



Corrosão monitorada

Pesquisadora do IPT comenta as inovações na inspeção de estruturas de concreto e os benefícios do uso de sensores para monitoramento ininterrupto



ACERVO PESSOAL

A tendência é que a inspeção não seja limitada ao visual, lançando mão cada vez mais de equipamentos específicos para a realização de ensaios não destrutivos

As atividades de inspeção, manutenção e recuperação de estruturas de concreto como pontes e viadutos enfrentam uma série de obstáculos no Brasil. Os problemas incluem aspectos como normatização desatualizada e ausência de padronização. Conforme aponta Adriana de Araújo, arquiteta e pesquisadora do Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), nem mesmo algumas das patologias mais comuns têm nome e descrição uniformes. “Atualmente, está em curso o processo de revisão da norma de inspeção de estruturas de concreto – possivelmente será incluído um anexo com a descrição de patologias, de forma a criar conceitos padronizados”, explica.

Gradativamente, esse quadro tem sofrido mudanças. “As concessionárias têm licença para operar por décadas em rodovias. Isso faz com que haja uma maior preocupação com a vida útil das estruturas. Muitas empresas, portanto, têm demonstrado interesse na realização de inspeções em prazos menores e com maior critério”, argumenta Adriana.

No que se refere ao risco de corrosão das armaduras das estruturas de concreto, a inspeção visual da superfície do concreto tem sido, historicamente, o ponto de partida e de chegada da política de monitoramento de muitos órgãos e empresas públicas. Muitas vezes, o ideal seria a sua integração a ensaios não destrutivos para verificação de alterações químicas no concreto e do estado ativo ou passivo de corrosão das armaduras, ou constatação de anomalias não visíveis na superfície do concreto.

Em países europeus e nos Estados Unidos, a tendência é associar a inspeção visual a ensaios não destrutivos, com uso de equipamentos e métodos de tecnologia avançada para análise do concreto e da armadura. Adriana, que é mestre em tecnologia de construções pelo IPT, fez, em 2012, um estágio de cinco meses na Alemanha, onde conheceu algumas inovações no monitoramento do risco de corrosão. Na entrevista a seguir, ela fala sobre o emprego de sensores de permanente aquisição de dados embutidos no concreto de cobrimento – metodologia que permite o acompanhamento ininterrupto das condições da estrutura de concreto.

Quais são os métodos mais comuns para verificar a corrosão do concreto no Brasil?

Ensaios que levam em conta análises eletroquímicas não são muito comuns, dado que há certa complexidade e é preciso dispor de alguns equipamentos. A inspeção visual é mais simples – basta que haja um funcionário capacitado para tal atividade. Atualmente, há um projeto de nor-

ma para qualificação de pessoal para inspeções de estruturas de concreto. O mais frequente é fazer o exame visual, o que é válido, em muitos casos. Mas não existe um critério normalizado, e isso traz inúmeras dificuldades.

Quais, por exemplo?

O profissional que faz a inspeção em um determinado ano pode não ser o mesmo no ano seguinte – e o novo responsável tomará como base o relatório anterior, o que pode criar confusão se os conceitos adotados não forem os mesmos. É preciso tomar atitudes a partir dos resultados da inspeção. Se a verificação constata uma mancha de corrosão em um pilar, é necessário deixar claro que, em um determinado prazo, será necessário averiguar a extensão do problema, sendo recomendada a realização do ensaio de potencial de corrosão. Isso nem sempre é feito.

Em esse acompanhamento mais contínuo deve ser feito até mesmo depois do reparo realizado?

Em obras de grande responsabilidade, instaladas em áreas de ambiente agressivo, o ideal seria tanto recuperar a estrutura, quanto monitorá-la. Até porque reparos de grande vulto têm custo elevado, de modo que é necessário garantir que sejam bem-sucedidos e duráveis. Em uma estrutura que sofreu ataque de cloreto, por exemplo, devolve-se a condição passiva para a armadura com um reparo localizado. Mas é esperado que na área adjacente, também contaminada com cloretos, ocorra nova corrosão futuramente. O monitoramento permite prever essas situações, além de monitorar a eficiência de revestimentos superficiais muitas vezes aplicados quando se trata de reparos localizados, com o objetivo de uniformizar a superfície do concreto.

Atualmente, que métodos e equipamentos podem aumentar a eficiência desse monitoramento?

A tendência é que a inspeção não seja limitada ao visual, lançando mão cada vez mais de equipamentos específicos para a realização de ensaios não destrutivos. A questão não é apenas verificar a corrosão, mas também averiguar alterações nas características do concreto e sua qualidade. Entre as tecnologias inovadoras, pode-se destacar o radar, com o qual se consegue visualizar diferentes camadas da armadura e localizar vazios. Radares têm sido adaptados para verificar a delaminação do concreto, processo em que

a corrosão da armadura leva à expansão e à formação de microfissuras. Para localizar vazios, também tem se utilizado o ultrassom. Além disso, a termografia permite visualizar o concreto por meio da avaliação das ondas de calor emitidas. Na Europa e nos EUA, há cerca de 15 anos usam-se sensores embutidos em estruturas novas e também nas já existentes.

Como funcionam esses sensores?

Instala-se o sensor na espessura de cobrimento do concreto. Conforme suas características se alteram, principalmente pela carbonatação e pela penetração de cloreto, o sensor aponta o estado ativo ou passivo de corrosão de eletrodos (barras de aço-carbono) embutidos ao longo do concreto

Em obras de grande responsabilidade, instaladas em áreas de ambiente agressivo, o ideal seria tanto recuperar a estrutura, quanto monitorá-la. Até porque reparos de grande vulto têm custo elevado, de modo que é necessário garantir que sejam bem-sucedidos

de cobrimento. O sensor galvânico é posicionado até mais ou menos 5 cm de profundidade, no concreto, quase tocando a armadura. Consiste em um conjunto de barras de aço-carbono, de um lado, e uma barra de aço inoxidável ou titânio, que é instalada na proximidade. O aço-carbono, alojado em diferentes profundidades, sofrerá corrosão, sendo o anodo – aço menos nobre –, enquanto o catodo, aço mais nobre, ficará intacto. Monitora-se a corrente galvânica entre cada uma das barras de aço-carbono com a barra catodo: conforme há penetração de cloretos ou a carbonatação do concreto, a barra fica em estado ativo de corrosão, causando mudança na corrente galvânica. Por meio de cálculos matemáticos, é possível medir quanto tempo levará para que a corrosão atinja a armadura. Desse modo, é possível calcular a vida útil do concreto. A velocidade confirmará se a qualidade do concreto está boa ou não, e os resultados mostrarão se será necessário tomar medidas para que a corrosão não chegue à armadura.



Então, esse tipo de sensor deve ser instalado já na construção?

Exatamente. Em geral, decide-se por colocar os sensores em elementos da estrutura que estão mais expostos ao risco de corrosão. Em estruturas no mar, por exemplo, estacas de pontes que estão sujeitas, alternadamente, a períodos de molhagem e secagem sofrem corrosão mais intensa – é aí que o sensor pode ser posicionado. A ideia é instalar em pontos críticos da estrutura, ou juntos àqueles que se espera que tenham uma vida útil elevada. Além disso, pode-se optar por pontos de difícil acesso para inspeção visual. Há sensores dotados de mecanismos de registro eletrônico de dados e transmissão à distância. A tendência em países que se utilizam desses sensores há mais tempo é justamente empregar aqueles que fazem a medição e transmitem os dados eletronicamente, dispensando a leitura in loco.

Um dos fornecedores brasileiros que localizei oferece sensores por valores próximos a US\$ 300 ou US\$ 400

Há sensores para estruturas já construídas?

Sim. Um exemplo é o sensor de anéis expansivos. No lugar de barras, ele é formado por anéis que se sobrepõem uns aos outros. Perfura-se o concreto e embute-se o sensor, próximo do qual se instala o catodo. Ele é então torcido, o que causa a expansão de seus anéis, garantindo contato adequado com o concreto e vedação plena. Há ainda sensores capazes de medir a taxa de corrosão. Posicionados perto da armadura, eles possuem dois eletrodos, entre os quais a taxa instantânea de corrosão é estimada pela aplicação da técnica de polarização linear. Para tanto, é necessário o acoplamento de um equipamento específico. Com a verificação da taxa, monitora-se a ação do ambiente, responsável pelas alterações. Definem-se valores para inverno e verão, por exemplo, e para as mudanças nas características do concreto, ao longo dos anos. De acordo com a literatura, quando a taxa é superior a 1 em mA/cm², ela é considerada elevada. Por fim, há sensores de fibra óptica. Não tive notícia de sua disponibilidade no mercado. Na Alemanha, eles têm sido muito usados para monitoramento estrutural.

Qual o custo desses sensores?

Alguns equipamentos já são encontrados no Brasil, mas outros teriam que ser importados. Um dos fornecedores brasileiros que localizei oferece sensores por valores próximos a US\$ 300 ou US\$ 400. Por outro lado, eles podem gerar economia. Se a medida não indicar nenhuma alteração nas características do concreto, por exemplo, poderá ser limitado o número de ensaios, como o ensaio de carbonatação e de cloreto, de modo que seriam eliminados custos de ensaios. Além disso, se sensores forem instalados desde o início da obra, pode-se abrir mão de fazer revestimento na fase inicial, por exemplo. Haveria a possibilidade de estabelecer um limite crítico: o projeto pode determinar que apenas quando a corrosão no concreto atingir uma profundidade de 2 cm, por exemplo, será necessário fazer o revestimento. Isso é um exemplo do retorno de economia que o sensor gera, pois permite que se tome determinada atitude na hora certa.

Como se associam os métodos tradicionais de monitoramento e os sensores?

A partir da inspeção visual, podem ser identificadas áreas críticas onde serão instalados os sensores, que fornecerão informações mais precisas e contínuas. As inspeções visuais muitas vezes ocorrem em períodos superiores a um ano, de modo que às vezes a frequência não é suficiente para prevenir certos problemas. Por meio do monitoramento com sensores em pontos críticos da estrutura, é possível até mesmo diminuir o número de inspeções visuais, ou limitá-las a certos aspectos.

O uso do sensor substituiria a inspeção?

De forma nenhuma! O uso é restrito e ajuda a fazer menos inspeções, ter mais resposta e a acompanhar ao longo dos anos. É uma ferramenta importante, que poupa tempo e aumenta a eficiência. Eventualmente, será preciso fazer ensaios não destrutivos, para ver como está o comportamento da estrutura e do concreto. O sensor ajuda a iluminar um pouco esse tipo de ensaio, mas não o substitui. Cria uma lógica de organização nos períodos de manutenção e define quais atividades devem ser feitas. Trabalhando com a vida útil, sabe-se quando fazer reparos ou se eles serão necessários.



Eduardo Campos Lima