Procedimento de inspeção preventiva em estruturas de concreto armado

Golinhaki, Sabrine¹; Munhoz, Jefferson Amaral²

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, email: eng.sabrinegolinhaki@gmail.com

² Especialista em estruturas de concreto e fundações, Universidade Paranaense – Campus Cascavel, email: amaraljam@gmail.com

Resumo: Inspeções preventivas em estruturas de concreto armado podem corrigir problemas em fase inicial ou até mesmo prolongar a sua vida útil. Para isso, normas brasileiras recomendam a adoção de roteiros de inspeção. O objetivo deste artigo é propor um roteiro de inspeção preventiva em estruturas de concreto armado para servir de guia aos profissionais. Para cumprir o objetivo, fez-se necessário realizar uma pesquisa bibliográfica sobre as manifestações patológicas recorrentes nas estruturas de concreto armado, bem como os métodos de investigação. Como resultado, obteve-se um roteiro que pode ser adaptado aos diversos tipos de estruturas de concreto armado e que leva em conta o histórico da edificação, as condições ambientais, a inspeção visual, ensaios *in loco* e em laboratório. Utilizar um roteiro como guia para as inspeções diminui as chances de ignorar fatores relevantes para um melhor diagnóstico, evitando o desperdício de recursos e garantindo a vida útil da estrutura.

Palavras-chave: Concreto armado, Inspeção preventiva, Manifestações patológicas.

Abstract: Preventive inspections in reinforced concrete structures can correct problems at an early stage or even extend their service life. For this, Brazilian standards recommend the adoption of inspection schedule. The aim of this paper is to propose a preventive inspection schedule in reinforced concrete structures to serve as a guide for professionals. In order to fulfill the objective, it was necessary to perform a bibliographical research on the recurrent pathological manifestations in the structures of reinforced concrete, as well as the investigation methods. As a result, a script has been obtained, which can be adapted to the different types of reinforced concrete structures that also considers the building history, the environmental conditions, the visual inspection, and the on-site and laboratory testing. By using a script as a guide for the inspections, it lowers the chances of ignoring relevant factors for better diagnosis, avoiding wasted resources and ensuring the structure service life.

Keywords: Reinforced concrete, Preventive inspection, Pathological manifestations.

1. Introdução

A vida útil de uma estrutura deve ser prevista em fase de projeto. No entanto, erros de concepção e cálculo estrutural, falhas na fase de execução da obra, uso inadequado da edificação, ações não previstas e certas condições ambientais podem prejudicar o desempenho das estruturas de formas que elas não atinjam a vida útil prevista. Para garantir a durabilidade, inspeções preventivas devem ser programadas para que as manifestações patológicas sejam detectadas em fases não avançadas e pequenas intervenções possam ser realizadas, garantindo assim a vida útil esperada ou até mesmo o seu prolongamento.

Quando a estrutura apresenta algum problema em sua integridade, podem surgir sinais externos, porém nem sempre estes são perceptíveis ou, por vezes, demoram a aparecer. Quanto mais cedo se detectar uma anomalia, independente da causa, mais eficiente e menos custosa será a intervenção [9].

A inspeção predial é uma ferramenta útil para verificar se os procedimentos de manutenção adotados são insuficientes ou inexistentes [2]. A NBR 5674 [1] ressalta que as inspeções devem ser orientadas por listas de conferência contendo um roteiro para inspeção, os componentes mais importantes da edificação, as formas de manifestação da degradação e solicitações e reclamações dos usuários.

As inspeções devem ser feitas em intervalos regulares, sendo que deve-se considerar as condições de uso e exposição ambiental relevantes ao desempenho da edificação para se poder estimar o comportamento futuro da mesma e de seus componentes.

Neste artigo, buscou-se contribuir para o tema através da elaboração de um roteiro de inspeção para estruturas de concreto armado, a fim de facilitar a operação por parte dos profissionais. O roteiro pode ser aprimorado para cada tipo de edificação, conforme as necessidades verificadas pelo profissional responsável.

2. Métodos

Para a elaboração do roteiro de inspeção de estruturas de concreto armado foi necessário realizar um levantamento bibliográfico sobre as manifestações patológicas mais encontradas nesses tipos de estrutura e sobre os métodos de investigação, tanto no local quanto em laboratório. O levantamento foi realizado em diversas fontes, buscando consultar obras respeitáveis e atualizadas. Livros, publicações em periódicos e artigos científicos foram consultados. A pesquisa abordou ainda os procedimentos recomendados para inspeção, os quais são expostos a seguir.

A primeira investigação em uma inspeção preventiva é realizada de forma visual. Por vezes, nessa primeira etapa são identificados problemas mais graves e que não podem ser diagnosticados somente com as informações ali coletadas. Nesse caso, pontos críticos das estruturas devem ser observados, registrados e mensurados para se obter um correto diagnóstico [5-8-9]. Pode-se realizar ensaios não destrutivos. Se for necessário, realiza-se a coleta de amostras para posterior investigação, com cuidado para não causar muitos danos à estrutura [3].

Consultar referenciais bibliográficos específicos, estudar os materiais empregados na obra envolvida, o histórico construtivo e analisar o microambiente no qual a estrutura está inserida, são etapas importantes para a formulação de hipóteses iniciais para as causas do problema encontrado [5]. O nível de complexidade da inspeção dependerá de fatores como o porte das estruturas, os riscos envolvidos e a facilidade de retirada de amostras, por exemplo [4].

Fatores mecânicos, físicos, biológicos e químicos podem ser responsáveis pela deterioração das estruturas de concreto armado. Como exemplos, podem ser citadas vibrações, variações de temperatura, bactérias e presença de ácidos, respectivamente [4]. Com exceção dos fatores mecânicos, a deterioração é influenciada pelo transporte de fluidos através do concreto [6]. As ações podem ocorrer de forma combinada, o que é mais prejudicial e causa deterioração mais acelerada que a ação isolada [4]. Raramente a deterioração do concreto é decorrente de uma única causa [6].

Alguns dos principais métodos instrumentais para análise das estruturas são: espectrofotometria, análises cromatográficas, potenciométricas e polarográficas. Análises térmicas podem ser realizadas e permitem avaliar a estabilidade térmica, a velocidade de reação, os processos de reação e em alguns casos a composição do material. As análises químicas são utilizadas para se determinar a composição de um material ou para localizar a presença de um elemento em particular, assim como sua quantidade. Já as análises microestruturais são realizadas através de instrumentos ópticos que permitem ampliações do elemento analisado. O ensaio de compressão pela extração de testemunhos também é uma possibilidade para investigação da estrutura e é o método mais indicado para estimar a resistência a compressão do concreto [3].

O diagnóstico não pode ser imediatista, pois os sintomas possuem dinamismo. A análise deve levar em conta o processo de evolução dos sintomas. Nunca se tem certeza absoluta do diagnóstico, mas sim uma redução no número de dúvidas. Sua eficácia só poderá ser confirmada se a estrutura responder satisfatoriamente ao tratamento proposto [9]. Atualmente existem muitas terapias possíveis para estruturas, dentre elas revestimentos especiais e técnicas eletroquímicas [8].

3. Resultados

Após o levantamento bibliográfico das manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto armado e dos métodos de investigação, foi possível construir o roteiro apresentado na Tabela 1. A ordem dos itens dentro do roteiro levou em consideração a recomendação dos autores pesquisados.

O roteiro abrange a identificação da estrutura, o levantamento de dados de projeto existentes, verificação das condições ambientais as quais a estrutura está exposta, inspeção visual da estrutura, ensaios realizados no local da obra e ensaios realizados em laboratório com a extração de amostras.

Tabela 1: Roteiro para inspeção em estruturas de concreto armado

1. IDENTIFICAÇÃO DA ESTRUTURA	
1.1	NOME DA EDIFICAÇÃO:
1.2	ENDEREÇO:
1.3	PROPRIETÁRIO:
1.4	FINALIDADE DA EDIFICAÇÃO:
1.5	ANO DE CONCLUSÃO DA OBRA:
1.6	FOTO DA FACHADA: (identificar o número)
1.7	INSPEÇÕES ANTERIORES
1.7.1	NÚMERO DE INSPEÇÕES:
1.7.2	DATAS:
1.7.3	INTERVENÇÃO DE MANUTENÇÃO: () SIM () NÃO DESCREVER O TIPO DE INTERVENÇÃO:
1.8	SISTEMA ESTRUTURAL () CONCRETO ARMADO IN LOCO () PRÉ MOLDADO
1.9	ELABORAR CROQUIS DE PLANTAS BAIXAS DOS PAVIMENTOS PARA FACILITAR A MARCAÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DAS FALHAS E ANOMALIAS
2. DADOS DE PROJETO	
2.1	EXISTÊNCIA DE PROJETOS: () SIM () NÃO QUAIS:
2.2	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO DO CONCRETO:
2.2.1	INFRAESTRUTURA:
2.2.2	SUPERESTRUTURA:
2.3	TIPO DE CIMENTO:
2.4	USO DE ADITIVOS: () SIM () NÃO QUAIS:
2.5	ORIGEM DO CONCRETO: () FABRICADO NO CANTEIRO DE OBRAS () USINADO. NOME DA CONCRETEIRA:
3. VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
3.1	TIPO DA ATMOSFERA: () RURAL () MARINHA () URBANA () INDUSTRIAL
3.2	PRESENÇA DE ÁGUA: () SIM () NÃO
3.2.1	ORIGEM: () NATURAL () INDUSTRIAL () DOMÉSTICA () DOCE () SALOBRA () POTÁVEL () ESGOTO OBS.:
3.3	SOLO () NATURAL () ATERRO OBS.:
3.4	PERFIL DO TERRENO: () ACLIVE () DECLIVE () PLANO OBS.:
3.5	OUTROS FATORES DE AGRESSIVIDADE () ALTAS TEMPERATURAS () BAIXAS TEMPERATURAS () NEVE () PRESENÇA CONSTANTE DE CO ₂

() AGENTES QUÍMICOS

() OUTROS

4. INSPEÇÃO VISUAL DAS ESTRUTURAS

IDENTIFICAÇÃO DO PAVIMENTO:

4.1 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE FISSURAS, TRINCAS OU RACHADURAS:

() FISSURA () TRINCA () RACHADURA

4.1.1 LOCALIZAÇÃO:

4.1.2 DESCRIÇÃO DA FORMA DE MANIFESTAÇÃO: (INCLINADA, AO LONGO DA ARMADURA, PRÓXIMA AOS APOIOS...):

4.1.3 FAZER CROQUIS PARA POSTERIOR MAPEAMENTO

4.1.4 ESPESSURA DA ABERTURA:

4.1.5 COMPRIMENTO:

4.1.6 PROFUNDIDADE:

4.1.7 FISSURA/TRINCA/RACHADURA ATIVA OU ESTÁVEL:

4.1.8 PRESENÇA DE LÍQUIDOS OU PRODUTOS: () SIM () NÃO
QUAL (IS):

4.1.9 FOTO Nº:

4.2 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE EFLORESCÊNCIA: () SIM () NÃO

4.2.1 LOCAL:

4.2.2 FOTO Nº:

4.3 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE EROSÃO: () SIM () NÃO

4.3.1 LOCAL:

4.3.2 FOTO Nº:

4.4 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE SINAIS DE CORROSÃO: () SIM () NÃO

4.4.1 LOCAL:

4.4.2 FOTO Nº:

4.5 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE MOFO/BOLOR: () SIM () NÃO

4.5.1 LOCAL:

4.5.2 FOTO Nº:

4.6 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE MANCHAS: () SIM () NÃO

4.6.1 LOCAL:

4.6.2 DESCRIÇÃO DAS MANCHAS:

4.6.3 FOTO Nº:

4.7 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE SEGREGAÇÃO: () SIM () NÃO

4.7.1 LOCAL:

4.7.2 FOTO Nº:

4.8 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE DESPLACAMENTO: () SIM () NÃO

4.8.1 LOCAL:

4.8.2 FOTO Nº:

4.9 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE INFILTRAÇÃO: () SIM () NÃO

4.9.1 LOCAL:

4.9.2 FOTO Nº:

4.10 VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE FALHAS DE CONCRETAGEM: () SIM () NÃO

4.10.1 LOCAL:

4.10.2 FOTO Nº:

4.11 VERIFICAÇÃO DA LIMPEZA EM ELEMENTOS ESPECIAIS

4.11.1 JUNTAS DE DILATAÇÃO

PRESENÇA DE SEMENTES, LIXO, FOLHAS, ETC: () SIM () NÃO

LOCAL:

- FOTO Nº:
- 4.11.2 DRENOS
PRESENÇA DE SEMENTES, LIXO, FOLHAS, ETC: () SIM () NÃO
LOCAL:
FOTO Nº:
- 4.11.3 ARTICULAÇÕES
PRESENÇA DE SEMENTES, LIXO, FOLHAS, ETC: () SIM () NÃO
LOCAL:
FOTO Nº:
- 4.11.4 OUTRO ELEMENTO:
PRESENÇA DE SEMENTES, LIXO, FOLHAS, ETC: () SIM () NÃO
LOCAL:
FOTO Nº:
- 4.12 VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE AÇÕES EXCEPCIONAIS DURANTE O USO
- 4.12.1 INCÊNDIO: () SIM () NÃO
LOCAL:
DESCRIÇÃO DOS DANOS E REPAROS:
- 4.12.2 CHOQUES: () SIM () NÃO
LOCAL:
DESCRIÇÃO DOS DANOS E REPAROS:
- 4.12.3 OUTRO:

5. ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA OBRA

- 5.1 RESISTÊNCIA DO CONCRETO NA OBRA
- 5.1.1 ENSAIO REALIZADO:
- 5.1.2 LOCAL:
- 5.1.3 ELEMENTO(S) ENSAIADO(S):
- 5.1.4 RESISTÊNCIA OBTIDA:
- 5.2 ESPESSURA DE COBRIMENTO DA ARMADURA
- 5.2.1 LOCAL:
- 5.2.2 ARMADURA EXPOSTA: () SIM () NÃO
- 5.2.3 MÉTODO UTILIZADO:
- 5.2.4 ESPESSURA VERIFICADA:
- 5.3 ALINHAMENTOS E PRUMOS
- 5.3.1 LOCAL:
- 5.3.2 METODOLOGIA UTILIZADA:
- 5.3.3 DADOS COLETADOS:
- 5.4 CARBONATAÇÃO
- 5.4.1 ENSAIO REALIZADO:
- 5.4.2 LOCAL:
- 5.4.3 ELEMENTO(S) ENSAIADO(S):
- 5.4.4 PROFUNDIDADE VERIFICADA:
- 5.5 CLORETOS
- 5.5.1 ENSAIO REALIZADO:
- 5.5.2 LOCAL:
- 5.5.3 ELEMENTO(S) ENSAIADO(S):
- 5.5.4 RESULTADOS OBTIDOS:

6. ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

- 6.1 TIPO DE ENSAIO:
- 6.1.1 MÉTODO UTILIZADO PARA EXTRAÇÃO DE MATERIAL:

- 6.1.2 ELEMENTO ENSAIADO:
- 6.1.3 LOCAL:
- 6.1.4 FOTO Nº:
- 6.1.5 LAUDO DO LABORATÓRIO:

7. DIAGNÓSTICO

- 7.1 CONCLUSÃO:
 - () DANOS DESPREZÍVEIS OU INEXISTENTES
 - () PEQUENOS DANOS
 - () DANOS IMPORTANTES
 - () DANOS EMERGENCIAIS
 - () ALARME
- 7.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS:

8. PROGNÓSTICO

- 8.1 INTERVENÇÕES NECESSÁRIAS:
- 8.2 DATA PARA AS INTERVENÇÕES:
- 8.3 RISCOS PARA A EDIFICAÇÃO EM CASO DA FALTA DE INTERVENÇÃO:

Juntamente com o roteiro de inspeção deve ser realizado levantamento fotográfico das anomalias. As fotos devem ser identificadas por número ou de outra forma que o profissional deseje. Elas devem estar vinculadas dentro do roteiro. As anomalias podem ser mapeadas. Em casos de alta concentração de fissuras, para facilitar a leitura, o profissional pode fazer mais de um mapeamento: um mapa de fissuras e outro(s) mapa(s) com as demais manifestações patológicas.

É recomendado o levantamento de informações sobre o histórico da edificação, tais como incêndios, choques, exposição a agentes químicos e condições ambientais. As causas das manifestações patológicas podem ser encontradas através dessas informações. Portanto, até mesmo conversas com ocupantes da edificação e vizinhos são úteis para o diagnóstico.

Com todos os dados em mãos é possível interpretar os resultados obtidos e diagnosticar o problema. Por vezes, a causa dos danos é evidente já nos exames preliminares. Em outros casos, são os exames laboratoriais que vão revelar os problemas existentes.

4. Conclusão

As inspeções preventivas em estruturas devem ser realizadas para que a vida útil de projeto seja garantida ou aumentada. As edificações possuem alto custo e dependem do bom comportamento estrutural para sua durabilidade. Pequenas intervenções ainda no início de problemas nas estruturas evitam que as edificações necessitem de altos investimentos para garantir sua vida útil ou até mesmo que sejam inutilizadas. Para isso, é preciso prever as inspeções já em fase de projeto e constá-las no manual de operação, uso e manutenção da edificação, de forma que os proprietários estejam cientes da necessidade e dos benefícios das inspeções preventivas.

A visita para a realização da inspeção preventiva em estruturas de concreto armado pode ser feita por um engenheiro não especializado na área de patologia das construções, desde que familiarizado com o roteiro. Possuindo o roteiro preenchido, junto às fotos identificadas e ao mapeamento das anomalias, esses documentos podem ser encaminhados a um profissional especializado para realizar o diagnóstico e o prognóstico. No caso de edificações onde manifestações patológicas em estado avançado e/ou grave forem identificadas, a visita de um engenheiro especialista se faz necessária.

Não é possível ter plena certeza do diagnóstico, pois as anomalias podem ter várias possíveis causas. A resposta da estrutura ao tratamento é o que confirmará o correto diagnóstico. Para diminuir o número de incertezas, é preciso que o profissional se aprofunde no estudo das manifestações patológicas e dos métodos de investigação.

É de extrema importância que no prognóstico constem as consequências que ocorrerão caso as intervenções necessárias não sejam realizadas, pois o proprietário deve estar ciente de sua responsabilidade nos processos de inspeção e manutenção da estrutura. Um diagnóstico e prognóstico incorretos podem, além de não resolver o problema, desperdiçar recursos.

5. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- [2] _____. NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- [3] BERTOLINI, L. *Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção*. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- [4] GENTIL, V. *Corrosão*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- [5] MEIRA, G. R. *Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: fundamentos, diagnóstico e prevenção*. João Pessoa: IFPB, 2017.
- [6] NEVILLE, A. M. *Propriedades do Concreto*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- [7] SILVA, F. B. da. *Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil*. 2011. Disponível em: < <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set2011-Prof.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2018.
- [8] SOUZA, V.C.M.de; RIPPER, T. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: Pini, 1998.
- [9] TUTIKIAN, B; PACHECO; M. *Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil*. Merida, 2013. Disponível em:< http://alconpat.org.br/wpcontent/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-eProgn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf> Acesso em: 09 nov. 2018.