https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.069

ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS NA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E A INSPEÇÃO PREDIAL COMO FERRAMENTA DE CONTROLE

Gregório Beck da Silva Giannakos[1]*, André Soares Mendes[2]; Ricardo Luis Lenz[3]; Bernardo Fonseca Tutikian[4]
*Autor de contato: gregorio_giannakos@hotmail.com

[1] Mestrando em Engenharia Civil, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[2] Mestrando em Engenharia Civil, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[3] Doutorando em Engenharia Civil, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[4] Professor Doutor em Engenharia Civil, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil

RESUMO

Os projetos de estruturas de concreto armado devem seguir as normas técnicas existentes, de forma a garantir a durabilidade mínima das edificações, afim de evitar o surgimento de manifestações patológicas. A inspeção predial acaba sendo ferramenta importante para identificar estas anomalias, diagnosticar e propor a terapia adequada da estrutura danificada. O presente estudo tem como objetivo relacionar a falta de cobrimento com o envelhecimento precoce da estrutura, bem como as diferenças e evolução da NBR 6118 (ABNT, 1980) nos principais fatores para durabilidade estabelecidos pela norma em vigor. Na edificação vistoriada, foi constatado cobrimento inferior ao mínimo constante na norma. O não atendimento dos parâmetros de durabilidade estabelecidos em norma, tal como o cobrimento mínimo, afetam diretamente a vida útil da estrutura e acabam facilitando o surgimento de manifestações patológicas.
Palavras-chave: corrosão de armadura; inspeção predial; cobrimento de armadura.

ABSTRACT

The projects of reinforced concrete structures must follow the existing technical standards, in order to guarantee the minimum durability of the buildings, in order to avoid the emergence of pathological manifestations. The building inspection ends up being an important tool to identify these anomalies, diagnose and propose the appropriate therapy for the damaged structure. The present study aims to relate the lack of coverage with the premature aging of the structure, as well as the differences and evolution of NBR 6118 (ABNT, 1980) in the main factors for durability established by the current standard. In the building surveyed, coverage below the minimum specified in the standard was found. Failure to comply with the durability parameters established in the standard, such as minimum coverage, directly affect the useful life of the structure and end up facilitating the emergence of pathological manifestations.
Keywords: steel corrosion; building inspection; armor cover.

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade das construções tem sido tema constantemente debatido e buscado na Engenharia Civil atual. A partir de diversos estudos que demonstraram o impacto da indústria da construção civil no meio ambiente, a busca de maior durabilidade e de mecanismos que garantam a vida útil das estruturas se intensificou.

O material de construção mais utilizado do planeta é o concreto, só perde em utilização para a água (PEDROSO, 2009). O concreto é hoje o segundo produto mais consumido no mundo. Projeções otimistas presumem que o material possa ocupar o primeiro lugar a partir de 2025, superando a geração de água potável.

No Brasil, as estatísticas não são diferentes. Por isso, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) encomendou a mais ampla pesquisa sobre o mercado nacional do concreto. O estudo, coordenado pela e8 Inteligência e pela UBM Brazil, coletou dados do período entre 2005 e 2012 para projetar tendências do setor nos próximos anos. Uma delas é que o concreto dosado em central definitivamente está incorporado ao dia a dia da construção civil brasileira. Em sete anos, seu consumo cresceu 180% (ABCP, 2013).

Diante das afirmações anteriormente citadas, fica claro que o concreto tem sido amplamente utilizado em todo mundo, por ser um material moldável podendo assumir diversas formas geométricas, característica que ajuda muito na sua utilização, tornando-o um material tão utilizado e disseminado no mundo, por isso a importância de se pesquisar sobre este tema.

Muitas estruturas de concreto armado têm apresentado manifestações patológicas de maneira precoce, o que reduz a durabilidade destas estruturas (TEIXEIRA et al., 2021). Ainda de acordo com Teixeira et al. (2021), a corrosão de armadura se destaca como uma das principais manifestações encontradas nas estruturas de concreto armado, a corrosão é ocasionada pela ação deletéria dos íons cloreto ou do dióxido de carbono.

As fases de projeto e execução são de suma importância para a durabilidade das estruturas de concreto, pois nessa fase são determinadas as variáveis que determinam a durabilidade e vida útil da edificação, como, por exemplo, o seu cobrimento mínimo de proteção de acordo com o grau de agressividade e a qualidade de concreto.

Para as estruturas em concreto armado, a proteção das armaduras é um dos principais fatores para atingir o desempenho e durabilidade de projeto, e isso só é possível quando se tem qualidade do concreto e da espessura do cobrimento (PALM et al., 2020).

Os autores anteriormente citados apontam negligências quanto à especificação do cobrimento e o descaso com os procedimentos de execução, resultando em espessuras inadequadas com grande recorrência. A falta de conhecimento das normas de execução quanto à distribuição dos espaçadores para obtenção do cobrimento projetado contribui para o agravamento da situação.

Em elementos de concreto armado, as armaduras são posicionadas próximas às superfícies do elemento e, em casos de cobrimentos insuficientes ou de concretos mal adensados, as armaduras estarão sujeitas à presença de água e de ar, possibilitando o início de um processo de corrosão (THOMAZ, 2020).

Segundo Cánovas (1988), nas obras de concreto armado, ambientes com elevada umidade, atmosfera contaminada ou próximos ao mar, são propícios para o aparecimento de fissuras devido a corrosão das armaduras.

O processo de corrosão ocasiona desagregação do concreto, perda de aderência entre barra e concreto, diminuição de seção resistente das barras de aço e comprometimento da capacidade de carga (CÁNOVAS, 1988; MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A corrosão através de reações eletroquímicas se dá em meio aquoso, quando se forma uma película de eletrólito sobre a superfície da barra e corrente elétrica no interior da barra. A corrosão eletroquímica implica a formação de uma pilha, assim havendo um anodo, um cátodo, um condutor metálico e um eletrólito, ocorrendo sempre quando há a diferença de potencial entre trechos da superfície do aço e transporte de elétrons entre a zona anódica e catódica (HELENE, 1986, 1988; MEIRA, 2017).

As regiões das estruturas de concreto armado em que o concreto não é adequado ou não recobre ou recobre deficientemente a armadura, serão pontos de possível oxidação do ferro. Nos cátodos há a formação de óxi-hidróxidos de ferro, que passam a ocupar volumes superiores ao original, entre o concreto e o aço, causando fissuração e lascamento do concreto (HELENE, 1986, 1988).

A falta de cobertura mínima, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), pode acelerar ainda mais o processo de corrosão das estruturas. A cobertura mínima segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) é escolhido de acordo com a classe de agressividade do ambiente em que a estrutura está localizada.

Para obter o cobrimento da armadura, a NBR 14931 (ABNT, 2014) recomenda a utilização de espaçadores na montagem do elemento estrutural a fim de garantir o correto posicionamento das barras de aço. Porém, nenhuma metodologia é indicada para o uso desses dispositivos, como distribuição ou quantidade.

O presente artigo apresenta manifestações patológicas encontradas nos subsolos de um edifício comercial em estrutura de concreto armado localizado na cidade de Porto Alegre, e tem como objetivo relacionar a falta de cobrimento com o envelhecimento precoce da estrutura, bem como as diferenças e evolução da norma de NBR 6118 (ABNT, 1980) nos principais fatores para durabilidade estabelecidos pela norma em vigor.

2. METODOLOGIA

O método de diagnóstico das principais patologias ocorreu em caráter exploratório, através de inspeção visual, medições de cobrimento de armadura e registro fotográfico da edificação na cidade de Porto Alegre. As manifestações patológicas foram registradas, mapeadas por elementos e identificados os mecanismos de degradação.

Através da inspeção realizada foi possível estabelecer o diagnóstico das manifestações patológicas encontradas, prognóstico e recomendações de terapia.

Após análise exploratória foi realizada comparação entre os dados da norma da época do projeto (ABNT, 1980) e NBR 6118 (ABNT, 2014), norma atual. A anamnese realizada contempla a consulta a Carta de Habitação da edificação para identificar o contexto de quando o projeto foi

concebido e implementado, normas vigentes na época, entrevista aos usuários do prédio e busca dos projetos da obra e controles de execução.

2.1 Dados da obra

Situado em região central de Porto Alegre, de alto valor comercial e numa das principais vias com bastante movimento. O Projeto da obra foi submetido ao órgão municipal competente em 1994, sendo que a Carta de Habitação foi expedida em 1997, quando a obra foi finalizada.

O prédio comercial tem 11 pavimentos, composto de 2 subsolos destinados para estacionamento, térreo com 2 lojas e mais 8 pavimentos com salas comerciais, totalizando uma área total construída de 3.174,37 m².

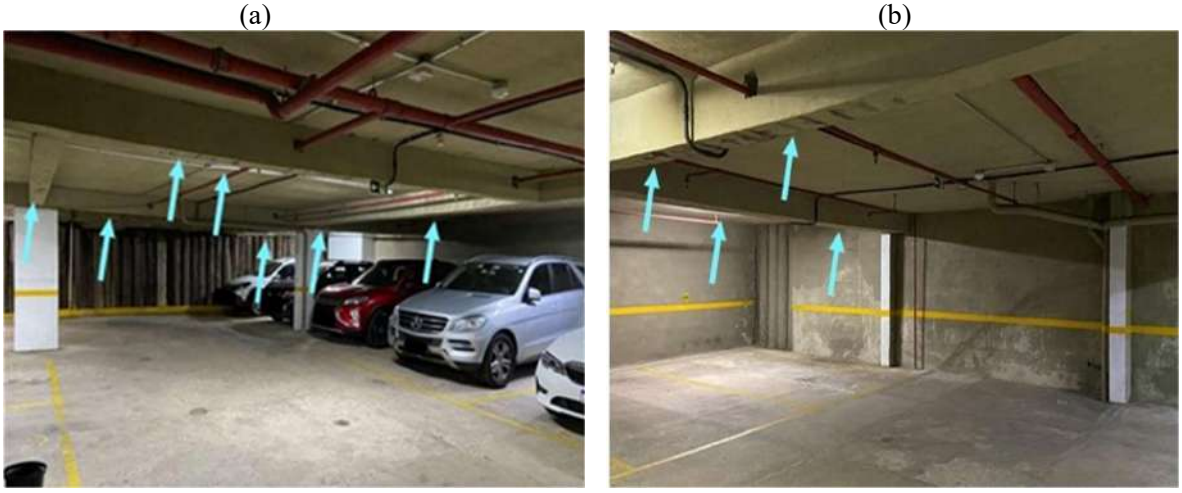
3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS

A edificação em questão, conforme levantamento feito, apresenta diferentes sintomas e já passou por processos de tentativa de correção e manutenção de forma geral. No presente trabalho consta somente as inspeções nos dois subsolos, consideradas as mais críticas por atingirem elementos estruturais.

Na Figura 1 foram identificados os elementos que apresentam alguma manifestação patológica, seja ela por corrosão da armadura ou lixiviação do concreto, no primeiro subsolo. É possível visualizar os elementos mais afetados são as vigas, porém com alguns casos nas lajes entre pavimentos. Os pontos com maior flexão (centro da viga) são os locais com mais exposição.

Figura 1 – Vigas com armaduras expostas com corrosão e concreto desplacando (a) aos fundos do subsolo, e (b) frente do subsolo

(a) (b)



Fonte: os autores

Na Figura 2 pode-se observar de forma mais evidente o estado de uma das vigas apresentadas na Figura 1, com avançada corrosão da armadura e desplacamento do concreto nos estribos. Ainda, foi possível analisar a falta de cobertura mínima necessária e que era prescrita pela norma vigente na época da construção.

Figura 2 – (a) viga com armadura corrida e desplacamento do cobrimento e (b) cobrimento de 6,83mm

(a) (b)



Fonte: os autores

Na Figura 3, no encontro da laje com uma das paredes de contenção, é possível identificar quadro de corrosão de armadura e consequente desplacamento do concreto. Ainda, é possível identificar a lixiviação do concreto por conta da infiltração de água oriunda do pavimento superior e da divisa da edificação.

Fica claro na figura 3 que o cobrimento não foi respeitado, o que agrava a manifestação patológica de acordo com Palm et al., (2020). A ausência do cobrimento em conformidade com as normas técnicas diminui a vida útil das estruturas e facilita muito o trabalho dos agentes agressivos que agem na estrutura de concreto.

Figura 3 – Laje com armadura exposta



Fonte: os Autores

Na Figura 4 observa-se diversos pontos de desplacamento do concreto ocasionados pela corrosão da armadura da laje do segundo subsolo. Neste caso, ainda pode-se visualizar uma tentativa de

amenizar o aumento da corrosão por parte da administração do condomínio ao aplicar fundo convertedor de ferrugem (manchas cinzas na Figura 4).

Figura 4 – Laje com armadura exposta



Fonte: os autores

Na Figura 5, existe a exposição da armadura de encontro da laje com a viga, e de forma bem visível pode-se observar as manchas na estrutura de concreto causadas pela umidade e processo de lixiviação. Também é possível visualizar a aplicação de fundo convertedor de ferrugem.

Figura 5 – Laje e viga com armadura exposta



Fonte: os autores

Tanto na Figura 6(a) quanto na Figura 6(b), é possível visualizar fissuras com lixiviação do concreto. Entretanto, a Figura 6(b) é possível identificar pontos com manchas devido a corrosão da armadura no interior do elemento.

Figura 6 – (a) fissura na laje nos fundos da garagem (b) fissura na laje junto a parede de contenção nos fundos da garagem

(a) (b)



Fonte: os autores

Na Figura 7, é possível observar a infiltração de água através da estrutura de contenção, localizada no fundo da edificação abaixo do nível de um pátio/estacionamento. A inspeção ocorreu após dias sem chuva e mesmo assim a parede se encontra úmida e com água acumulada no piso. Foi confirmado com os usuários do edifício que a parede permanece constantemente úmida e com água infiltrando e acumulando no piso.

Figura 7 – Infiltração na parede de divisa aos fundos: (a) subsolo 1, e (b) subsolo 2

(a) (b)



Fonte: os autores

4. RESULTADOS

Com base nas informações colhidas na inspeção, bem como na anamnese realizada, pode-se visualizar que a falta de cobrimento mínimo recomendado, ou inexistente em algumas situações, o que facilitou a ocorrência de corrosão dos elementos estruturais de concreto armado. De acordo com o item 6.3.3.1 da NBR 6118 (ABNT, 1980) vigente na época da elaboração, aprovação e construção do prédio inspecionado, o cobrimento mínimo da armadura para estruturas de concreto

aparente no interior de edifício deveria ser de 2,0 cm e por se tratar de subsolo, em alguns casos de 3,0 cm devido ao contato com o solo. Na Tabela 1 consta os cobrimentos identificados em comparação com o exigido pela norma vigente na época:

Tabela 1 – Cobrimentos identificados no local e NBR 6118 (ABNT, 1980)

Descrição	NBR 6118 (ABNT, 1980)	No local
Cobrimento nominal da armadura (mm):		
Laje	20	2,36
Viga/pilar	20	0 a 10,53

Fonte: os autores

A edificação inspecionada não atendeu os requisitos de durabilidade previstos de quando seu projeto e execução e, com o passar do tempo e uso, teve sua vida útil reduzida. Os parâmetros revisados e apontados na Tabela 2 comprovam que a preocupação com a durabilidade das estruturas aumentou com o passar do tempo e foi possível visualizar o resultado do não atendimento dos referidos parâmetros.

Considerando a preocupação com a durabilidade das estruturas, as revisões posteriores da NBR 6118 (ABNT, 1980) até o ano de 2014 trouxeram novos parâmetros a serem seguidos, tal como a relação água/cimento, e maiores cobrimentos da armadura, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparativos dos principais fatores para aumento da durabilidade conforme NBR 6118

Descrição	6118 (ABNT, 1980)	6118 (ABNT, 2003)	6118 (ABNT, 2014)
Classe de Agressividade	-	II Moderada	II Moderada
Relação água/cimento	-	≤ 0,60	≤ 0,60
Resistência do concreto (MPa)	Concreto C9	Concretos C10 a C50	Concretos C20 a C50 Concretos C50 a C90
Cobrimento nominal da armadura (mm):			
Laje	20	25	25
Viga/pilar	20	30	30
Elementos em contato com o solo	30	-	30

Fonte: os autores

A umidade em excesso, tanto proveniente do solo quanto dos pavimentos superiores e chuva, e a baixa ventilação proporcionam um ambiente agressivo para elementos ferrosos, tais como as armaduras constante nos elementos de concreto armado. A ocorrência de um ambiente agressivo com a falta de cobrimento, ou cobrimento insuficiente, acelera a oxidação e degradação da estrutura.

Apesar dos conceitos mais amplo de vida útil e durabilidade serem posterior a execução do projeto na norma de concreto armado podemos afirmar que existe um envelhecimento precoce na estrutura em questão em função do estado encontrado na inspeção após 24 anos de construção e concluir o

desempenho menor de 50%, considerando como base os 50 anos de vida útil para esse tipo de estrutura da norma NBR 6118 (ABNT, 2014). O grau avançado de corrosão identificado em vários locais da estrutura demostra que o processo de corrosão não é recente, mas não possível estimar quando realmente se iniciou e qual grau de avanço nos pontos não aparentes.

5. CONCLUSÃO

Através do presente trabalho, foi possível demonstrar a importância do cobrimento da armadura em estruturas de concreto e o impacto na durabilidade da estrutura. Visto que, apesar de constante a especificação na NBR 6118 (ABNT, 1980), não houve o controle etapa de construção para garantir o cobrimento preconizado pela referida normativa, que deveria se pelo menos 20 mm nos elementos com problemas patológicos aparentes.

A necessidade de acompanhamento da execução da estrutura por parte de um profissional capacitado de engenharia civil que tenha conhecimentos das normativas referente a estruturas de concreto pode ser uma das ferramentas mais importantes para evitar situações como a apresentada nesse artigo (PALM et al., 2020).

Sendo assim, fica claro a necessidade de acompanhamento da execução de cada projeto para garantir que ele está sendo executado de acordo com as normas vigentes na época de execução do projeto. O simples acompanhamento e conferência do projeto estrutural poderia ter evitado todas estas manifestações patológicas.

A umidade encontrada em vários pontos está acelerando o processo de degradação da estrutura de concreto armado, a qual, conforme observado tem origem externa (pela laje e solo), a qual fica acumulada e represada dentro dos dois subsolos devido à falta de elementos de ventilação. O projeto na época da concepção não levou em conta os fatores de vizinhança, nível de lençol freático e não foram previstos e executados drenos nas paredes de contenção.

O prognóstico da situação identificada, em caso de não realização da intervenção adequada e de forma urgente na estrutura, é o avanço do processo corrosivo na estrutura, podendo ocasionar o colapso parcial e ou total da edificação.

Para a recuperação em questão, recomenda-se no mínimo as seguintes atividades:

- Mapeamento geral da estrutura de concreto armado, com utilização de métodos não destrutivos ou equipamentos específicos;
- Elaboração de projeto específico para a recuperação/reforço estrutural tratando os pontos já com alto índice de corrosão;
- Recobrimento da armadura em todos os locais de baixa cobertura;
- Elaboração e execução de um projeto específico de drenagem e direcionamento de água e umidade; e
- Elaboração de um procedimento de manutenção e monitoramento da estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (Brasil). **PESQUISA INÉDITA E EXCLUSIVA REVELA CENÁRIO DO MERCADO BRASILEIRO DE CONCRETO**. 2013. Disponível em: https://abcp.org.br/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/. Acesso em: 13 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro. 1980. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro. 2003. 221p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro. 2014. 256p.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1988.

HELENE, P. R. DO L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 1986.

HELENE, P. R. DO L. Corrosão de armaduras para concreto armado. In: **Tecnologia de Edificações1**. São Paulo: PINI, 1988. p. 597–602.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 1a Edição ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEIRA, G. R. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado: ensaios eletroquímicos**. João Pessoa: IFPB, 2017.

PALM, V. et al. Influência da distribuição de espaçadores no cobrimento e na vida útil de lajes maciças. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 671–686, jul. 2020.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo**, São Paulo, n. 53, p. 14-19, jan.-fev.-mar, 2009

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios**: causas, prevenção e recuperação. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texttos, 2020. 240 p.

TEIXEIRA, Fernando Ritiéle *et al*. Avaliação de propriedades relacionadas à penetração de cloretos em concretos produzidos com substituição parcial de cimento por resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 1-13, mar. 2021. Trimestral. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13029. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rmat/a/XwMjTMgj5CG3n8FpHpLwpSc/?lang=pt. Acesso em: 16 nov. 2021.