Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

INCIDÊNCIA DE CORROSÃO DE ARMADURAS EM PILARES DE CONCRETO ARMADO LOCALIZADOS NO PAVIMENTO PILOTIS

S. C. R. SILVA
Engenheiro Civil
Universidade de Pernambuco
Pernambuco;Brasil
r.alves104510@hotmail.com

J. L. M. RAMOS
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
j_l14@hotmail.com

R. A. BERENGUER
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
templarios_pm@hotmail.com

P. F. S. CHAVES
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
prychaves@hotmailcom

L. BARRETO
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
lydia_barreto@hotmail.com

E. C. B. MONTEIRO
Drª. Professora
Universidade Católica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
eliana@poli.br

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo estudar o problema da corrosão de armaduras em estruturas de concreto, que freqüentemente ocorre em pavimentos pilotis de prédios residenciais. Foram abordados os prováveis fenômenos que provocam estas manifestações patológicas, destacando suas origens, causas e mecanismos em que se desenvolvem, discorrendo sobre os principais métodos de recuperação. Tal problema vem sendo motivo de grande preocupação do seguimento da sociedade que habita nessas edificações, visto que vem causando grandes prejuízos aos condomínios, tornando necessário que se proceda a uma manutenção periódica dessas estruturas. Para suprir tais despesas, os condomínios têm de manter taxas extras permanentes, as quais muitas vezes não podem ser suportadas pelos condôminos. Ficou evidenciado na pesquisa literária que a corrosão de armaduras no concreto vem a ser a principal causa de deterioração dessas estruturas, sendo o seu tratamento mais dispendioso quanto maior for o tempo para se iniciar o processo de recuperação.

Palavras-chave: Edificações, corrosão de armaduras, concreto.

ABSTRACT

The present work has a main purpose to study the problem of steel corrosion in concrete that often occur on pilotis floors of residential buildings. There were approached the probable phenomena that needle these pathological manifestations, emphasizing theirs origins, causes, mechanisms in which they develop and discussing about the main methods on the recovery of these structures. Such problem has been the reason of a bigger concern from fraction of the society that lives in these buildings, because it's causing bigger damages to the condominium. It demands to proceed a periodical maintenance for these structures, causing thus the necessity to keep permanents additional rates, to provide futures interventions on structures recovery, which at many times can't be supported by the condominium members.
It was evidenced in the literary research that the steel corrosion in concrete comes to be the main cause of the deterioration of these structures, being the time to start the recuperation's process.

Keywords: building, steel corrosion, concrete.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

A grande incidência de corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado tem exigido dos engenheiros e técnicos afins, cada vez mais, conhecimento de como lidar com essa realidade. Com o passar dos anos e o consequente envelhecimento das edificações, os técnicos que lidam com recuperação de estruturas, foram se deparando com os mais diversos tipos de manifestações patológicas. A ocorrência dessas manifestações ao longo desse período vem permitindo a esses profissionais, a possibilidade de compilar dados concretos relativos ao desempenho das mesmas, exigindo, por conseguinte, uma maior conscientização da complexidade do tema.
É possível observar que quanto maior for o rigor na análise dessas manifestações patológicas nos procedimentos de recuperação das estruturas afetadas, mais eficaz será o resultado final, evitando assim os retrabalhos que tanto têm onerado os custos de manutenção dessas estruturas.
As edificações, que são formadas por diversos componentes, como se sabe, são projetadas para uma vida útil estimada em 50 anos no mínimo, exigido pela NBR 15575. Ocorre que esta mesma vida útil está condicionada à manutenção desses componentes, o que muitas vezes não ocorre.
Por vida útil, se entende o período durante o qual as propriedades de um material permanecem acima dos limites mínimos especificados. Já por desempenho, entende-se o comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil, e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção [1].
O surgimento de problema patológico em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Corrosão

A corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado tem sido causa de deterioração de muitos pilares localizados nos pilotis de edifícios residenciais. O conhecimento pelos profissionais de engenharia civil dos fatores que promovem tal corrosão é determinante no sentido de que, ao serem construídas novas edificações, sejam tomados os cuidados necessários procurando minimizar a incidência de futuras manifestações patológicas nessas estruturas.

2.1.1 Fundamentos sobre corrosão

Os metais encontram-se, em geral, na natureza formando compostos tais como (óxido, sulfetos etc.), com outros elementos. Para usá-los em sua forma elementar é preciso extrair o metal mediante um processo de redução, o que requer aplicar-lhes certa quantidade de energia. O processo pelo qual o metal volta ao seu estado natural vai acompanhado de uma redução da sua energia de Gibbs, isto é, tem lugar através de uma reação espontânea. Este processo, que corresponde a uma oxidação, é conhecido por corrosão e representa a destruição paulatina do metal [2].
A corrosão através do metal e do eletrólito entre o ânodo e o cátodo pressupõe o funcionamento de um circuito fechado. Se o circuito se interrompe em algum de seus pontos, a pilha não pode funcionar e a corrosão se detém. [2] relata que, de maneira geral, a corrosão poderá ser entendida como a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos.
No caso de barras de aço imersas no meio concreto, a deterioração é caracterizada pela destruição da película passivante existente ao redor de toda a superfície exterior das barras. Esta película é formada como resultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto, afirma [3]. Destaca ainda que, para entender-se o fenômeno, deve-se ter em mente que a solução aquosa a que se referiu resulta da parcela do excesso da água de amassamento do concreto que não é absorvida pela superfície dos furos e normalmente vai preencher os veios capilares do concreto. Destacando a importância da solução aquosa citada, [2] relata que, uma solução aquosa pode ser ácida, básica ou neutra, em função do seu pH, que se define como sendo o cologaritmo decimal da concentração de íons hidrogênio (H^+):

$$pH = - \log (H^+) \qquad (1)$$

É estabelecido que a água quimicamente neutra é a que tem a mesma quantidade de íons (H^+) e de íons hidroxílicos (OH-), o que acontece a 22°C, valendo 10-7. Assim, fazendo, para este caso, (H^+) = 10-7 na equação acima, virá que o pH de uma solução aquosa neutra é 7.
O pH do meio aquoso existente no interior do concreto é bastante alcalino (entre 12,6 e 14), como resultado da própria reação entre a água e os sais minerais que compõem o cimento. Sempre que o nível de alcalinidade for superior a 9,

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

estará garantida a criação da já referida película passivante, pelo contato entre a ferrugem superficial das barras e a água.
Pode-se concluir sobre a importância fundamental de se procurar manter elevado o nível de alcalinidade do concreto, evitando assim, a despassivação das barras de aço, o que acarretaria a corrosão das mesmas [3].
A corrosão das armaduras é um processo que avança de sua periferia para o seu interior, havendo troca de seção de aço resistente por ferrugem. Este é o primeiro aspecto patológico da corrosão, ou seja, a diminuição de capacidade resistente da armadura por diminuição da área de aço [3]. Associada a esta troca, surgem, no entanto, outros mecanismos de degradação de estrutura, como se ilustra na Figura 1.

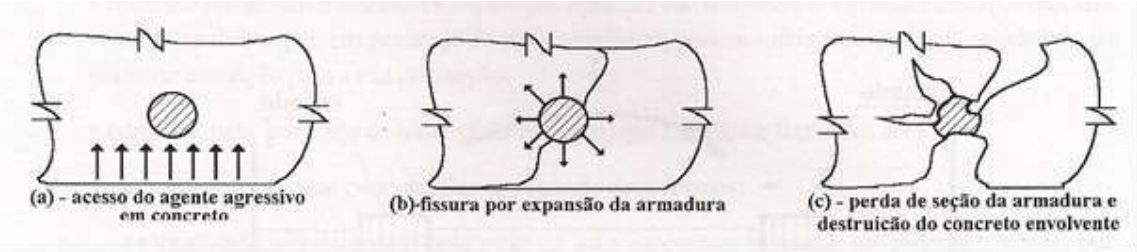

Figura 1: Fases do processo de corrosão em uma barra de armadura. (Fonte: Slideplayer)

Outrossim, [3] afirma que para não existir corrosão, é necessário e suficiente que o pH do concreto seja claramente indicador de solução básica (carbonatação controlada) e os agentes agressores (cloretos, em especial) não atinjam a armadura.
Da mesma forma, fica entendido que, como consequência do próprio processo, a corrosão não acontecerá em concretos secos nem em saturados (no primeiro caso, falta o eletrólito; no segundo, o oxigênio).
Por outro lado, as estruturas mais sujeitas à corrosão são expostas à ação alternada de molhagem e secagem, em particular se esta água for dotada de grande concentração de cloretos, concluem.
Segundo [3], 0,2% de corrosão da barra de aço já é suficiente para causar fissuras no concreto. Com relação aos meios agressivos já citados, continua o autor, destacam-se os ambientes marinhos (ricos em íons cloro), os solos com elevado teor de matéria orgânica em decomposição (presença de ácido carbônico), os solos contaminados, as atmosferas poluídas de grandes cidades (íons enxofre provenientes da queima de combustíveis de motores a explosão) e diversas atmosferas industriais (refinarias de petróleo, indústrias de papel e celulose, cerveja etc.).

2.2 Principais processos de corrosão

De acordo com [3], podemos considerar que os principais processos de corrosão que podem sofrer as armaduras de aço para concreto armado são: a oxidação e a corrosão propriamente dita.
Por oxidação entende-se o ataque provocado por uma reação gás-metal, com formação de uma película de óxido. Este tipo de corrosão é extremamente lento à temperatura ambiente e não provoca deterioração substancial das superfícies metálicas, salvo se existirem gases extremamente agressivos na atmosfera [2].
Por corrosão propriamente dita, continua o autor, entende-se o ataque de natureza preponderantemente eletroquímica, que ocorre em meio aquoso. A corrosão acontece quando é formada uma película de eletrólito sobre a superfície dos fios ou barras de aço. Esta película é causada pela presença de umidade no concreto, salvo situações especiais e muito raras, tais como dentro de estufas ou sob ação de elevadas temperaturas (>80°) e em ambientes de baixa umidade relativa (U.R.< 50%). Este tipo de corrosão é também responsável pelo ataque que sofrem as armaduras antes de seu emprego, quando ainda armazenadas no canteiro. É o tipo de corrosão que o engenheiro civil deve conhecer e com a qual se preocupar. É melhor e mais simples preveni-la do que tentar saná-la depois de iniciado o processo [3].
Em qualquer caso, acrescenta [2], o processo de corrosão do aço é eletroquímico, ou seja, dá-se pela geração de um potencial elétrico, na presença de um eletrólito – no caso, a solução aquosa existente no concreto em contato com um condutor metálico, a própria barra de aço. A passagem de átomos de ferro à superfície aquosa transformando-se em cátions ferro (Fe^{++}), com o consequente abandono da barra de aço à carga negativa, instalam a diferença de potencial.

2.2.1 Corrosão em meio aquoso

Segundo [4], o processo de corrosão conduz à formação de óxidos/ hidróxidos de ferro, produtos de corrosão avermelhados, e só ocorre nas seguintes condições:
•deve existir um eletrólito;
•deve existir uma diferença de potencial;

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

•deve existir oxigênio; e
•podem existir agentes agressivos.
Acrescenta [4] que, a formação de uma célula de corrosão ou pilha pode ocorrer como indicado na figura 2, que explica graficamente o fenômeno.
Como em qualquer outra célula, há um ânodo, um cátodo, um condutor metálico e um eletrólito. Qualquer diferença de potencial entre as zonas anódicas e catódicas acarreta o aparecimento de corrente elétrica. Dependendo da magnitude dessa corrente e do acesso de oxigênio, poderá ou não haver a corrosão.

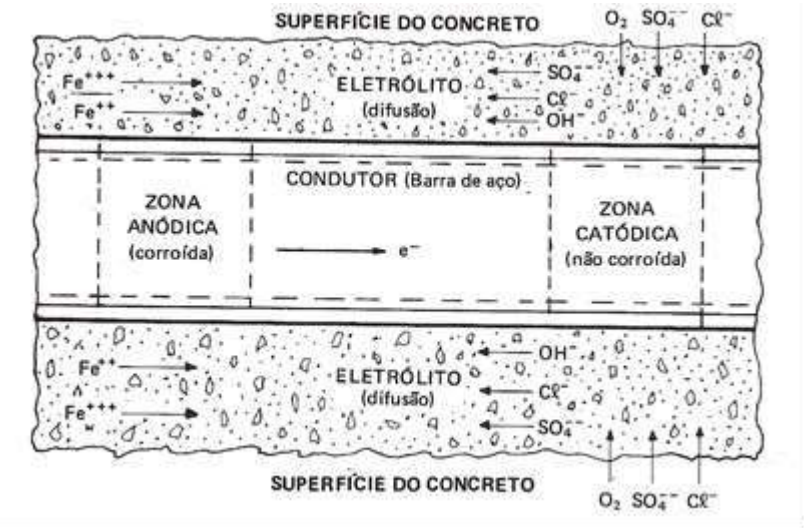

Figura 2: Célula de corrosão. (Fonte: Slideplayer)

2.2.2 Carbonatação

Segundo [5], a alta alcalinidade do concreto deve-se à presença de $Ca(OH)_2$ na sua pasta de cimento. A consequência da carbonatação é a redução da alcalinidade do concreto, devido à lixiviação dos compostos cimentícios que reagem com os componentes ácidos da atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO_2), resultando na formação de carbonatos e H_2O.
De acordo com [5], se a carbonatação ficasse restrita a uma espessura inferior à da camada de cobrimento das armaduras, onde seria vantajoso para o concreto, pois aumentaria as suas resistências químicas e mecânicas. A questão é que, em função da concentração de CO_2 na atmosfera e da porosidade e nível de fissuração do concreto, a carbonatação pode atingir a armadura, quebrando o filme que a protege, corroendo-a. Ao iniciar o processo de corrosão, a armadura aumenta de volume causando tensões que fissuram o cobrimento, como é mostrado na figura 3.


Figura 3: Fissura em aresta. (Fonte: Ricardo Dolabella)

Continuando, afirma o autor que, encontrando ambiente propício, como é o proporcionando por um concreto altamente poroso, a propagação da carbonatação, em profundidade, faz-se segundo a lei representada pela equação abaixo, como se pode observar na figura 4.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

$$X = K\sqrt[n]{t} \quad (2)$$

Onde:
X – profundidade de penetração de carbonatação;
K – constante, função de porosidade e permeabilidade do concreto;
n = 2, em ambientes interiores;
n < 2, em ambientes exteriores.

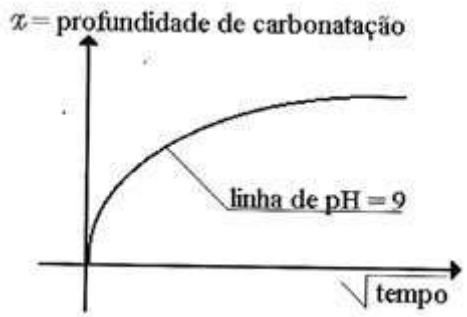

Figura 4: Propagação da carbonatação com o tempo. (Fonte: Slideplayer)

Uma característica deste processo é a existência de uma "frente" de avanço do processo que separa as duas zonas com pH muito diferente, uma com pH > 13 e outra com pH < 8. Esta frente pode ser visualizada mediante um indicador apropriado como é a fenolftleína, que se torna incolor na zona carbonatada e toma uma cor vermelho – carmim na região que permanece alcalina [5].
Segundo [3], o fenômeno da carbonatação ocorre quando a umidade ideal está entre 50 e 70%. A cidade do Recife se apresenta com umidade de 80%, o que nos possibilita avaliar que, nesta capital, as ocorrências de corrosão de armaduras se dão preponderantemente por influência dos íons cloretos.

2.2.3 Ataques por cloretos

De acordo com [6], a corrosão da armadura devido à ação dos íons cloreto é um dos principais problemas que afetam a durabilidade das estruturas de concreto armado.
A penetração dos íons cloretos no concreto pode ocorrer por diversas maneiras: através do aditivo, pela contaminação da água ou da areia ou pode penetrar desde o exterior em ambientes que os contenham. Estes íons podem estar presentes no concreto de duas formas:
•fixos, quando quimicamente combinados com as fases alumino-ferríticas formando os cloroaluminatos, ou adsorvidos às paredes dos poros na estrutura espacial do silicato de cálcio hidratado (C-S-H);
•livres, quando precipitados ou dissolvidos na fase aquosa do concreto.
A quantidade máxima a ser admitida na água de amassamento determinada por [7] é 500 mg/l.
Sobre a forma como os íons cloreto penetram no concreto, salienta [6] que os cloretos podem estar no concreto, seja porque se adicionem com seus componentes, aditivos, água etc., ou porque penetrem desde o exterior através da rede de poros. Esta última situação é a que se dá em ambientes marinhos ou quando se utilizam sais de degelo em estradas ou pontes, em climas frios. A figura 5 apresenta corrosão na base de pilar localizado em ambiente marinho.



Figura 5: corrosão no pé do pilar devido a atmosfera marinha. (Fonte: Ricardo Dolabella)

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.3 A função do cobrimento

Uma das grandes vantagens do concreto armado é que ele pode, por natureza e desde que bem executado, proteger a armadura da corrosão. Essa proteção baseia-se no impedimento da formação de células eletroquímicas, através de proteção física e proteção química [3].

2.3.1 Proteção física

Um bom cobrimento das armaduras com um concreto de alta compacidade, sem ninhos, com teor de argamassa adequado e homogêneo, garante, por impermeabilidade, a proteção do aço ao ataque de agentes agressivos externos [6]. A falta desse cobrimento facilita a ação dos agentes agressivos da atmosfera.

2.3.2 Proteção química

A proteção química se obtém, segundo [6], com a existência de um concreto com elevada alcalinidade, a qual desenvolve sobre o aço uma camada passiva que o mantém inalterado por tempo indefinido.

2.3.3 Proteção catódica

Segundo [6], a proteção catódica consiste em situar o aço na zona de imunidade dos diagramas de Pourbaix, apresentados na fotografia 6. Isto se consegue aplicando-lhe uma corrente e transformando toda armadura em um grande cátodo.

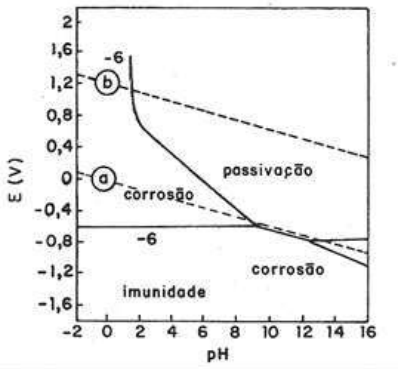

Figura 6: Diagrama de Pourbaix. (Fonte: Wikipedia)

2.4 Corrosão de armaduras em pilares de concreto armado no pilotis

2.4.1 Influência da microrregião da estrutura

A umidade relativa em uma construção pode ser variável, segundo a microrregião que se considere. Por exemplo, a umidade relativa varia dentro de um mesmo local, diminuindo com o aumento da distância ao assoalho ou crescendo com o aumento da distância das fontes de calor.
Junto ao piso, a U.R. pode ser 10 a 20% mais elevada do que junto ao forro. É mais freqüente o surgimento de corrosão na base de pilares, como mostra a figura 7, que aos poucos se alastram para as regiões superiores, do que esta iniciar-se, ou ser mais intensa, nas regiões superiores [3].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 7: Corrosão na base do pilar. (Fonte: Prezi)

Locais úmidos e com baixa ventilação também são mais sujeitos à corrosão, pois podem dar origem a bolor e fungos que liberam, em seu metabolismo, produtos orgânicos ácidos que contribuirão para o aumento da carbonatação e baixa do pH do cobrimento do concreto [3].
O maior ou menor acesso do oxigênio também pode ser um fato que contribui para diferentes graus de corrosão em um mesmo componente estrutural como, por exemplo, é mostrado na figura 8.



Figura 8: Pilotis, local úmido e com baixa ventilação. (Fonte: Prezi)

Como se verifica, as regiões de menor acesso de oxigênio (que atuarão como ânodo), próximas a regiões de maior acesso de oxigênio (que atuarão como cátodo), estão sujeitas a maiores riscos, intensidade e problemas de corrosão de armaduras [3].

2.4.2 Influência do meio ambiente

Segundo [4], dentre os principais tipos de meios ambientes caracterizados através de tipos de atmosfera, onde se localiza a estrutura de concreto, pode-se ter as atmosferas rural, urbana, marinha, industrial e viciada.

2.4.2.1 Atmosfera rural

Considera-se as regiões ao ar livre, a grande distância das fontes poluidoras de ar, que se caracteriza por um baixo teor de poluentes. Tal atmosfera tem fraca ação agressiva às armaduras imersas no concreto, pois não há gases ácidos em quantidades suficientes para depositarem-se sobre as superfícies expostas e, conseqüentemente, acelerarem o processo de carbonatação que passa também a ser mais lento do que aquele verificado em outras regiões [4].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.4.2.2 Atmosfera urbana

De acordo com [4], são as regiões ao ar livre, dentro dos centros populacionais maiores. Essas atmosferas da cidade contêm, normalmente, impurezas em forma de óxidos de enxofre (SO2), fuligem ácida e outros agentes agressivos como CO_2, NO_X, H_2S, SO_4^{--} etc. Acrescenta o autor que, de acordo com a umidade relativa, pode-se caracterizar o ar como:

•ar seco .....U.R. até 30%;
•ar normal..... U.R. entre 50 e 60%;
•ar úmido..... U.R. entre 80 e 90%;
•ar saturado..... U.R. de 100%.

A umidade do ar é um dos fatores mais importantes que afetam a velocidade da corrosão atmosférica. A simples presença de água no ar, contudo não causa corrosão; ar puro, saturado e com vapor de água determina apenas uma corrosão muito leve em metais como, por exemplo, o ferro e o cobre.

2.4.2.3 Atmosfera marinha

Considera-se as regiões ao ar livre, sobre o mar e perto da costa. A atmosfera marinha contém cloretos de sódio e de magnésio, quer em forma de cristais, quer em forma de gotículas de água salgada. Esta atmosfera pode também conter sulfatos, cujos teores médios, no oceano Atlântico, são da ordem de [4]:

•íons sulfato ($SO4^{--}$)..... = 2800 mg/l;
•íons cloretos (Cl^-)..... = 20000 mg/l;
•íons magnésio (Mg^{++})..... = 1400mg/l.

2.4.2.4 Atmosfera industrial

Consideram-se as regiões ao ar livre em zonas industriais contaminadas por gases e cinzas. Essas atmosferas podem acelerar de 60 a 80 vezes mais o processo de corrosão, quando comparadas a situações equivalentes em atmosferas rurais (puras) [4].

2.4.2.5 Atmosfera viciada

Consideram-se as regiões em locais fechados com baixa taxa de renovação de ar, como por exemplo, coletores de esgoto. Nestes locais pode haver uma intensificação da concentração e até geração de gases agressivos às armaduras de concreto [4].

2.5 Efeito parede

Por efeito parede entende-se a movimentação de argamassa para junto de superfícies contínuas limites que restringem o concreto, tais como fôrmas e armaduras. Essa movimentação só pode ser conseguida à custa do empobrecimento da massa do interior do concreto [4].
Peças com alta densidade de armaduras, onde a relação superfície/volume seja elevada, tendem a apresentar trechos com vazios ou pelo menos com baixos teores de argamassa, porque esta se concentrou ao longo de uma superfície, conforme indicado na figura 9.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 9: Alta densidade de armadura no pé do pilar. (Fonte: Prezi)

2.6 Abordagem sobre prédios localizados em região marinha

Conforme citado anteriormente, nessas regiões há predominância de manifestações patológicas decorrentes de íons cloretos. A figura 10 mostra fissuras radiais no piso em torno do pilar.
A cidade do Recife apresenta umidade de 80%, caracterizando o tipo de ar existente nessa capital como sendo de ar úmido. Segundo [3], o teor de umidade é o fator que mais influi na velocidade de corrosão.



Figura 10: Fissuras radiais em torno do pilar. (Fonte: Ricardo Dolabella)

Os cloretos podem ser adicionados involuntariamente ao concreto a partir da utilização de aditivos aceleradores do endurecimento, de agregados e de águas contaminadas, ou a partir de tratamentos de limpeza com ácido muriático. Por outro lado, podem também penetrar no concreto ao aproveitarem-se de sua estrutura porosa.
A presença de Cl^- é limitada, na maioria dos regulamentos, a 0,4% do peso de cimento, sendo muito perigosa a utilização de concreto com dosagem de cloretos acima deste nível, em especial por causa da capacidade que os íons Cl^- têm de romper a camada oxida protetora da armadura e corroê-la, sempre que houver umidade e oxigênio.
De acordo com [6], salientando a importância do controle da presença de Cl^- no peso de cimento, relacionam a seguir de forma resumida, os inconvenientes de se trabalhar com alto teor de cloreto no concreto:
•em dias de temperatura ambiente elevada, os cloretos podem causar na concretagem um endurecimento do concreto tão rápido que poderá impedir o total enchimento das fôrmas e o acabamento das superfícies;
•em casos de cobrimento pouco espessos, o cloreto de cálcio presente pode acelerar o processo de corrosão das armaduras;
•a utilização de concreto com cloretos em peças estruturais próximas a correntes elétricas de alta tensão é especialmente desaconselhada, pois resulta em corrosão eletrolítica;
•a corrosão de chumbadores, conectores e outras peças metálicas embutidas é agravada, e até fôrmas metálicas galvanizadas têm o processo de corrosão acelerado, quando não são devidamente protegidas com óleo;
•os cloretos provocam corrosão do alumínio a aceleram a do aço, quando tais metais são utilizados conjuntamente no concreto, como ocorre na utilização de conduítes e de chumbadores de alumínio embutidos;

•a retração do concreto cresce praticamente com o quadrado da aceleração do endurecimento, aumentando enormemente a fissuração interna e superficial.

2.7 Técnicas de recuperação de pilares

De acordo com [8], a escolha de um método ou sistema de reparo específico para uma situação vai depender de uma série de variáveis nas quais intervêm fatores, tais como a possibilidade de acesso à zona a ser reparada, fatores econômicos e aqueles meramente técnicos. Continua a autora afirmando que, no caso de estruturas deterioradas por corrosão de armaduras, a situação é ainda mais grave, uma vez que o material ou sistema de reparo terá que atuar em um ambiente e situação que já se mostraram especialmente agressivos.
Segundo [8], a recuperação deste tipo de fenômeno patológico – corrosão de armaduras – é delicada e requer mão de obra especializada.
A referida recuperação consiste basicamente de três etapas. Inicialmente, é realizada uma limpeza rigorosa, de preferência com jato de areia e apicoamento de todo o concreto solto ou fissurado, inclusive das camadas de óxido/hidróxidos das superfícies das barras, como mostra a figura 11.



Figura 11: Remoção do concreto em desagregação. (Fonte: Reitec)

Em seguida, é feita uma análise criteriosa da possível redução de seção transversal das armaduras atacadas. Se necessário, colocar novos estribos e/ou novas armaduras longitudinais.
Por fim, é reconstruído o cobrimento das armaduras, de preferência com concreto bem adensado. Este cobrimento tem a finalidade de impedir a penetração de umidade, oxigênio e agentes agressivos até as armaduras, recompor a área da secção de concreto original e propiciar um meio que garanta a manutenção da capa passivadora do aço. As figuras 12 e 13 mostram procedimentos de recuperação de pilares.



Figura 12: Aplicação de primer rico em zinco. (Fonte: Reitec)



Figura 13: Recomposição com graute auto-adensável. (Fonte: Reitec)

Finalmente, conclui [8], 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 existiram.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

3. CONCLUSÃO

Apesar de ser considerada como a principal causa pela degradação das estruturas de concreto armado, faz-se necessário salientar que muitas outras manifestações patológicas, além da corrosão, contribuem com papéis relevantes para a ocorrência deste fenômeno.

O processo de corrosão de pilares de concreto armado nos pavimentos pilotis apresenta-se como manifestação patológica decorrente de diversos fatores, dentre os quais o autor destaca: má aeração devida à atmosfera confinada; elevado teor de monóxido de carbono proveniente dos escapamentos dos automóveis; preponderância de ataques por cloretos em região marinha; carbonatação; umidade relativa mais elevada na base do pilar; alta densidade de amadura e elevada porosidade do concreto na base do pilar, devidos ao efeito parede.

Deste modo, levando-se em consideração o aperfeiçoamento das normas técnicas, com o avanço do conhecimento por parte dos engenheiros e técnicos afins com relação às origens, causas e formas de manutenção, todos esses procedimentos unidos, servirão para contribuir de uma forma acelerada, a uma significativa redução do processo de corrosão, prolongando assim, a vida útil das edificações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DYER, Thomas. A durabilidade do concreto. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015. 536 p.
[2] HOUSECROFT, Chaterine E.; SHARP, Alan G.. Química inorgânica. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.
[3] RIBEIRO, Daniel Verás et al. Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise. Rio de Janeiro: Campus, 2014. 246 p.
[4] POLITO, Giulliano. Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação. 2006. 191 f. Monografia (Especialização) - Curso de Avaliação e Perícia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
[5] ITAMBÉ (Brasil). Carbonatação do concreto. 2009. Elaborada por Altair Santos. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/carbonatacao-do-concreto/>. Acesso em: 25 jan. 2016.
[6] TÉCHNE. Proteção catódica de estruturas de concreto em ambiente marinho. 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/164/artigo-protecao-catodica-de-estruturas-de-concreto-em-ambiente-287798-1.aspx>. Acesso em: 29 jan. 2016.
[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.
[8] TÉCHNE. Recuperação estrutural: Sistemas, técnicas e materiais para reabilitar estruturas de concreto. 2004. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/84/artigo286279-2.aspx>. Acesso em: 02 fev. 2016.
[9] SALOME, Gabriella. Tipo de corrossão de uma barra de aço imersa em meio concreto. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/355346/>. Acesso em: 15 mar. 2016.
[10] DOLABELLA, Ricardo. Quadros orientativos para o diagnóstico de patologias em estruturas. Disponível em: <http://ricardodolabella.com/downloads/patologia.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.
[11] WIKIPEDIA. Diagrama de Pourbaix. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pourbaix>. Acesso em: 15 mar. 2016.
[12] PREZI. Corrosão de armaduras. Disponível em: <https://prezi.com/5z30wi2uzfjh/corrosao-de-armaduras/>. Acesso em: 15 mar. 2016.
[13] REITEC. Recuperação estrutural. Disponível em: <http://www.reitec.com.br/site/atuacao-detalhe.php?cod=2>. Acesso em: 15 mar. 2016.