

Estudo de Caso: Recuperação e reforço estrutural em edifício empresarial no meio urbano

Case Study: Recovery and structural reinforcement in business building in the urban environment

DOI:10.34117/bjdv7n7-570

Recebimento dos originais: 27/06/2021

Aceitação para publicação: 27/07/2021

José Américo Torres de Miranda

Especialista em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas pela Universidade de Pernambuco

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco

Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: jose_americo_@hotmail.com

Ângelo Just da Costa e Silva

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco

Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: ajces@poli.br

Adeildo Vera Cruz Moreira

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco

Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: adeildovcmoreira@gmail.com

Henrique Mendes da Rocha Lopes

Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco

Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: hmrl@poli.br

Roberto Revoredo de Almeida Filho

Pós-graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Pernambuco

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco

Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: rraf@poli.br

Sabrina Santiago Oliveira

Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco

Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: sso@poli.br

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo
Instituição: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco e Universidade Católica
de Pernambuco
Endereço: Rua Benfica,455- Madalena, Recife-PE, Brasil
E-mail: eliana@poli.br

RESUMO

O estudo da durabilidade das estruturas de concreto é um tema complexo que trata de uma quantidade significativa de variáveis que afetarão a vida útil de uma construção. Um dos principais motivos de deterioração do concreto é a corrosão, que pode ser iniciada por íons cloreto ou através de dióxido de carbono. Este estudo tem como método um estudo de caso realizado através de inspeções visuais em edifício sede de uma empresa estatal regional, inaugurado em 20 de julho de 1977, localizado na cidade do Recife – PE. Cujas estruturas foram executadas toda em concreto armado, com suas fachadas em concreto aparente e placas pré-moldadas. O objeto de estudo sofre em virtude de corrosão nas armaduras do concreto e nele foram identificados os indicadores da manifestação patológica, que são caracterizados por fissuras, trincas, exposição de ferragem e eventualmente deslocamentos, e detalhado o meio de recuperação e reforço da estrutura. Após a inspeção da edificação, constataram-se anomalias relacionadas à corrosão em diversos elementos estruturais. Dentre eles, destaca-se a laje do 1º pavimento do Bloco C, pois apresentava um grau avançado de deterioração, com deslocamento de concreto e perda de seção do aço. Por fim, a recuperação e os reforços empregados na edificação não eliminam a necessidade de inspeção periódica da estrutura, tendo em vista que o processo de corrosão reiniciará após o tratamento.

Palavras-Chave: Corrosão de Armaduras, Manifestações Patológicas, Reforços Estruturais.

ABSTRACT

The study of the durability of concrete structures is a complex theme that deals with a significant amount of variables that will affect the useful life of a construction. One of the main reasons for deterioration of concrete is corrosion, which can be initiated by chloride ions or by carbon dioxide. This study has as a method a case study performing visual inspections in the headquarters building of a regional state company, inaugurated on July 20, 1977, located in the Bongi neighborhood, Recife - PE. Whose structure was executed all in reinforced concrete, with its facades in apparent concrete and precast plates. The object of study suffers due to corrosion in the concrete reinforcements and in it were identified the indicators of pathological manifestation, which are characterized by fissures, cracks, hardware display and eventually unplacating, and detailed the means of recovery and reinforcement of the structure. After inspection of the building, corrosion anomalies were found in several structural elements. Among them, the slab of the 1st floor of Block C stands out, as it presented an advanced degree of deterioration, with concrete desplacement and loss of steel section. Finally, the recovery and reinforcements used in the building do not eliminate the need for periodic inspection of the structure, in view of the corrosion process will restart after treatment.

Keywords: Corrosion of Reinforcements, Pathological Manifestations, Structural Reinforcements.

1 INTRODUÇÃO

O termo patologia possui origem grega e vem de “phatos” que significa sofrimento, doença, e de “logia” que é ciência, estudo. Logo, conforme os dicionários atuais, pode-se definir a palavra patologia como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças (NAZÁRIO e ZANCAN, 2011). Assim como os seres humanos, as construções podem desenvolver patologias. Esse termo é oriundo da medicina e significa “estudo das doenças e suas consequências para o corpo humano”. Essa expressão também é utilizada na construção civil, de modo geral, para representar o estudo dos problemas e suas consequências nas edificações (GUSMÃO, 2018).

Segundo Pereira (2008), patologia é “qualquer desvio das condições normais de funcionamento e eficiência do edificado ou dos seus elementos constituintes”. A durabilidade das estruturas em concreto armado pode ser comprometida devido à pouca ou até a não fiscalização durante o processo construtivo. A classe de agressividade ambiental, espessura mínima de cobrimento, qualidade do concreto, o uso de materiais que não são de boa qualidade, a falta de mão de obra especializada, e a ausência de manutenções rotineiras durante o uso, são fatores que podem desencadear manifestações patológicas (GURGEL et al., 2017).

Uma das principais causas dessas deteriorações é a corrosão do aço, que segundo Meira (2017) e Mehta e Monteiro (2013) pode ser iniciada por íons cloreto, que provocam a ruptura do filme passivo, pite e fratura do arame. Ou através de dióxido de carbono, a partir da formação de óxido de ferro e, por sua vez, expansão das barras de aço, gerando esforços de tração no concreto. Este fenômeno é uma das manifestações patológicas mais críticas, pois não só causa a deterioração, como também pode comprometer a estabilidade e durabilidade da estrutura (ALVES et al., 2012).

O processo corrosivo é evolutivo e tende a intensificar com o tempo. O meio ambiente, a qualidade e o cobrimento do concreto também influenciam na intensidade da corrosão. Contudo, pode-se afirmar que as manifestações poderiam ser minimizadas se houvesse um plano de manutenção preventiva das estruturas (GURGEL et al., 2017). Urge a implementação de um plano de manutenção predial nas edificações brasileiras, principalmente nas mais antigas. Os benefícios dessa medida repercutem diretamente na durabilidade e segurança das estruturas, além de resultar na economicidade do processo, conforme a lei de Sitter (1984).

Diante disso, o presente artigo apresenta um estudo de caso de análise e reparo de estruturas que apresentavam corrosão de armaduras em edifício sede de uma empresa estatal regional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O concreto armado está sujeito a alterações ao longo do tempo, em função de interações entre os elementos que o constituem (cimento, areia, brita, água, aditivos e aço) e com agentes externos do meio o qual está inserido, tais como ácidos, bases, sais, gases, vapores, variações térmicas, entre outros (SANTOS e INTERLANDI, 2016). Tais interações podem ocasionar aparição de manifestações patológicas nas estruturas de concreto. O Quadro 1 elenca as principais origens das manifestações patológicas.

Quadro 1: Origens das manifestações patológicas.

MANIFESTAÇÃO	ORIGEM
Congênitas	Fase de projeto.
Construtivas	Fase de execução.
Adquirida	Agressividade do meio.
Acidentais	Fenômenos atípicos como erosão, inundações ou cargas excessivas.

Fonte: Monteiro, 2018.

Segundo Souza e Ripper (2009), “Quando o projeto de engenharia for mal detalhado, a construção for realizada com insuficientes planejamento e controle, os técnicos e operários não forem dotados da qualificação adequada e os prazos de execução forem excessivamente curtos, a estrutura de concreto resultante será quase certamente de má qualidade e irá se deteriorar de modo prematuro, absorvendo gastos de recuperação e de reforço exagerados para ser mantida em condições de uso”.

Existem diversos exemplos de patologias que podem acontecer em estruturas de concreto armado. O Quadro 2 apresenta as manifestações patológicas mais encontradas em estruturas de concreto armado, bem como suas causas e consequências.

Quadro 2: Tipos de manifestações patológicas.

PATOLOGIAS	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Carbonatação	Poluição (CO ₂)	Acidez no concreto
Calcinação	Incêndio	Redução do Fck
Lixiviação e eflorescência	- Infiltrações, porosidade, - Trincas, - Juntas de dilatação sem estanqueidade	Redução do calcário no concreto
Nichos de concretagem	Vibração ineficaz	Redução da seção transversal do concreto
Ruptura brusca do concreto comprimido	Falta de controle estatístico do concreto	Colapso parcial ou total
Trincas em estruturas de cobertura	- Falta de juntas de dilatação, - Ausência de telhado, - Não consideração dos momentos volventes	Trincas e corrosão da armadura
Corrosão da armadura	- Infiltrações, - Pequeno cobrimento, - Porosidade, - Fissuração, - Poluição (CO ₂), - Chuva ácida (H ₂ SO ₄), - Presença de cloretos, - Falta de manutenção preventiva	Perda de seção transversal da armadura

Fonte: Santos e Interlandi, 2016.

De acordo com Santos e Interlandi (2016), para identificar as causas das manifestações patológicas do concreto é preciso observar suas evidências, que ocorrem normalmente nas superfícies dos elementos estruturais. No entanto existem elementos que não são normalmente visualizados, como os total ou parcialmente enterrados (fundações, arrimos, piscinas), as faces internas das juntas de dilatação e as do interior de galerias e reservatórios.

As manifestações patológicas fazem com que uma estrutura não atenda aos requisitos mínimos de qualidade e função a ser desempenhada. Desta forma, a estrutura tende a desenvolver danos de tipos e características diferentes. O Quadro 3, mostra a classificação dos tipos de danos que podem ocorrer devido a manifestações patológicas.

Quadro 3: Tipos de danos.

DANOS	CARACTERÍSTICAS	INCONVENIENTES
Estéticos	São subjetivos e de efeito psicológico	Do simples mau estar ao alarme com pânico
Funcionais	Comprometem o uso e destinação da obra	Mau funcionamento de equipamentos
Estruturais	Afetam os elementos estruturais	- Podem comprometer a estabilidade da obra - Podem exigir reforços

Fonte: Monteiro, 2018.

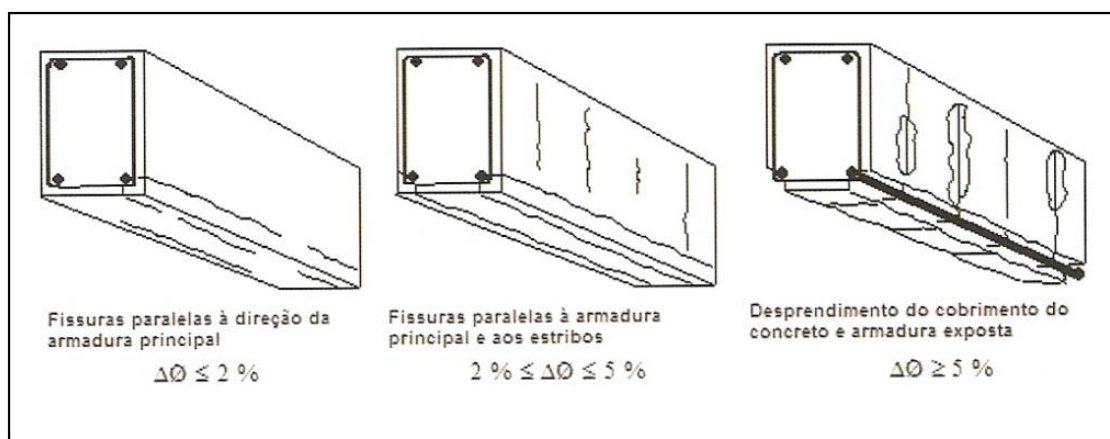
2.2 CORROSÃO DE ARMADURAS

Segundo Lapa (2008), pode-se definir corrosão como a danificação de algum material, seja por ação química ou eletroquímica, podendo estar relacionada a esforços mecânicos ou não. Para Monteiro (2018), “a corrosão metálica em um meio aquoso é um fenômeno de caráter eletroquímico, isto é, supõe-se uma reação de oxidação e uma de redução a movimentação de elétrons através do metal, e a circulação de íons através do eletrólito, o que pressupõe a formação de um circuito fechado”.

Segundo Figueiredo e Meira (2013), o processo corrosivo que age nas armaduras tem como etapa inicial a mudança das características e condições do concreto no entorno da barra por conta da ação de agentes agressivos, despassivando a armadura e, posteriormente, formando uma célula de corrosão, propagando assim no aço.

Os danos causados pela corrosão de armaduras, geralmente, manifestam-se através de fissuras no concreto paralelas à direção do esforço, de laminação e/ou desprendimento do cobrimento, conforme apresentado na Figura 1. E em componentes estruturais que apresentam um elevado teor de umidade, os primeiros sintomas de corrosão evidenciam-se por meio de manchas de óxido na superfície do concreto.

Figura 1: Representação esquemática das patologias típicas observadas em vigas de concreto armado afetadas por corrosão.



Fonte: HELENE, 2005.

Os danos por corrosão podem afetar a capacidade portante dos componentes estruturais, em função da perda da seção transversal das armaduras, da perda de aderência entre o aço e o concreto e da fissuração deste. Mesmo assim, a deterioração progressiva das estruturas por corrosão provoca lascamentos de material, que podem comprometer a segurança das pessoas.

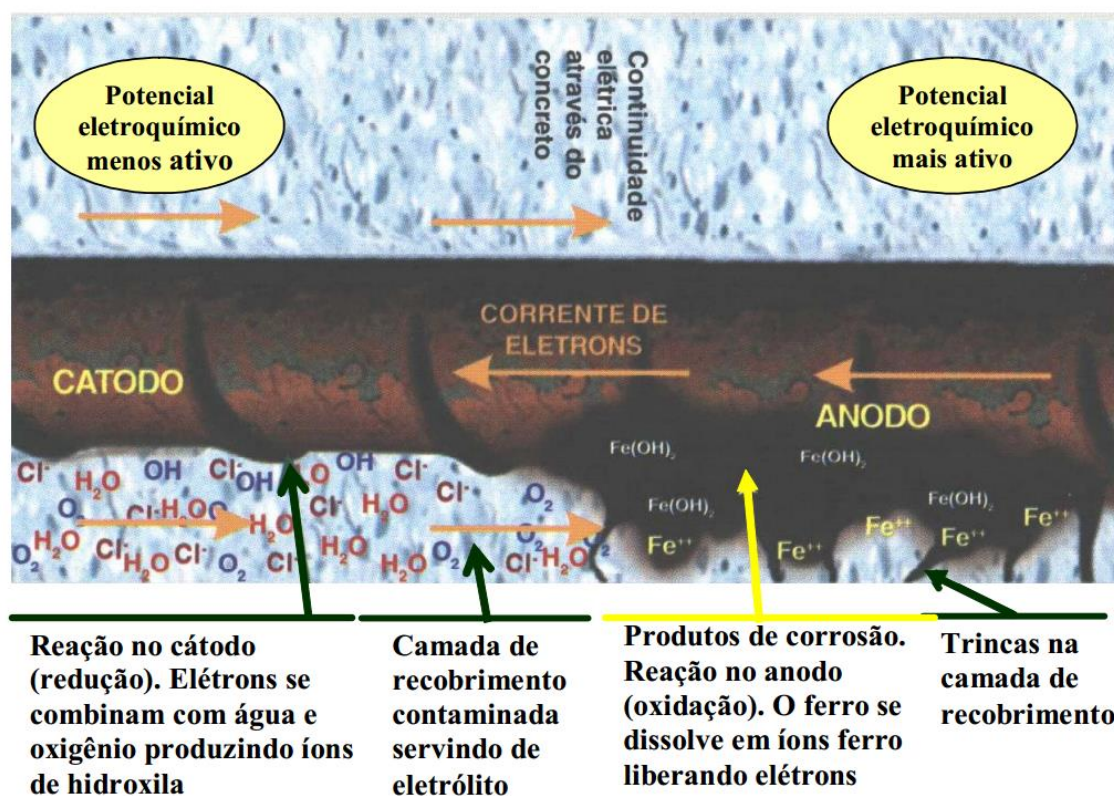
A corrosão é um processo que ocorre na fase aquosa. No caso do concreto armado, esse fenômeno verifica-se a partir da solução existente nos poros internos da estrutura. Essa patologia é frequentemente observada em misturas de baixa qualidade e com altos fatores de água/cimento, logo, os elementos apresentam elevada porosidade, como em componentes estruturais afetados por umidade ou ciclo de molhagem.

Para que venha a ocorrer, todo processo de corrosão eletroquímica requer a presença de pelo menos quatro elementos:

- Um ânodo, onde ocorre a oxidação do aço;
- Um cátodo, onde ocorre a reação de redução;
- Um condutor elétrico por onde circulam os elétrons liberados no ânodo e que são consumidos no cátodo e;
- Um eletrólito, onde ocorrem tais reações.

Tal processo é apresentado na Figura 2.

Figura 2: Pilha eletroquímica de corrosão no concreto armado.



Fonte: RODRIGUES, 2000.

Os produtos de corrosão do aço ocupam um volume que é várias vezes superior ao do metal original. A acumulação destes produtos na interface entre o aço e o concreto gera tensões de tração neste último, que provocam a fissuração e o posterior

desprendimento do cobrimento. O tempo da aparição de fissuras depende, essencialmente, da qualidade e da espessura do cobrimento do concreto, assim como do diâmetro e do posicionamento da armadura, e do tipo de produto de corrosão gerado. A título de exemplo, uma barra de diâmetro 12,50 mm (1/2”), com cobrimento de aproximadamente 4 cm, provocará fissuras no concreto quando houver uma diminuição de 1 % na seção transversal.

É de fundamental importância a avaliação do comprometimento da armadura, como também das causas e agentes responsáveis, pois a correção da situação em estudo irá depender do nível de oxidação do aço. Vale ressaltar que nem sempre o problema se encontra em toda barra e sim em alguns trechos da armadura (GURGEL et al., 2017).

2.3 RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS

Crerios recentemente revisados na NBR-6118 (2014) intensificam a preocupação quanto a durabilidade ou vida útil das estruturas de concreto armado, evitando ou minimizando patologias recorrentes nas estruturas. Segundo a Norma Técnica ABNT NBR 5674/2012 - Manutenção de edificações - Procedimento, é inviável economicamente e inaceitável ambientalmente considerar as edificações como produtos descartáveis. Quando uma edificação apresenta sua estrutura comprometida, o natural é buscar recuperá-la.

Contudo, Marques (2015) comenta que considerações de alta relevância, relacionadas a manutenção e durabilidade de obras em concreto armado, são deixadas de lado por maior parte das normas que regulamentam tal serviço, atribuindo foco em larga escala a aspectos como projetos e execução, o que acarreta em surgimento de manifestações patológicas que poderiam ter sido previstas e tratadas com antecedência. Desta forma, Resende (2018) ainda reforça que o domínio das melhores práticas, tratando-se de recuperação estrutural, é primordial, uma vez que desconhecidas tornam métodos e materiais inúteis.

Segundo Aguiar (2016), antes de executar uma recuperação estrutural, deve-se seguir uma metodologia de diagnósticos, cujo primeiro passo é efetuar inspeções preliminares para avaliação, detalhamento das patologias e monitoramento de fissuras. A partir da identificação da origem e causa da patologia é que são definidas as técnicas de reparo. É importante definir se a estrutura passará por intervenções para recuperação ou se será necessário também um reforço, uma vez que os processos são diferentes para cada tipo de anomalia (RESENDE, 2018).

A recuperação de uma estrutura afetada por alguma manifestação patológica não é realizada de maneira rígida, ou seja, normalmente existem vários métodos ou sistemas de reparo para se utilizar, dependendo da gravidade e do tipo de manifestação. A escolha do método ideal dependerá de alguns fatores como a possibilidade de acesso ao local de reparo, fatores econômicos e condicionantes técnicas, que variam de caso a caso. No caso de estruturas deterioradas por corrosão de armaduras, a situação tende a se tornar um pouco mais complicada, à medida que o reparo deverá atuar em um ambiente que é, comprovadamente, agressivo (DO NASCIMENTO, 2015).

Saliba (2008) resume o procedimento de recuperação para estruturas de concreto armado, com incidência de corrosão de armadura, em 5 (cinco) etapas, e recomenda que estas etapas sejam realizadas por mão-de-obra especializada, sendo elas:

- 1) Avaliar e eliminar a causa do dano precedendo o início de execução reparo;
- 2) Fazer a escolha de um material de qualidade, levando em consideração a compatibilidade das características físico-químicas do projeto de origem;
- 3) Em busca do melhor desempenho para o material supracitado, deve-se observar e definir o método de aplicação mais adequado;
- 4) Executar a preparação da região que irá receber o reparo, livrando-o de todos os resíduos que possam dificultar a coesão com o novo material (óleos, graxas, concreto solto). Saturar o substrato com água, caso os materiais sejam de base mineral;
- 5) Execução da recuperação – aplicação do material - de forma cuidadosa, permitindo uma cura eficiente, resultando em um reparo com excelente vida útil, podendo se tornar até mais eficaz do que a original.

3 ESTUDO DE CASO

Para a elaboração deste artigo, foram realizadas inspeções visuais em edifício sede de uma empresa estatal regional, inaugurado em 20 de julho de 1977, localizado no bairro do Bongüi, Recife – PE. A estrutura foi executada toda em concreto armado, com suas fachadas em concreto aparente e placas pré-moldadas. Sua fundação foi executada em estacas tipo tubulão e blocos de coroamento de fundação ligados entre si por cintas.

Tanto as principais manifestações patológicas encontradas nas estruturas quanto os reparos efetuados foram registrados por meio de documentação fotográfica.

4 RESULTADOS

4.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

A edificação estudada apresentava em toda sua fachada visíveis pontos de corrosão de armadura, caracterizados por fissuras, trincas (Figura 3), exposição de ferragem e, eventualmente, deslocamentos (Figura 4). Tal fato causava risco de queda de materiais em usuários da edificação, além de fatalmente diminuir o desempenho de suas peças estruturais.

Figura 3: Trinca no sentido da armadura principal do pilar.



Fonte: AUTORES, 2012.

Figura 4: Corrosão de armadura encontrado em viga.



Fonte: AUTORES, 2012.

Foram averiguados também pontos de corrosão de grande significância nas armaduras das lajes do 1º pavimento do Bloco “C” (Figura 5), inclusive com redução na seção maior que 10%.

Figura 5: Escoramento de laje deteriorada do 1º pavimento da edificação.



Fonte: AUTORES, 2012.

4.2 RECUPERAÇÃO DAS PEÇAS ESTRUTURAIS DAS FACHADAS

Para recuperação dos trechos da fachada onde havia corrosão de armaduras, foi especificada a técnica de reparo tradicional. Esta técnica segue a seguinte sequência:

- Todo o concreto desagregado é removido, descobrindo a armadura em todo seu perímetro;
- A ferragem é lixada, removendo-se assim toda a crosta de óxido de ferro formada ao seu redor;
- Aplicação de primer inibidor de corrosão em toda a área de aço recuperada (Figura 6);
- Reconstituição da seção de concreto com aplicação de graute (Figura 7).

Figura 6: Ferragem recuperada.



Fonte: AUTORES, 2012.

Figura 7: Proteção mecânica com graute tixotrópico.



Fonte: AUTORES, 2012.

4.3 REFORÇO DA LAJE DO 1º PAVIMENTO DO BLOCO C

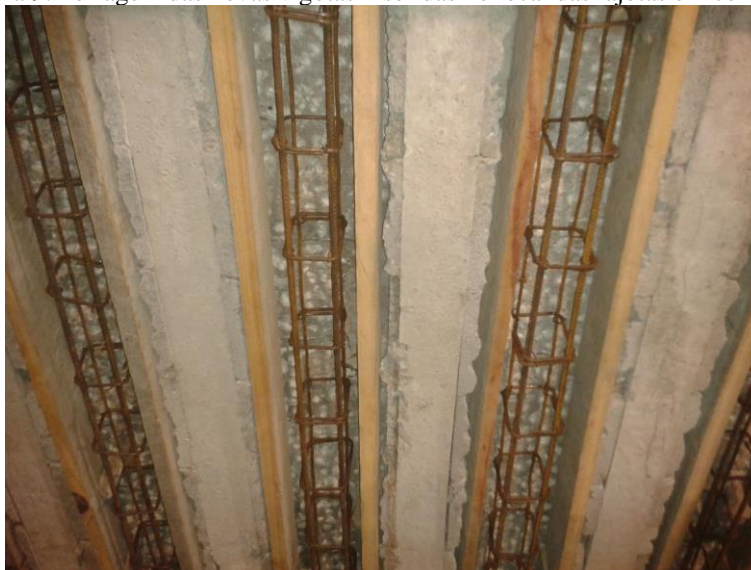
As lajes treliçadas com lajotas em concreto do bloco C estavam com o processo de corrosão de armaduras bastante avançado (perda de mais de 10% da seção original do aço), fato este que inviabilizou a utilização da técnica de reparo tradicional. Sendo assim, conforme as Figuras 8 e 9, foi elaborado um projeto de reforço das lajes que previu a criação de novas vigotas, executadas em concreto projetado de fck igual a 30MPa e 10% de microsílca como aditivo, no local onde ficavam as lajotas em concreto.

Figura 8: Escoramento da laje e abertura dos blocos de concreto.



Fonte: AUTORES, 2012.

Figura 9: Ferragem das novas vigotas inseridas no local das lajotas em concreto.



Fonte: AUTORES, 2012.

5 CONCLUSÃO

Após a inspeção da edificação, constataram-se anomalias relacionadas à corrosão em diversos elementos estruturais. Dentre eles, destaca-se a laje do 1º pavimento do Bloco C, pois apresentava um grau avançado de deterioração, com deslocamento de concreto e perda de seção do aço. Esta anomalia foi classificada com o grau de risco crítico, pois houve comprometimento sensível da vida útil, custo elevado com reforço, perda de desempenho, e risco de provocar danos contra a saúde e segurança dos usuários.

O reparo realizado nas estruturas das fachadas foi na técnica tradicional, onde se aplica primer inibidor de corrosão e graute na região a ser reparada, após ela receber o devido tratamento e limpeza. Logo, nos trechos onde foi aplicada a argamassa inibidora de corrosão haverá uma inversão de polaridade, a região anódica (tratada) passará a ser catódica, enquanto as áreas adjacentes passarão a ser anódicas. Já na laje do 1º pavimento do Bloco C, a técnica de reparo tradicional era inviável, sendo assim, foram instaladas novas vigotas no local onde ficavam as lajotas em concreto.

Por fim, a recuperação e os reforços empregados na edificação não eliminam a necessidade de inspeção periódica da estrutura, tendo em vista que o processo de corrosão reiniciará após o tratamento. Desta forma, é primordial que sejam realizadas inspeções periódicas nas estruturas mesmo após receberem intervenções de reparo e/ou reforço estrutural.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. E. Metodologia de Diagnósticos de Patologias. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

ALVES, Helton G. et al. Aplicação da técnica de polarização linear para detectar corrosão em concreto armado atacados por SO e Cl 4. Revista de Química Industrial, Campina Grande, v. 736, p.18-23, ago. 2012.

ANDRADE, C. Manual para diagnósticos de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras. São Paulo: PINI, 1992, 104, 104p. 104 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118 – Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado, 2014.

DO NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante. Corrosão em armaduras de concreto. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. Boletim Técnico 6 – Corrosão das Armaduras das Estruturas de Concreto, Alconpat Brasil, 2013.

FRANÇA, JOSÉ EDEILSON; Monteiro, Eliana Cristina Barreto. Estudo das Manifestações Patológicas nas Passarelas da Região Metropolitana do Recife-PE. REVISTA DE ENGENHARIA E PESQUISA APLICADA, v. 5, p. 47-55, 2020.

GURGEL, B. et al. Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN. CONFERÊNCIA NACIONAL DE PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS – CONPAR. Recife, 2017.

GUSMÃO, A. D. Patologia das Construções de Edifícios: Manifestações Patológicas das Fun-dações. Recife: EDUPE, 2018. 31p.

LAPA, José Silva. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto. 2008. TCC – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2008.

MACEDO, JOSÉ VITOR DA SILVA ; SILVA, JOÃO ALBERTO FERNANDES DA ; BATISTA, PEDRO IGOR BEZERRA ; Monteiro, Eliana Cristina Barreto ; MOURA JÚNIOR, JOSÉ MARIA DE ; Teixeira, Igor Albuquerque da Rosa ; Cavalcanti, Lucas Rodrigues ; Souza, Marília Gabriela Silva e. Inspeção e Recuperação de Estrutura de Concreto em Edificação Escolar: Estudo de Caso. Brazilian Journal of Development, v. 6, p. 55611-55624, 2020.

MARQUES, V. S. Recuperação de estruturas submetidas à corrosão de armaduras: definição das variáveis que interferem no custo. 2015. TCC - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre.

MEHTA, K. P.; MONTEIRO, P. Concrete: microstructure, properties, and materials. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2013.

MEIRA, G. R. Corrosão de Armaduras em Estruturas de Concreto: fundamentos, diagnóstico e prevenção. João Pessoa: IFPB, 2017.

MONTEIRO, E. C. B. Fundamentos da corrosão. Notas de aula do Curso de Especialização. Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco, Recife, 2018. 5p.

MONTEIRO, E. C. B. Manifestações patológicas em estruturas de concreto. Notas de aula do Curso de Especialização. Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco, Recife, 2018. 5p.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde. Santa Catarina, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/151/Daniel%20Nazario.pdf?sequence=1>>.

PEREIRA, José. Patologias em Edifícios. 2008.

RESENDE, G. A. Recuperação de Estruturas de Concreto Armado: Técnicas e Materiais para Prolongar a Vida Útil. 6ª CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS - PATORREB. Rio de Janeiro, 2018.

RODRIGUES, Joaquim. Corrosão no concreto armado; A pastilha anti-corrosão. Revista recuperar nº 33, p. 4 -18 Rio de Janeiro, Ed. Thomastec, 2000.

SALIBA, Clémenceau Chiabi S. Junior. Técnicas de Recuperação de Estruturas de Concreto Armado sob Efeito da Corrosão das Armaduras. Pós-graduação na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2008.

SANTOS, B.; INTERLANDI, C. Estruturas de Concreto Armado Patologias e suas Consequências Estudo de Caso. Engenharia Estudo e Pesquisa, ABPE, v. 16, n. 2, p.40-47, jul./dez. 2016. Disponível em: www.revistaeep.com/imagens/volume16_02/cap05.pdf. Acesso em: 09/05/2019. p 41.

SOUZA, V. C. M, RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 2009.