Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SANTA MARIA-RS

A. O., RIGÃO
Prof. Me. Eng. Civil
Universidade Federal de Santa Maria
Rio Grande do Sul; Brasil
rigaoa@gmail.com

J. M. D., SOARES
Prof. Dr. Eng. Civil
Universidade Federal de Santa Maria
Rio Grande do Sul; Brasil
jmario337@gmail.com

RESUMO

O estudo de caso foi realizado em parte de uma edificação residencial com idade aproximada de 30 anos na cidade de Santa Maria-RS. Analizou-se as condições dos elementos estruturais da garagem através de uma inspeção visual e levantamento fotográfico onde observou-se presença de corrosão de armaduras, mofo e lixiviação do concreto. Constatou-se que essas patologias estavam relacionadas principalmente à ação da carbonatação no concreto associada ao baixo cobrimento das armaduras, umidade excessiva causada pela deficiência no sistema de impermeabilização das áreas abertas do pavimento térreo e vazamentos de tubulações de esgoto. Como medidas corretivas, foram solicitadas a correção dos vazamentos das tubulações de esgoto, recomposição e correção do sistema de impermeabilização e pisos do pavimento térreo, limpeza enérgica de todos elementos estruturais para retirada de mofo e regiões de concreto mal aderidas, recuperação dos elementos estruturais afetados através do tratamento das armaduras com inibidor de corrosão, bem como compensação das seções de aço perdidas com a colagem de chapas ou barras de aço nessas áreas, grampeamento nos trechos das lajes com presença de fissuras, além de recomposição das seções de vigas com argamassa polimérica estrutural.
Palavras-Chave :Manifestações patológicas, Concreto armado, Edificações.

ABSTRACT

The case study was carried out in part of a residential building with aged approximately 30 years in the city of Santa Maria-RS. It was analysed the conditions of the structural elements of the garage through a visual inspection and photographic survey where there was presence of rebar corrosion, mould and leaching of concrete. It was found that these diseases were related mainly to the action of carbonation in concrete associated with low concrete cover of rebars, excessive moisture caused by a deficiency in the waterproofing system of open areas of the ground floor and leaks from sewage pipes. As corrective measures were required to fix the leaks in sewage pipes, restoration and correction of the waterproofing system and the ground floor, energetic cleansing of all structural elements for removal of mould and regions concrete badly adhered, recovery of the affected structural elements through the treatment of rebar with corrosion inhibitor, as well compensation of the lost steel sections with bonding sheets or steel bars in these areas, stapling in parts of the slabs with the presence of cracks, besides restoration of sections of beams with structural polymer mortar.
Keywords: pathological manifestations, reinforced concrete, Buildings.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil ainda não incorporou a rotina de adotar a manutenção preventiva nas edificações como algo necessário para garantir a funcionalidade e segurança das edificações, uma vez que esse procedimento normalmente requer um investimento inferior se comparado à manutenção corretiva. Nos países desenvolvidos, manter o patrimônio imobiliário em condições é uma questão cultural [1]. No país, é habitual que se realize intervenções nas edificações somente quando essas já apresentam patologias que estejam interferindo na sua

segurança e limitando sua utilização. Nos edifícios, as inspeções e manutenções tendem a reduzir acidentes, minimizar a desvalorização do imóvel e proporcionam aos usuários condições adequadas de higiene, segurança e conforto [2].

Saliba Jr.[3] propõe que inspeções em edificações com até 15 anos sejam realizadas a cada 3 anos, já aquelas com idade superior a esta e inferior a 30 anos, a periodicidade deve ser de 2 anos. Para edificações acima de 30 anos de construção, as inspeções necessitam ser anuais. Essa metodologia torna-se adequada, uma vez que a probabilidade de ocorrência de falhas nas edificações tende a ser aumentada conforme o transcorrer do tempo após sua construção.

Sempre que se necessite realizar inspeções e perícias técnicas em uma edificação, é importante que se busque o máximo de informações para subsidiar o estudo, como projeto arquitetônico, estrutural e projetos complementares. Além disso, é possível realizar entrevistas com usuários ou envolvidos que tenham conhecimento de como foi construída e vem sendo utilizada a edificação, pois estes podem informar sobre as ocorrências e procedimentos executivos, de reformas ou modificações não constantes em projetos.

A Norma de Desempenho brasileira NBR 15575:2013 [4] define durabilidade como a capacidade de desempenhar suas funções, ao longo do tempo sob condições de uso e manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção. A mesma norma destaca que a vida útil é o espaço de tempo o qual o imóvel atende as funções as quais foi projetado de forma satisfatória. Para estruturas o período mínimo para vida útil é de 50 anos, considerando a periodicidade de processos de manutenção.

O concreto como material de construção é instável ao longo do tempo, alterando suas propriedades físicas e químicas em função das características dos seus constituintes e do meio onde está inserido [5]. Os projetistas tem a tendência de concentrar mais interesses nas características relacionadas à resistência do concreto, entretanto devido a uma variedade de fatores, torna-se necessário considerar conceitos relacionados à durabilidade do material [6]. Verifica-se que diversas manifestações patológicas associadas às estruturas de concreto, como a carbonatação, estão relacionadas à deterioração dos constituintes do concreto causados por mecanismos físicos e químicos devido aos agentes existentes no meio onde a estrutura está inserida. Portanto, é de fundamental relevância adotar medidas que possam aumentar sua durabilidade e assegurar a vida útil da estrutura.

A carbonatação ocorre através da reação do gás carbônico atmosférico (CO_2) que, em presença de umidade, forma o ácido carbônico (H_2CO_3). Este reage principalmente com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)) presente na pasta de cimento hidratada do concreto formando carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Em algumas situações, quando se esgota o hidróxido de cálcio para a reação, através de uma reação secundária com a sílica das pozolanas, também é possível a carbonatação dos silicatos de cálcio hidratado (C-S-H), formando, além de carbonato de cálcio, gel de sílica com poros grandes que facilitam a carbonatação subsequente.

Pesquisadores relatam que a carbonatação ocorre de forma mais efetiva em concretos parcialmente saturados [7] [8], pois a difusão do gás carbônico em meios líquidos é muito lenta. Além disso, a porosidade do concreto é um fator que tem grande influência na velocidade desse processo, pois o carbonato de cálcio promove a colmatação dos poros, reduzindo a difusão do gás carbônico para o interior do concreto. Dessa forma, a velocidade desse processo reduz-se ao longo do tempo.

A carbonatação é um processo que não causa deterioração considerável do concreto como material, porém ao reduzir o pH da pasta na região próxima às armaduras, promove a despassivação destas, favorecendo o processo de corrosão e degradação dos elementos estruturais. O dano causado no concreto pelo processo de corrosão das armaduras manifesta-se principalmente sob a forma de expansão, fissuração e lascamentos da camada de cobrimento do concreto que reveste as armaduras. Além disso, ocorre perda da aderência entre o aço e o concreto e diminuição da seção transversal das armaduras, causada pela redução da área íntegra de aço.

O mecanismo de corrosão é basicamente, um processo eletroquímico [9], conduzindo a formação de óxidos e hidróxidos ferrosos que podem ter um volume até seis vezes maior que o ferro metálico. Esse processo expansivo, promove a fissuração e lascamento do concreto o que expõe mais ainda as armaduras aos agentes agressivos do ambiente.

A forma para inibir o processo de corrosão das armaduras consiste em garantir uma alta alcalinidade na interface entre o concreto e as armaduras e reduzir a entrada de agentes que tenham a capacidade de diminuir o pH desta região. Este processo passa por um maior cobrimento das armaduras, principalmente em estruturas que estão sujeitas a ambientes

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

agressivos, além de reduzir a porosidade da pasta de concreto através de um estudo de traço adequado do concreto utilizado e de cimentos com adições minerais os quais através de reações secundárias podem promover uma maior compacidade à pasta de concreto [8]. Apesar de alguns estudos mostrarem que o uso de adições podem conferir desempenho insatisfatório ao concreto quanto a ação da carbonatação [8].

O ataque por sulfato ao concreto ocorre através do contato do concreto com soluções contendo íons SO_4^{-2} que podem ser provenientes em alguns tipos de solo, águas subterrâneas, efluentes industriais ou domésticos. São diversos os compostos que podem conter esse íon, dentre eles, sulfato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de amônio, sulfato de cálcio e sulfato de potássio[10].

A interação danosa entre esses compostos ácidos e o concreto ocorre basicamente através da reação do hidróxido de cálcio do concreto, formando gipsita e do C-S-H, formando etringita. A reação desses compostos do concreto causa redução de resistência, além de ser uma reação expansiva, causando fissurações, promovendo desagregação do concreto e maior exposição das armaduras o que favorece o processo de corrosão.

Uma maneira para reduzir os efeitos deletérios provocados pelo ataque de sulfatos seria minimizar a porosidade do concreto e reduzir a quantidade de hidróxido de cálcio presente na pasta do cimento hidratado através do uso de cimentos com adições minerais como pozolanas. O adoção de pozolanas é favorável, pois ela reage com o hidróxido de cálcio, reduzindo a quantidade de hidróxido de cálcio disponível para reação com sulfato [11]. Além disso, as reações secundárias, reduzem a porosidade do concreto, minimizando a entrada de compostos sulfurosos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é de analisar as condições dos elementos estruturais na garagem de uma edificação residencial na cidade de Santa Maria-RS quanto à segurança e conservação dos mesmos, uma vez que verificou-se a ocorrência de corrosão de armaduras, mofo, lixiviação de concreto com formação de depósitos calcáreos em determinados pontos do teto da referida garagem, bem como sugerir medidas corretivas e preventivas para assegurar a durabilidade e segurança desses elementos.

3. DESCRIÇÃO DO IMÓVEL

O edifício em estudo está localizado na região central da cidade de Santa Maria-RS. Dentre os projetos existentes da edificação, foi obtido acesso ao projeto arquitetônico do imóvel, aprovado em 1984 junto à Prefeitura Municipal. Portanto, o referido edifício tem uma idade em torno de 30 anos.

A edificação é composta de pavimento térreo e três pavimentos tipo, totalizando 33 apartamentos, além do subsolo, onde está localizada a garagem, objeto de estudo. O sistema estrutural utilizado no prédio foi de concreto armado, sendo que as lajes do forro da garagem são do tipo laje maciça armada. Todos os elementos estruturais do subsolo são do tipo concreto aparente com apenas pintura tipo PVA, como forma de proteção dos mesmos. Pela idade do edifício, a norma adotada para o dimensionamento das estruturas em concreto armado foi a NBR 6118:1980 [12] a qual era menos exigente na definição de parâmetros quanto à durabilidade e aceitação das estruturas em concreto armado.

4. ANÁLISES E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Realizou-se uma vistoria no subsolo do edifício, onde foram analisados todos os elementos da supra-estrutura deste local. Foi feita uma inspeção visual em todas as lajes, vigas do teto e pilares da garagem a fim de listar as manifestações patológicas existentes, bem como identificar a origem dessas, para recomendar medidas corretivas.

Para a realização da vistoria, a área da garagem foi dividida em 19 regiões, conforme fosse observada presença de alguma anomalia, foi realizado um levantamento fotográfico das manifestações patológicas, identificadas em croqui a região de ocorrência aproximada das mesmas (Figura 1), bem como anotação das possíveis causas associadas. Devido ao considerável tempo de construção do imóvel e ao fato de não mais localizar o incorporador que realizou o empreendimento, não foi possível obter os projetos dos elementos estruturais do subsolo, bem como os demais projetos complementares do edifício.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

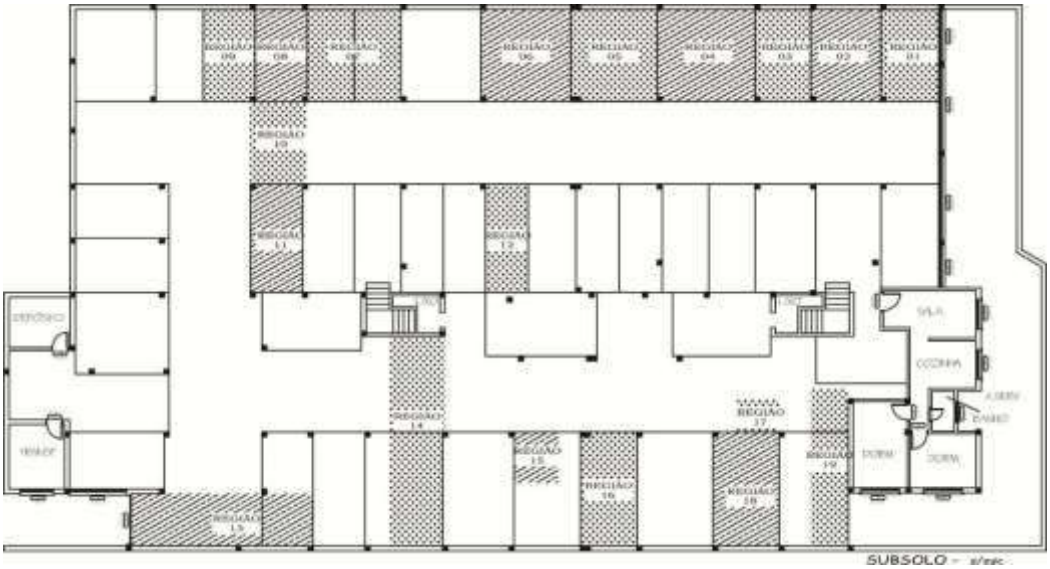


Figura 1: Croqui com a marcação das regiões com presença de manifestações patológicas

Portanto, a elaboração do croqui foi implementada a partir do projeto arquitetônico atualizado através do levantamento realizado no local, com as devidas correções de dimensões e pequenas alterações verificadas não constantes no projeto arquitetônico original. Ao realizar um questionamento com a síndica acerca de possíveis alterações que tenham sido realizadas, esta relatou apenas reformas e modificações nos apartamentos os quais não têm influência direta nas patologias encontradas na garagem do prédio.

4.1 Descrição geral das manifestações patológicas encontradas

A NBR 6118:1980 [12] descrevia no seu item 6.3.3.1 que para o caso de estruturas em concreto aparente no interior de edifícios o cobrimento mínimo das armaduras deveria ser de 20 mm, independente do meio o qual a estrutura estava inserida. Por outro lado, a norma NBR 6118:2014 [13], em vigor, mostra uma maior preocupação com a durabilidade das estruturas. Esta define um cobrimento mínimo de acordo com a classe de agressividade ambiental, sendo que o menor cobrimento aceitável para ambientes com classe de agressividade ambiental II – região urbana - (CAA II) é de 25 mm para lajes e 30 mm para vigas e pilares.

Foi observado, em vistoria, que o cobrimento nas armaduras foi deficitário, principalmente em algumas lajes e vigas, inferior ao limite de 20 mm definido pela NBR 6118:1980 [12]. Esse fato, aliado ao ambiente ser destinado à garagem com pouca circulação de ar e ter elevada concentração de gás carbônico, favorece à ação da carbonatação no concreto, promovendo a oxidação das armadura e desplacamento do concreto (Figura 2).


Figura 2: Corrosão de armadura com presença de desplacamento

Por existir uma pintura PVA em todos os elementos do subsolo, embora tenha baixa resistência a intempéries, é possível afirmar que esta vem auxiliando, de certa forma, na proteção das armaduras, reduzindo a velocidade da entrada dos gases no concreto e outros agentes agressores. Foi verificado ainda que existem diversos locais no teto da garagem onde há gotejamentos, causado pela deficiência do sistema de impermeabilização das áreas descobertas do térreo. Sendo que, devido à constante passagem de água através do concreto, houve um processo de lixiviação com aparecimento de

concreções calcárias de carbonato de cálcio no teto e piso (Figura 3), que além de trazer um aspecto visual desagradável, colaboram para acelerar o processo de deterioração do concreto, através do aumento da porosidade e diminuição da resistência do mesmo naquelas regiões.



Figura 3: Aparecimento de concreções calcáreas devido a perda de pasta do concreto

Devido à presença constante de umidade próximas às fissuras do concreto e no ambiente da garagem como um todo, auxiliada pela escassa circulação de ar nessas áreas, verificou-se a proliferação de mofo em diversos locais (Figura 4). Esse e outros organismos associados, liberam ácidos orgânicos que contribuem para a agressividade às armaduras das estruturas e, consequentemente, na diminuição da resistência do concreto.

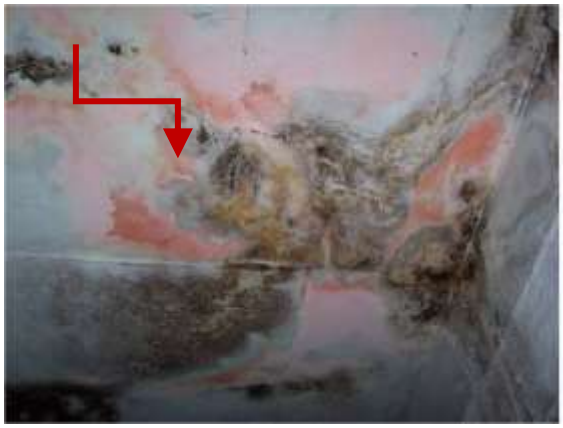


Figura 4: Local com presença de bolores

Nas regiões de existência de tubo de queda de esgoto, observou-se vazamentos que, além de produzir aspecto visual desagradável, promovem a deterioração dos elementos estruturais nas proximidades desses, devido, principalmente, à formação de bolores e ao ataque dos efluentes desses condutores, favorecendo a oxidação das armaduras e desplacamento do concreto (Figura 5).



Figura 5: Vazamento em tubo de queda causando deterioração do concreto e armaduras

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Verificou-se ainda, na junta de dilatação estrutural do prédio, a passagem de água devido à inexistência ou fadiga do material selante, causando degradação do concreto das vigas adjacentes a essa região. Além disso, as juntas de dilatação possuíam deposição de matéria orgânica oriunda principalmente de restos de fôrmas da época da construção, que junto com a constante umidade promoveu substrato adequado para desenvolvimento de musgos e liquens. Foi constatado áreas de corrosão de armaduras em alguns locais na face inferior das vigas, havendo exposição de armaduras longitudinais e transversais (Figura 6). Pelo fato de existir pouco espaço entre os elementos na junta de dilatação, não foi possível verificar o estado de conservação das faces das vigas voltadas para essa região.



Figura 6: Presença de umidade na junta de dilatação com deterioração do concreto e oxidação das armaduras da viga

4.2 Procedimento a adotar

Antes de se executar os trabalhos de recuperação nas estruturas degradas, foi proposto a recomposição do sistema de impermeabilização das áreas abertas do térreo que traziam vazamentos para o subsolo. Além da correção dos vazamentos causados pelos tubos de queda e recuperação da junta de dilatação estrutural do prédio.

Para a recuperação do sistema de impermeabilização foi sugerida a retirada do revestimento cerâmico e camada de impermeabilização degradada. Realizado o nivelamento do piso, deixando caimento das lajes em direção aos ralos com inclinação de pelo menos 1%, antes de colocação de um novo substrato impermeável. Devido ao gradiente térmico diário nessas áreas, sugeriu-se a adoção de sistema de impermeabilização flexível do tipo manta asfáltica assentado sobre uma camada de argamassa com adição de aditivo impermeabilizante como proteção antes da execução de novo revestimento cerâmico.

A espessura do novo revestimento (manta/argamassa/cerâmica), aconselha-se ser a menor possível, como forma de reduzir ao máximo a sobrecarga sobre as lajes do subsolo. Como rotina de preparação das superfícies para o serviço de recuperação, todas as lajes e vigas devem ser lavadas com equipamento de alta pressão e escovação enérgica para retirada de sujidades, mofos e resíduos mal aderidos.

Nas regiões de lajes com presença de fissuras, essas devem apicoadas em formato de ”V” na profundidade de 15 mm e retirada as concreções calcáreas que ainda estejam aderidas. As armaduras que apresentarem processo de corrosão devem ser escovadas para retirar as camadas de óxidos de ferro, receber pintura com inibidor de corrosão e preenchidas com resina epóxi. Como forma de recuperar a monolitidade das lajes, as fissuras devem ser costuradas com o uso de grampos (Figura 7).

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

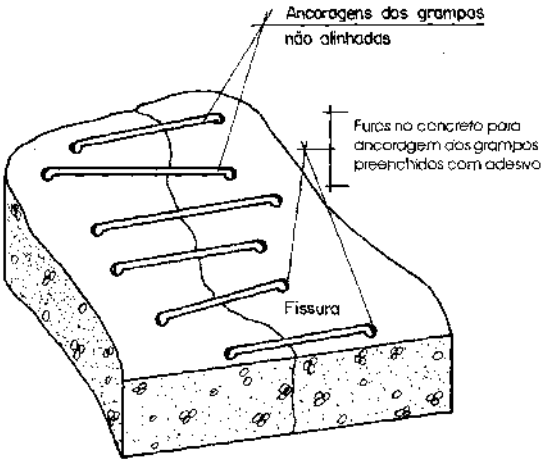


Figura 7: Utilização de grampos na laje [5]

O grampeamento das fissuras das lajes deve ser executado utilizando barras de aço 6,3 mm CA-50 em formato de U com dimensão aproximada de 30 centímetros, sendo ancorada pelo menos 70 mm na laje através de resina epóxi. Sugeriu-se ainda a utilização de adesivo em toda a superfície de contato entre os grampos e lajes para melhor solidarização do conjunto. Salienta-se que os grampos devem ser dispostos de forma não alinhada para evitar uma linha preferencial de tensões de tração, evitando a formação de nova fissura na extremidade dos grampos.

No caso de vigas que apresentavam desplacamento de concreto e corrosão de armaduras, a solução recomendada foi a retirada da porção de concreto mal aderida, lixamento ou escovação das armaduras deterioradas, retirando a camada de óxido, além de realização de pintura com inibidor de corrosão.

A partir da seção íntegra remanescente de aço, foi estimada a área perdida pela corrosão das armaduras. Em regiões com pouca área de aço longitudinal perdida ou corrosão localizada, foi adotada a utilização de barras longitudinais ancoradas em regiões íntegras de concreto, seguindo o mesmo procedimento para grampeamento das lajes. Já locais com maior perda de área de aço, adotou-se a compensação da área de aço perdida utilizando chapas de aço ASTM A-36 de dimensões equivalente a compensação de aço necessária e comprimento suficiente para ancoragem nas regiões íntegras das vigas. A ancoragem proposta para essas barras e chapas foi através de resina epóxi e após proteção com inibidor de corrosão.

Para recuperação de armaduras dos estribos em vigas, a proposta consistiu em realizar a compensação da área de aço perdida através de estribos abertos, conforme metodologia apresentada por Souza [5], dispostos entre os estribos já existentes ancorados na laje pelo menos 10 centímetros com uso de adesivo epóxi (Figura 8).

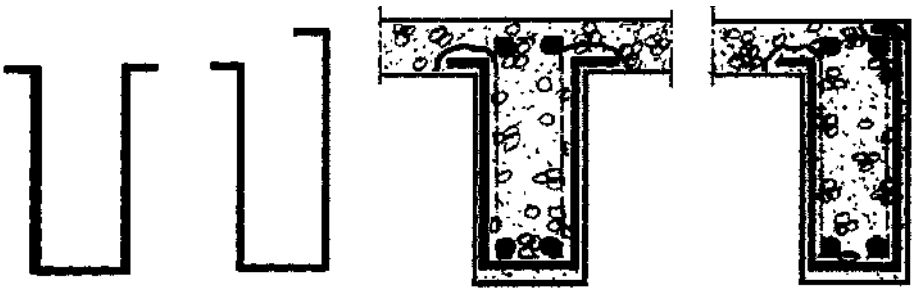


Figura 8: Execução de estribos abertos [5].

A recomposição das seções, após a etapa de retirada dos trechos de concreto degradado e compensação das áreas perdidas de aço nas vigas e lajes, será feita com a utilização de argamassa estrutural polimérica com pelo menos 10 mm de espessura ou graute industrializado, dependendo da espessura a ser recomposta. É sabido que o custo desses tipos de materiais é superior à argamassa estrutural convencional. Entretanto, possuem componentes nas dosagens que minimizam a retração e porosidade, conferindo melhor durabilidade em trabalhos de recuperação estrutural.

5. CONCLUSÕES

Realizou-se um mapeamento das manifestações patológicas existentes em todos elementos estruturais da garagem da edificação em estudo. Verificou-se áreas com infiltrações e vazamentos advindos do térreo e tubulações de esgoto, presença de mofo e lixiviação do concreto com formações de concreções calcáreas, além de desplacamentos de concreto com visível oxidação de armaduras e comprometimento da seção resistente e baixa cobertura das armaduras.

A causa das patologias observadas estavam principalmente associadas à falta de manutenção preventiva do prédio, além de ataque por carbonatação devido ao ambiente e ácidos orgânicos liberados por organismos presentes principalmente no mofo, agravados em alguns pontos pelo baixo cobrimento das armaduras.

Os procedimentos imediatos sugeridos para correção das patologias apontadas foram a recuperação das lajes do térreo, refazendo a impermeabilização das mesmas e reparo das juntas de dilatação estruturais, além do conserto dos vazamentos nos tubos de queda para cessar as infiltrações e gotejamentos que ocorriam na garagem.

A recuperação dos elementos estruturais através da retirada dos trechos de concreto degradado, compensação da área de armadura perdida e recomposição das seções perdidas através de argamassa estrutural polimérica ou graute industrializado recontituirá a segurança e durabilidade da estrutura.

6. BIBLIOGRAFIAS

[1] Neves D. R. R.; Branco, L. A. M. N., “Estratégia de inspeção predial”, Construindo, Belo Horizonte, Jul/Dez 2009, v.1, n°2, pp. 12-19.
[2] Prado, R. M. T. “Inspeção predial”, Monografia (Especialização em Engenharia de Avaliações), Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, FEAMIG, Belo Horizonte, 2007, 14 p.
[3] Saliba Jr. C. C., “Inspeção predial”, Revista Obras OnLine, Belo Horizonte, Fev. 2007, ano 3, n°36, pp. 16-17.
[4] NBR 15575 - *Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais* - Rio de Janeiro, 2013, 71 p.
[5] Souza, V. C. M. S.; Ripper, T. “Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto”, ed. PINI, São Paulo, 1998, 255 p..
[6] Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. “Concreto: estrutura, propriedades e materiais”, São Paulo: PINI, 1997, 573 p.
[7] Souza, K. N. de. “Estudo experimental e probabilístico da vida útil de estruturas de concreto armado situados em ambiente marinho: Influência do grau de saturação do concreto sobre a difusividade de cloretos”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), Universidade de Rio Grande, FURG, Rio Grande, 2005, 190 p.
[8] Vaghetti, M. A. O. “Estudo da corrosão do aço, induzida por carbonatação, em concretos com adições minerais”, Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2005, 264p.
[9] Figueiredo, E. J. P.; Meira, G. R., “Corrosión de armadura de estructuras de hormigón”, Boletín Técnico, *ALCONPAT int.*, México, Mar. 2013, 30 p.
[10] Santos, M. R. G. dos “Deterioração das estruturas de concreto armado - Estudo de caso”, Monografia (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2012, 109p.
[11] Neville, A. M. “Propriedades do concreto”, 5. ed., Porto Alegre: Bookman, 2016, 888 p.
[12] NBR 6118 - *Projeto de estruturas de concreto - Procedimento* - Rio de Janeiro, 1980, 53 p.
[13] NBR 6118 - *Projeto de estruturas de concreto - Procedimento* - Rio de Janeiro, 2014, 238 p.
[14] Cirino, M. A. G. *et al*, “Avaliações de manifestações patológicas do departamento de morfologia da faculdade de medicina da UFC”, CINPAR 2015 (Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas), São Leopoldo, 2015, 12 p.