



## **CORROSÃO EM CONCRETO: FATORES ACELERADORES DA DETERIORAÇÃO, PREVENÇÃO E REPAROS.**

BRUNA, Monique Gomes de Oliveira<sup>1</sup>;  
MOURA, Paulo Rogério Garcez<sup>2</sup>;  
DEL PINO, José Cláudio<sup>3</sup>

**Resumo:** O concreto é material primordial na construção civil, daí surge à necessidade de avaliar sua durabilidade em determinado projeto, pois a corrosão que provoca sua deterioração pode afetar a estabilidade da armadura, que está diretamente ligada na durabilidade das estruturas. Verificada a ocorrência de processo corrosivo com a deterioração do concreto, deve-se dar início aos reparos para corrigir estes problemas, que poderiam ser reduzidos com a manutenção preventiva. Temos ainda diversos meios para a proteção que evita a corrosão, algumas já são implantadas logo na formulação do cimento, e outras logo após a montagem das estruturas. Para isso é necessário que tenhamos um concreto de boa qualidade, que a estrutura seja projetada corretamente para o ambiente em que essa será utilizada, análise dos meios agressivos do ambiente e boas condições operacionais.

**Palavras- Chaves:** Deterioração. Prevenção. Reparos.

*Abstract: Concrete is primordial material in construction, there arises the need to assess its durability in a given project because corrosion that causes deterioration can affect the reinforcement of stability, which is directly linked durability of structures. Verified the occurrence of corrosion process with concrete deterioration must initiate the repairs to correct these problems, which could be reduced by preventive maintenance. We also have various means of protection that prevents corrosion, some are already deployed soon in cement formulation, and other soon after the assembly of structures, this requires us to have a real good quality, that the structure is properly designed to the environment to be used, analysis of the aggressive environment means and operating conditions.*

**Key words :** Deterioration. Prevention. Repairs.

### **1. INTRODUÇÃO**

O concreto é um material de construção de grande e diversificado uso, por isso sua durabilidade é de extrema importância na hora de avaliarmos um projeto. Todas as estruturas de concreto são projetadas e executadas visando sempre manter condições mínimas de segurança, de funcionalidade e principalmente de estabilidade sem que precise de manutenção e reparos, chamado tempo de vida útil. As patologias ou defeitos podem ser definidos como degradações inesperadas no desempenho das edificações

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Cruz Alta, UNICRUZ.

<sup>2</sup> Professor de Química Geral, Orientador do Projeto Lavoisier, Curso de Engenharia Civil/UNICRUZ, Químico Licenciado, Doutorando em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde/UFRGS.

<sup>3</sup> Professor Doutor Orientador do PPG Educação em Ciências/UFRGS.



devido à falta de qualidade do material empregado. Muitas vezes é difícil separar as degradações causadas por falta de qualidade das degradações normais e esperadas, relacionadas com problemas de durabilidade, pois ocorre que,

desde a fase de projeto e durante sua vida útil, as estruturas de concreto estão sujeitas a alguns fatores agressivos e comprometedores de sua durabilidade e estabilidade. Porém, é possível minimizar tais problemas ainda na fase de projeto, tomando cuidados com a escolha de material de boa qualidade para ser usado na execução da obra, bem como sua proteção e manutenção (BAUER, 2005).

A corrosão do concreto provoca não somente sua deterioração, mas também pode afetar a estabilidade e a durabilidade das estruturas, pois a armadura não é propensa a sofrer corrosão, a não ser que ocorra sua contaminação e que a deterioração do concreto cause sua exposição ao ambiente.

O concreto possui componentes que inibem a corrosão do material metálico e se opõem à entrada de contaminantes. A partir daí, podemos afirmar que, quanto mais o concreto se manter inalterado, conseqüentemente a armadura estará mais protegida. Existem vários casos em que a armadura permanece por um longo período de tempo resistente a esses agentes corrosivos, porém, não devemos considerar isso como base indiscutível, pois existem casos onde a corrosão da armadura é bastante rápida e progressiva.

O Brasil, um país de clima tipicamente tropical, e subtropical, possui muitas edificações em áreas industriais e nas proximidades do mar, o que as deixa vulneráveis aos ataques de agentes corrosivos. Além do mais, uma parte considerável dos problemas estruturais deve-se as falhas referentes aos projetos e as execuções das edificações, principalmente no que diz respeito à durabilidade estrutural.

O mercado de reparos vem crescendo anualmente, gerando grandes gastos para a recuperação das estruturas devido à ocorrência dos processos corrosivos com a deterioração do concreto, isto é, da ação química sobre a massa do concreto e a ação eletroquímica sobre a armadura, necessitando de procedimentos de reparos para a devida correção do problema. Nesse sentido, atualmente a Engenharia Civil usa concreto em campos muito diversos e, em vários casos, sob ambientes extremamente agressivos (KAEFER, 1998).

O concreto fresco possui características e propriedades de grande importância, porque nessa fase, durante a preparação e execução das obras, é que pode ocorrer o comprometimento da sua qualidade. A principal característica do concreto, no estado plástico, passa a ser então, sua trabalhabilidade (TEIXEIRA, 2002). Alves (1999) define



*trabalhabilidade*, como sendo a propriedade do concreto de ser misturado, transportado e aplicado sem perda de sua homogeneidade.

Desse modo, um material será considerado durável quando resistir às ações do meio ambiente no qual está inserido (ALVES, 1980). Por sua vez, França (2003) define durabilidade como sendo a propriedade do concreto de manter suas características ao longo do tempo, permitindo a estrutura atender às condições previstas para sua utilização e desempenho, sem necessidade de reparos frequentes.

Os processos que podem levar à diminuição da durabilidade do concreto armado são vários e altamente complexos, sendo na maioria das vezes dependentes da concepção estrutural escolhida durante o projeto, das características e composição do concreto, da qualidade de execução, do meio ambiente, da forma de uso e da política de conservação (FIGUEIREDO, 1994).

Os processos corrosivos podem se apresentar de formas diversas. Os tipos mais frequentes de corrosão, geralmente são classificados pela extensão da área atingida, em quatro tipos principais, a saber: generalizada uniforme, generalizada irregular, localizada puntiforme e localizada fissurante. No concreto, a corrosão se inicia quando a armadura é despassivada, pela penetração de agentes agressivos através da rede de poros existente no concreto.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a corrosão das armaduras é a transformação de aço metálico em ferrugem acompanhado por um aumento no volume o qual, dependendo do estado de oxidação, pode ser de até 600 por cento do volume original do metal. Acredita-se que esse aumento de volume seja a causa principal da expansão e fissuração do concreto. Os termos vida útil e durabilidade estão tão próximos que, por vezes, são utilizados de maneira equivocada. A durabilidade é uma qualidade da estrutura e a vida útil, a quantificação dessa qualidade (SILVA JUNIOR, 2001).

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A presente investigação, que tem como objeto de análise o concreto, sustenta-se na necessidade da formação de uma base teórica adequada à problemática apresentada. Para tanto, propõe-se um conjunto de proposições (conceitos, teorias e ideias) que tratam da durabilidade do concreto, dos fatores e dos processos principais envolvidos, das causas mecânicas e físicas da sua degradação e, por fim, da corrosão em si, como objeto de estudo dessa pesquisa.



## 2.1 Generalidades sobre a durabilidade

É possível observar que concretos executados há mais tempo, em geral, têm durabilidade superior aos executados recentemente. Durante os anos de 1960, para se produzir um concreto com resistência à compressão de 30 MPa era necessário um consumo de cimento muito alto, entre 400 a 500 kg/m<sup>3</sup>. Com o crescimento da atividade da construção a partir da década de 1970 e com o surgimento da indústria do concreto pré-misturado, verificou-se a otimização seus traços característicos, procurando produzir concretos mais resistentes e com o teor de cimento cada vez menor (FERREIRA, 2000).

Apesar de o concreto ser o material de construção mais consumido no planeta, o conhecimento e divulgação das práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento da atividade da construção, ocasionando seguidos descuidos nas obras, e reduzindo a capacidade do concreto em proteger as armaduras contra a corrosão. Com o tempo, a tecnologia de fabricação do concreto foi avançando, com a melhoria das propriedades dos aditivos, adições e ligantes, possibilitando uma redução significativa nas seções das peças de concreto armado em função do aumento das resistências mecânicas (FERREIRA, 2000).

A execução das obras, contudo não acompanhou o avanço tecnológico. Para facilitar o lançamento do concreto em peças cada vez mais estreitas e mais armadas, utilizou-se concretos mais fluidos e compostos com materiais mais finos, resultando em um produto final de qualidade inferior (VASCONCELOS, 2005).

Até o final da década de 1980, a resistência à compressão ainda era, praticamente, o único parâmetro adotado para avaliar a qualidade do concreto. Em função disso, está ocorrendo uma degradação mais acelerada nas estruturas de concreto armado, impulsionando a definição de novos parâmetros, de forma a garantir a sua performance (FERREIRA, 2000).

Devido a isso, deve-se atuar, avaliando a cada etapa, em todas as fases, como: projeto (arquitetônico e estrutural); execução da obra; inspeção e manutenção. Além dos cuidados com a composição do traço do concreto, é necessário adotar procedimentos adequados para o lançamento, adensamento e cura do concreto. Mas o cuidado com a manutenção das obras acabadas é também muito importante. Surge então um conceito até então pouco conhecido, e praticamente não utilizado: a durabilidade do concreto. Este novo parâmetro é a capacidade do concreto de resistir às intempéries e aos demais processos de degradação.



## **2.2 Fatores de degradação do concreto**

Neste item serão mostrados os principais mecanismos que deterioram o concreto, interferindo diretamente na sua durabilidade.

### **2.2.1 Processos principais**

Os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos. Na realidade, a deterioração do concreto ocorre, muitas vezes, como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. São processos complexos e determinados pelas propriedades físico-químicas do concreto e da forma como esse está exposto. Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isolada, ou simultaneamente, e são: a fissuração, o destacamento e a desagregação.

### **2.2.2 Causas mecânicas e físicas**

#### **2.2.2.1 Ciclos de gelo-degelo**

Apesar desses fenômenos não serem tão comuns no Brasil, eles são importantes nos países atingidos por baixas temperaturas durante o inverno. Os efeitos desses fenômenos sobre o desempenho do concreto dependerão do seu estágio de endurecimento. Se ocorrer o congelamento antes do endurecimento, o processo de hidratação do cimento será suspenso, sendo retomado após o descongelamento, sem perda significativa da resistência, apesar da expansão interna da água. Se o congelamento ocorrer após o endurecimento do concreto, mas sem que ele tenha atingido sua resistência final, a expansão devido ao congelamento da água resultará em perdas significativas de resistência.

Quando o concreto endurecido, ser exposto a baixas temperaturas, a água retida nos poros capilares congela e expande. Ao descongelar, verifica-se um acréscimo expansivo nos poros, que aumenta com a sucessão de ciclos, causando uma pressão de dilatação que provoca fissuração no concreto, e conseqüentemente sua deterioração (FERREIRA, 2000).

Atualmente acredita-se que os efeitos das geadas no concreto se devem à pressão osmótica. Segundo essa tese, somente uma parte da água existente nos poros está sujeita ao congelamento, a determinada temperatura. As águas dos pequenos poros e a solução de alta alcalinidade congelam somente com temperaturas muito baixas. Para alcançar o equilíbrio do sistema, ocorre a migração da água e da solução, gerando a pressão osmótica, que, se for maior que a resistência do concreto, provoca a sua fissuração (SILVA, 1998).





A degradação do concreto pode ocorrer também pela aplicação de sal para acelerar o degelo. As ações do cloro presente nos sais, durante esse processo, podem ser danosas ao concreto, contribuindo para a sua degradação em função dos mecanismos de corrosão das armaduras (CODY, 1996). A aplicação do sal produz também uma redução da temperatura na superfície do concreto causando um choque térmico, além de tensões internas que podem provocar fissuras devido a diferença de temperatura entre a superfície e o interior do concreto (SILVA, 1998).

### **2.3 CORROSÃO**

Primeiramente, afirma-se que não há corrosão na armadura de uma estrutura de concreto armado se esse que a protege não sofrer contaminações e deterioração. Logo, seria verdadeiro afirmar que quanto mais inalterado se mantiver o concreto, maior será a proteção da armadura (CASCUDO, 1997). A corrosão e a deterioração que são observadas no concreto, conforme Gentil (2003), podem ser associadas a determinados fatores como:

- mecânicos – vibrações e erosão;
- físicos – variações de temperatura;
- biológicos – bactérias e fungos;
- químicos – produtos químicos como ácidos e sais.

### **3. METODOLOGIA**

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa classifica-se como descritiva e de estudo de caso, pois, segundo GIL (1999), trata-se do estudo pormenorizado de determinado tema e com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre o mesmo. Quanto à abordagem do problema, o estudo caracterizou-se como qualitativo, pois, segundo Richardson (1999, p. 80) “a metodologia qualitativa pode descrever a complexidade de determinado problema e analisar a interação de certas variáveis”.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A corrosão é uma das principais manifestações patológicas em estruturas de concreto da atualidade. A incidência cada vez mais constante desse fenômeno, aliada aos altos custos envolvidos para a recuperação do material, e o risco do comprometimento da estabilidade estrutural, leva-nos a refletir sobre as pesquisas que mostrem resultados positivos em relação a diminuição da corrosão, assim como demonstrar que a utilização de produtos anti-corrosivos podem não somente evitá-la, como aumentam a vida útil das estruturas.



A corrosão no concreto deve ser analisada de maneira cautelosa, porque provoca não somente a sua deterioração, mas também pode afetar a estabilidade e a durabilidade das estruturas. A armadura, por si só, não é suscetível de sofrer corrosão, a não ser que ocorram a contaminação e a deterioração do concreto.

Os constituintes do concreto inibem a corrosão do material metálico e se opõem à entrada de contaminantes. Daí ser possível afirmar que quanto mais o concreto se mantiver inalterado, mais protegida estará a armadura. Na maioria dos casos a armadura permanece por longo tempo resistente aos agentes corrosivos, podendo esse período ser praticamente indefinido.

Todavia, ocorrem alguns casos onde a corrosão da armadura é bastante rápida e progressiva. As falhas numerosas têm ocorrido em estruturas situadas na orla marinha, devido a penetração de névoa salina na massa de concreto, até atingir sua armadura. A ação de cloreto de sódio tem ocasionado corrosão em grande número de pontes em países com invernos rigorosos que utilizam degelo com sais.

Conforme já mencionado, as patologias ou defeitos podem ser definidos como degradações inesperadas no desempenho dos edifícios, devido à falta da qualidade dos materiais utilizados. Muitas vezes é difícil separar as degradações causadas pela baixa qualidade das degradações normais e esperadas, relacionadas com problemas de durabilidade.

A corrosão tem, como consequência, uma diminuição da seção de armadura e fissuração do concreto em direção paralela a esta. As causas são variadas, entre as quais se destacam: a insuficiência, ou má qualidade do concreto no recobrimento da armadura e à presença de cloretos.

Nesse cenário, pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica. Mas, para que haja corrosão deve existir um eletrólito (a água está sempre presente no concreto); uma diferença de potencial (pode surgir por diferença de umidade, concentração salina, etc.); oxigênio e agentes agressivos como o cloro, que está presente nos reservatórios. Esses agentes agressivos podem atuar como catalisadores, acelerando o processo de corrosão.

Entretanto, é evidente que a manutenção preventiva pode tornar desnecessária a execução da manutenção corretiva, reduzindo os custos. A manutenção preventiva pode ser direcionada, por exemplo, para a limpeza das estruturas, eliminação de áreas de estagnação de água e fluidos agressivos, aplicação de revestimento protetor, recuperação de defeitos logo que apareçam, etc.



Desse modo contexto, as medidas de proteção para evitar corrosão em concreto são de várias naturezas, algumas sendo utilizadas durante a formulação do cimento e do concreto, e outras, após a montagem das estruturas. Para o bom desempenho dessas medidas, deve-se ter: concreto de qualidade adequada, estrutura corretamente projetada para o ambiente em causa, previsão da agressividade do meio ambiente e condições operacionais adequadas.

## 5. CONCLUSÃO

O concreto é um dos materiais primordiais na construção civil e, por isso surge à necessidade de avaliar sua durabilidade em determinado projeto. A corrosão que provoca sua deterioração pode afetar a estabilidade da armadura, que está diretamente ligada à durabilidade das estruturas. Podem-se associar esses desgastes aos diversos fatores, sejam eles mecânicos, ligados a vibrações e erosão; físicos, pelas variações de temperatura; biológicos, devido a ação de bactérias; químicos, relacionados à presença de substâncias diversas nos diferentes ambientes como a água, o solo e a atmosfera. Também, durante a hidratação do cimento, forma-se o hidróxido de cálcio,  $\text{Ca(OH)}_2$ , que possui alta alcalinidade, por isso admite-se que a armadura estará protegida, juntamente com a ação isolante da massa de concreto.

Ainda, ao projetar-se uma estrutura, devem-se levar em consideração os vários fatores como: o local em que vai ser construído; os componentes ambientais envolvidos, por exemplo, a condição de salinidade nas regiões litorâneas; o custo-benefício da obra, pois, às vezes, procura-se diminuir os custos e constroem-se estruturas de baixa qualidade.

Dentre as formas de corrosão, cita-se a uniforme, que ocorre na armadura, em toda sua extensão, quando exposta ao meio corrosivo; a corrosão puntiforme, que apresenta desgaste localizado sob a forma de pequenas cavidades (pites ou alvéolos); a intergranular, que é a corrosão que se processa entre os grãos da rede cristalina do material metálico; a corrosão transgranular, que se processa nos intragrãos da rede cristalina; por fim, a fragilização decorrente da ação do hidrogênio atômico, que se difunde para o interior do aço da armadura e que possibilita a vulnerabilização e a possível fratura da armadura.

Têm-se ainda diversos meios para a proteção que evita a corrosão, algumas que podem ser implantadas na formulação do cimento, e outras, após a montagem das estruturas. E mais, verificada a ocorrência de processo corrosivo com deterioração do concreto deve-se dar início aos reparos para corrigir esses problemas, que podem ser reduzidos com a manutenção preventiva. Para isso é necessário que ter-se um concreto de boa qualidade, que a estrutura





seja projetada corretamente para o ambiente em que será utilizada, bem como a análise dos meios agressivos do ambiente e condições operacionais favoráveis.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACO-ARTIGOS. **Vida Útil das Estruturas de Concreto**. Jairo José de Oliveira Andrade. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/uni/poa/feng/civil/professores/jairo/Te-se-Jairo%20Andrade.pdf>>. Acesso em setembro de 2015.

ALVES, J. D. **Manual de Tecnologia do Concreto**. Goiânia: UFG, 1982.

ARAÚJO, F. W. C. **Contribuição à Viabilização da Técnica de Realcalinização do Concreto Carbonatado Através da Absorção / Difusão de Soluções Alcalinas**. Goiânia: UFG, 2004.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1988.

BATISTA, C.; GARCIA, E. S.; OLIVEIRA, T. S.; LIMA, S. P. **Estimativa da resistência à compressão do concreto pelo método ultra-sônico**. Goiânia: CEFETGO, 2005.

Oswaldo Cascudo, “**O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto**”, Editora UFPR.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. Tese (Docência-livre) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo. Pini. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1986.

\_\_\_\_\_. Vida útil das estruturas de concreto. In: CONGRESSO IBERO-

AMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 4.: CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6., Porto Alegre, 1997. **Anais do COM PAT 97**. Porto Alegre, UFRGS, 1997.v.1.

\_\_\_\_\_. **Quais as Alternativas para Reparar Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão de Armaduras?** – Ingeniería Estructural – Publicación de la Asociación de Ingenieros Estructurales para la información y divulgación de temas científicos y técnicos- Año 7, nº 16 – Buenos Aires, Argentina, 1999.

\_\_\_\_\_. **Manual para reparo, e reforço de estruturas de concreto** – 2ª ed. – São Paulo: Pini, 1992.

SILVA JUNIOR, J.Z.R. **Argamassa de Reparo Estrutural**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP, 2001.