão do tempo que falta para ocorrer a despassivação das armaduras, através da fórmula $x = k \times \sqrt{t}$. Esta traduz, simplificada, a evolução do progresso da reacção, sendo x a profundidade de carbonatação, k uma constante (obtida a partir dos ensaios *in-situ*) e t a idade do betão.

A despassivação das armaduras devida à presença de cloretos em excesso no betão pode, também, ser aferida através da sua determinação a diferentes profundidades (perfis de cloretos: Figura 2). Feita periodicamente, permite também prever quando ocorrerá a despassivação, bem como validar eventuais modelos de previsão, adoptados no projecto.

AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DE CORROSÃO

Quando se pretende conhecer com maior rigor a importância da corrosão das armaduras pode-se, através da técnica da resistência de polarização, medir a intensidade de corrosão das armaduras em conjunto com outros parâmetros como, por exemplo, o potencial eléctrico das armaduras, a resistividade eléctrica

QUADRO A - Nível de corrosão em função da medição da intensidade de corrosão	
Taxa de corrosão ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Nível de corrosão
$I_{\text{corr}} < 0,1 - 0,2$	Desprezável
$0,1 < I_{\text{corr}} < 0,5$	Baixo a moderado
$0,5 < I_{\text{corr}} < 1$	Moderado a elevado
$I_{\text{corr}} > 1$	Elevado

do betão, a humidade relativa e temperatura ambientes. O Quadro A apresenta a classificação do nível de corrosão em função dos valores da intensidade de corrosão.

LEVANTAMENTO DAS ANOMALIAS VISÍVEIS RELACIONADAS COM A CORROSÃO

Para se avaliar a importância e extensão das zonas visivelmente afectadas pela corrosão das armaduras, os sintomas, por ordem de ocorrência, são: fissuras de delaminação, eventualmente com manchas de óxido superficiais, zonas com delaminação do betão, zonas com lacunas do betão, eventualmente com exposição das armaduras e redução significativa da secção transversal dos varões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Logo na fase do projecto, é fundamental conceber a estrutura e seus componentes adoptando uma geometria regular, de modo a favorecer boas condições de betonagem, optando por elementos com densidade de armaduras

equilibrada, adoptando espessuras adequadas de recobrimento para a protecção dos varões, etc..

O acompanhamento da evolução da corrosão das armaduras, ao longo do tempo, pode também ser previsto logo na fase de elaboração do projecto através de um plano de monitoragem onde são definidos os parâmetros chave a monitorar.

Num futuro próximo, é expectável que o projecto venha também a incluir o programa de manutenção/conservação da obra, onde deverá constar a periodicidade das inspecções quer as de rotina quer as mais completas, os ensaios (*in-situ* e laboratoriais) a realizar, as medidas correctivas a implementar quando se verificarem certos parâmetros previstos, bem como os prazos para a substituição dos diversos componentes, quer os estruturais, quer os não estruturais.

CARLOS MESQUITA
Eng.º Civil, OZ, Ld.ª