

UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS: ESTUDO DE CASO

NORTHON ALDROVANDI PAGANELLA JÚNIOR

MARINGÁ – PR

2018

Northon Aldrovandi Paganella Júnior

VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS: ESTUDO DE CASO

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Especialista Anderson Rodrigues.

MARINGÁ – PR

2018

NORTHON ALDROVANDI PAGANELLA JÚNIOR

VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS: ESTUDO DE CASO

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenheiro Civil, sob a orientação do Prof. Especialista Anderson Rodrigues.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Orientador – Especialista Anderson Rodrigues, UniCesumar

Membro – Mestre Judson Ricardo Ribeiro da Silva, UniCesumar

Membro – Mestre Ronan Yuzo Takeda Violin, UniCesumar

Membro – Doutora Sonia Tomie Tanimoto, UniCesumar

VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS: ESTUDO DE CASO

Northon Aldrovandi Paganella Júnior

RESUMO

O presente artigo teve como objetivo realizar o levantamento bibliográfico dos principais tipos patológicos que acometem peças executadas em concreto armado de uma obra na fase de execução situada em Maringá/PR. Trata-se de um estudo de caso que consiste em levantar subsídios por meio de inspeção visual mediante visitas, diagnosticar as patologias com base em suas causas para propor uma conduta e forma de intervenções separadas por grau e necessidade. Este estudo revelou, dentre as manifestações detectadas na fase de execução da obra observada, que o tipo mais recorrente de patologia é a formação de vazios por segregação da mistura do concreto e que essas patologias podem servir de estopim para a formação futura de outras, como a corrosão de armaduras devido à exposição ao tempo. Os resultados apontam que mais importante que tratar as patologias das edificações a fim de assegurar o desempenho e garantir a durabilidade, é poder evitá-las com base nas causas, não se limitando apenas a uma determinada etapa de obra, pois embora há maior ocorrência de patologias no estágio de execução, ainda ocorrem manifestações patológicas em outros estágios da edificação.

Palavras-chave: Concreto Armado. Fenômenos patológicos. Reabilitação.

FEASIBILITY OF RECOVERY FROM PATHOLOGIES: STUDY CASE

ABSTRACT

The present article had the objective of accomplish the bibliographic survey of the main pathological types that affects the executed parts in reinforced concrete of a building in the execution stage located in Maringá/PR. It is a case study that consists of raising allowances through visual inspection with visits, diagnosing the pathologies based on their causes to propose a conduct and form of interventions separated by degree and necessity. This study revealed that the most recurrent type of pathology is the formation of voids by segregation of the concrete mixture and that these pathologies may serve as a trigger for the future formation of others, such as the corrosion of reinforcement due to time exposure. The results shows that, more important to deal with the pathologies of buildings in order to secure performance and to guarantee durability, is to be able avoid them based on the causes, not only for a certain stage of construction, because even though there are a greater occurrence of pathologies in the stage of execution, there are still pathological manifestations in other stages of the building.

Keywords: Pathological phenomenon. Rehabilitation. Reinforced Concrete.

1. INTRODUÇÃO

A patologia contém referências na antiguidade há 4.000 na Mesopotâmia por meio do código de Hamurabi, o qual obriga o construtor que por erro tiver sua obra mal executada e acidentada a obrigação de reconstruí-la, por sua conta. A partir deste fato, nota-se a importância suficiente a fim de evitar patologias em edificações.

A importância da verificação de patologias pelo profissional da engenharia (chamada de manifestações patológicas) é similar ao profissional da saúde: em averiguar o que acomete seus pacientes de modo a tratá-la com base nos sintomas. Caso não seja adotado um procedimento de recuperação da patologia, poderá haver comprometimento da durabilidade e até estabilidade da estrutura.

A ascensão da patologia nos dias de hoje se deve, principalmente, aos cenários político e econômico do país devido à redução de investimentos, falta de verbas e proibição de novas contratações, onde Estado outorga preferência a recuperar obras construídas em oposição a realizar novas obras e demolir as antigas.

Devido a certa ascensão, percebe-se a necessidade de estudar e investigar as patologias com a finalidade de prevenir as manifestações patológicas e/ou minimizá-las em edificações de concreto armado em decorrência da influência direta no desempenho, bem como na vida útil da edificação. Também, partindo deste pressuposto, é entendido que a aplicação de uma técnica corretiva para cada patologia gera um custo adicional.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo explorar as diferenças patológicas e conseqüentemente a aplicação de terapêuticas corretivas em manifestações de um estudo de caso. Para tanto, é levantado bibliograficamente as causas e as soluções relacionadas aos principais tipos patológicos no concreto armado, além de um estudo de caso de avaliação de patologias em uma obra localizada no município de Maringá-Paraná.

2. DESENVOLVIMENTO

Compreende-se patologia do concreto a ciência que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos problemas patológicos encontrados nas estruturas de concreto armado. Estes problemas patológicos são marcados pela presença de uma avaria oriunda de um agente causador. Além disso, pode-se apresentar a causar incômodos para o usuário final da

obra, tais como pequenas infiltrações até grandes problemas, que podem levar a estrutura ao colapso (HELENE, 2003).

A manifestação pode ser notada patológica em fases diferentes: ainda em sua concepção em projeto por meio do mal planejamento ou falha técnica por falta de conhecimento ou negligência, bem como a durante sua execução, por exemplo, o mal lançamento do concreto. Para identificar as causas das patologias do concreto é preciso observar suas manifestações que ocorrem, normalmente, nas partes intrínsecas e extrínsecas da estrutura (TRINDADE, 2015).

2.1 CARACTERIZAÇÃO E ORIGEM DOS FENÔMENOS

Para Velloso e Lopes (2004), os danos, ou seja, manifestações patológicas caracterizam-se em três grupos principais: arquitetônico quando afetam a estética da edificação, como fissuras ou trincas em alvenarias; estrutural, quando os danos atingem a estrutura nomeadamente vigas, pilares e lajes; e funcionais relacionados ao uso de ocupação da construção.

Os agentes causadores, responsáveis pelas manifestações patológicas, apresentam diversas fontes. Souza e Ripper (1998) classificam causas intrínsecas como aquelas em que os processos de deterioração das estruturas são inerentes a elas mesmas, ou seja, as que se originam dos materiais e das peças estruturais, durante as fases de execução ou utilização, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas, inclusive acidentes.

As causas extrínsecas classificadas ainda por Souza e Ripper (1988) são aquelas que ocorrem independentemente da estrutura em si, assim como da composição dos materiais, como concreto e aço e de erros de execução. Em outras palavras, podem ser entendidas como os fatores que atacam a estrutura de fora para dentro durante a concepção e vida útil da estrutura.

2.2 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE

De forma geral, a durabilidade é entendida como parâmetro que relaciona a aplicação das características do material concreto e dos sistemas estruturais a uma determinada construção. Ademais, é importante salientar a relevância da interação entre a edificação e ambiente, além das condições de uso e de manutenção. A vida útil, diretamente ligada à sua durabilidade, é resultante de verificações da resistência do concreto para suportar os efeitos da agressividade do ambiente onde a edificação está inserida.

No entanto, há sequências da vida útil de uma edificação que variam de acordo com a idade da mesma. Conforme Helene (2003) pode-se classificar a vida útil conforme os seguintes tópicos:

- a) Vida útil de projeto: período de tempo até o término do processo de despassivação da armadura, não significando que necessariamente haverá corrosão importante;
- b) Vida útil de serviço: período em que se começa a manifestar os efeitos dos agentes agressivos, desde o aparecimento de manchas na superfície do concreto até o destacamento do cobrimento;
- c) Vida útil última ou total: período de tempo em que a estrutura entra em colapso parcial ou total;
- d) Vida útil residual: período em que, a partir de uma vistoria, a estrutura ainda será capaz de desempenhar as funções para a qual foi projetada.

2.3 DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO

Segundo Helene (2003), uma análise correta do problema é aquela que nos permite definir claramente a origem, as causas, as consequências, a intervenção mais adequada e o método de intervir. Geralmente, os casos, em sua maioria, são diagnosticados visualmente. Entretanto, em outros casos, são difíceis, sendo necessário analisar o projeto, investigar as cargas incidentes à estrutura; verificar execução da obra, fazendo-se necessário uma inspeção. Entretanto, com finalidade de identificar a causa e exemplificar os tipos de inspeção no Fluxograma 1.

2.4 TIPOLOGIA PATOLÓGICA

2.4.1 Fissura, Trinca e Rachadura

Para Helene (2003), a fissura, comumente chamada de trinca ou rachadura, diferencia-se basicamente quanto ao grau de manifestação. Seguindo o pensamento do autor, ainda que nenhuma obra ao longo de sua vida útil esteja livre de fissura, as fissuras são recorrentes em residências.

A importância se dá, de acordo com Thomaz (1989), em decorrência de devido três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura; o comprometimento do desempenho da obra em serviços, tais como estanqueidade de água; e

durabilidade, além do constrangimento psicológico que a fissuração exerce sobre os usuários da edificação.

As fissuras, segundo Piancastelli (1997), são classificadas em ativas, quando a abertura varia de acordo com movimentações hidrotérmicas ou outras, e em passivas, quando apresenta uma abertura constante, sem variações. Em poucas palavras, as ativas são chamadas de aberturas vivas ou instáveis enquanto as passivas (ou inativas) exibem um comportamento estável. Para tanto, é extremamente importante a classificação das mesmas para estudo para aplicação do método corretivo.

As fissuras podem apresentar diversas causas, conforme expõe o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Causas de fissuras

Movimentação Térmica	Varia de acordo com as proporções físicas dos materiais e com a intensidade da variação da temperatura.
Movimentação Higroscópica	Refere-se à umidade resultante da produção dos componentes, da execução da obra, de fenômenos meteorológicos, ou umidade do solo absorvidas por capilaridade ou porosidade.
Atuação de Sobrecargas	Ação de solicitações externas, previstas ou não em projetos aplicados a componentes com ou sem função estrutural.
Deformabilidade excessiva da estrutura	Denominada como deformação acima das flechas máximas aceitáveis ao redor do mundo.
Recalques de fundação	Depende do tipo e do estado do solo, disposição do lençol freático, intensidade da carga, tipo de fundação e sua cota de apoio e dimensões e formato da placa, além da interferência de fundações vizinhas.
Retração de produtos à base de cimento	Ocorre devido à água em excesso em concretos e argamassas adicionado para dar a trabalhabilidade desejada.
Alterações Químicas de materiais	Modificação indesejável nas propriedades químicas de um material que compõe uma edificação em ambientes agressivos ou não.

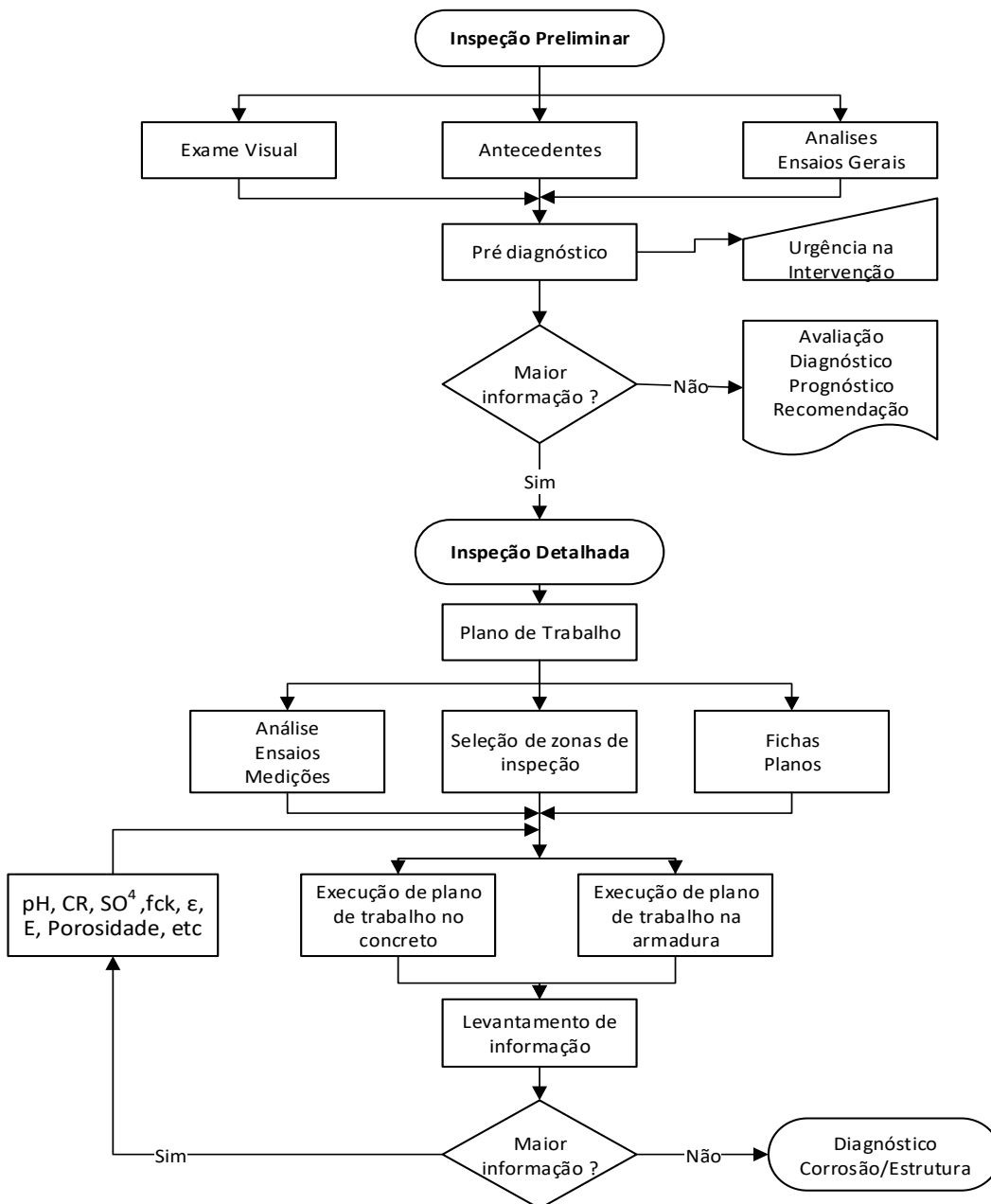
Fonte: Thomaz (1989).

Proposto por Lima (2003), as fissuras possuem um padrão de caracterização, sendo necessário considerar a incidência, a configuração, o comprimento, a abertura e a localização:

- A idade relacionada da fissura e do edifício agredida;
- Se a fissura se aprofunda por toda a espessura do componente afetado;
- Se as lesões semelhantes aparecem em pavimentos contíguos;
- Se as lesões semelhantes aparecem em componentes paralelos ou perpendiculares àquele sob exame;
- Se as lesões semelhantes aparecem em edificações vizinhas;
- Se o aparecimento de fissuras é descontínuo ou se a abertura varia sazonalmente;

- Se a fissura já foi reparada anteriormente;
- Se no entorno da lesão aparecem outras manifestações patológicas, como humidade, eflorescências, descolamentos, manchas de ferrugem, bolor etc.;
- Se na proximidade da lesão existem embutimentos;
- Se existem caixilhos comprimidos;
- Se as lesões se manifestam preferencialmente em alguma das fachadas da edificação;
- Se existem deslocamentos relativos na superfície do componente afetado.

Fluxograma 1 – Tipos de Inspeções



Fonte: Granato (2002).

2.4.1.1 Recuperação da fissura

A partir do pressuposto de um diagnóstico de acordo com o *Building Research Establishment (1978)*, devidamente realizado com as respectivas implicações das trincas ao longo de toda edificação, é iniciada a etapa de reparação das fissuras ainda antes de ter a convicção de que não houve danos às instalações, contraventamento da obra e desaprumos significativos à obra, a princípio.

A eficiência de um reparo, segundo Thomaz (1989), é variável de acordo com a proximidade entre a medida preventiva recomendada e a solução corretiva adotada. Para tanto, quanto maior a proximidade entre elas, maior a eficiência de um reparo de fissura. Ainda segundo o autor, excluindo os casos onde ocorreu corrosão e consequente perda de área resistente de armaduras, a recuperação de elementos em concreto armado deve ser executada da seguinte forma:

- a) Remoção do concreto solto/lascado/desagregado;
- b) Remoção da poeira aderente às barras e à cavidade do concreto com uso de jato de ar ou escova;
- c) Aplicação de tinta anticorrosiva nas barras de aço, como *Zarcão* ou *Wash-primer*;
- d) Após secagem, a injeção de resina epóxi nas barras de aço e na cavidade do concreto;
- e) Utilização de argamassa de cimento e areia (1:2 ou 1:3) seca energicamente socada contra as armaduras e a cavidade do concreto ainda durante o período de secagem da resina epóxi;
- f) Realização de cura úmida da argamassa com aplicação de sacos de estopa umedecidos como exemplo.

2.4.2 Infiltração, mancha, bolor ou mofo e eflorescência

“A infiltração é a patologia mais comum em edificações, ocasionando uma variedade de problemas que afetam inicialmente a estrutura da obra, além de prejuízos financeiros e principalmente afetando a saúde dos ocupantes” (SCHÖNARDIE, 2009, p.10).

Além da infiltração, há também outras manifestações patológicas, como descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Infiltração, mancha, bolor, mofo e eflorescência

Infiltração	Resultante do acúmulo de água em contato com um substrato em grande quantidade. O resultado é o gotejamento da água em excesso por meio deste substrato.
Mancha	Água que fica aderente ao substrato após atravessá-lo.
Bolor ou mofo	Compreendido como uma população de fungos filamentosos sob vários substratos. O termo emboloramento, segundo Allucci et al. (1988), constitui-se em uma “alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, se tornando uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos”.
Eflorescência	Formações salinas em superfícies de paredes trazidas de seu interior pela umidade. Manifesta um aspecto esbranquiçado na superfície.

Fonte: Shirakawa (1995).

2.4.2.1 Recuperação de infiltração, mancha, bolor ou mofo e eflorescência

Segundo Hussein (2013), o mofo ou bolor, que também se manifesta em paredes com excesso de umidade, se proliferam devido à umidade excessiva proveniente da umidade interna da parede adquirida por capilaridade, falta de impermeabilização ou por erro de execução.

Evitar as infiltrações é bem mais simples do que combatê-las. Na maior parte dos casos, ocorre onde há um acúmulo excessivo de água e, então, há a possibilidade de aparecimento de mancha e eflorescências decorrente de infiltrações. Uma das maneiras mais utilizadas para evitar essa umidade indesejada, é a aplicação de impermeabilizantes de acordo com especificações do projeto, dispor de qualidade na somente na mão de obra, mas também nos materiais (FRANCO, 2017).

Enquanto para as eflorescências, Lapa (2008) recomenda a limpeza da área afetada com água pura e, em seguida, a aplicação de uma solução ácida. Após a aplicação, a mancha de eflorescência pode ser exterminada com uma escova de aço e auxílio de água pura para limpeza final. A fim de evitar a reincidência da patologia, é recomendado o emprego de pinturas hidrofugantes.

2.4.3 Concreto desagregado

De acordo com Piancastelli (1997), a desagregação inicia-se, geralmente, com a alteração da coloração do concreto. Em seguida, o concreto desagregado propicia outras

manifestações patológicas, como as fissuras, que proporcionam um canal para infiltração de água, podendo até ocasionar uma corrosão da armadura.

A desagregação do concreto para Lottermann (2013) pode ser provocada por:

- Ataques químicos, como o de sulfatos;
- Reação álcali-agregado;
- Águas puras (águas que evaporam e depois condensam) e as águas com pouco teor de sais (águas de chuva);
- Águas servidas (esgotos e resíduos industriais) em dutos e canais;
- Micro-organismos, fungos e outros, por meio de sua ação direta e suas excreções ácidas;
- Substâncias orgânicas, como gorduras animais, óleos e vinho;
- Produtos altamente alcalinos.

2.4.3.1 Recuperação do concreto desagregado

Para Nunes e Gonçalves (2016), nos locais que possuem desagregações do concreto deve-se realizar um revestimento com graute, que confere uma alta resistência e recuperação de algumas propriedades ligantes da estrutura. Com isso, é feito um novo revestimento mínimo da estrutura.

2.4.4 Concreto segregado ou mal vibrado

Para Arivabene (2015), o concreto, principal componente da construção civil e resultante de alguns componentes como a areia, a pedra (brita) e o cimento e água, quando assertivamente preparado e lançado, torna-se uma mistura homogênea de forma que as pedras estão completamente envoltas de mistura. Por outro lado, quando o concreto não é preparado e lançado corretamente, torna-se uma mistura desagregada, a qual por um erro de vibração ou pela falta dele ocasiona um concreto cheio de vazios tornando o concreto permeável e permitindo, assim, a passagem da água.

Neville (1997) descreve o lançamento e o adensamento como dois processos que ocorrem quase simultaneamente, sendo a qualidade dos mesmos, diretamente ligada à resistência, impermeabilidade e durabilidade do concreto endurecido. Destaca ainda alguns pontos para o sucesso dos processos de adensamento e lançamento do concreto:

- Evitar o arrastamento do concreto;

- Lançar o concreto de maneira uniforme, com camadas de mesmo tamanho, e evitando lançar o mesmo em grandes pilhas e montes;
- A espessura das camadas lançadas deve ser compatível com o equipamento usado para o adensamento;
- Após o lançamento de uma camada de concreto, esta deve ser adensada antes de receber a próxima, de modo a expulsar o ar aprisionado na pasta de concreto.

Segundo Marcelli (2007), apesar da importância mostrada com relação à vibração do concreto, a vibração excessiva pode ainda ser pior que a ausência de vibração, pois há de provocar segregação dos agregados e afloramento superficial da água de hidratação do cimento. Este fato, geralmente, acontece em casos de concreto aparente onde, na tentativa de torná-lo mais liso, o operário vibra além do necessário.

Conforme Ambrósio (2004), as anomalias do concreto segregado são, geralmente, constatadas com mais frequência nas seguintes regiões dos elementos estruturais:

- Junto à base (de pilares, paredes e elementos estruturais verticais);
- Junto à face inferior (de vigas, lajes e elementos estruturais horizontais);
- Em junta de concretagem (elementos estruturais em geral);
- Em junta de dilatação (elementos estruturais em geral);
- Em junção de elementos;
- Concreto segregado geral.

Ainda segundo a mesma autora, o concreto segregado pode ser classificado quanto ao estado que se encontra a superfície como demonstrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação do concreto segregado

Superficial	Apresenta falhas apenas na argamassa superficial sem demonstrar os agregados graúdos.
Média	Exibe grandes falhas na superfície com o aparecimento dos agregados graúdos.
Profunda	Mostra profundas imperfeições na superfície do concreto, com desprendimento do agregado graúdo; ou sem falhas na superfície com argamassa de cobertura promovendo conformação embora ainda apresentando vazios.

Fonte: Ambrósio (2004).

2.4.4.1 Recuperação do concreto segregado ou mal vibrado

Segundo Helene (2003), constata-se a segregação do concreto em zonas chamadas de nichos de concretagem. Estas, por sua vez, além de apresentarem diversos graus, também possuem terapêuticas variadas. A terapêutica, segundo o autor, inicia com a retirada do concreto segregado e limpeza da superfície. Para reparos superficiais, ou seja, de menor grau, é empregada argamassas poliméricas base cimento, base epóxi ou de base poliéster. Para reparos profundos, é utilizado graute base cimento, concreto ou concreto pré-acondicionado.

2.4.5 Corrosão

A corrosão das armaduras pode ser considerada uma das principais manifestações patológicas em vista da utilização cada vez maior do concreto armado. A princípio, as armaduras inseridas no concreto, então, protegidas e, portanto, passivadas contra o risco de corrosão devido ao recobrimento do concreto. No entanto, pode ocorrer associação de patologias no concreto e a armadura perder a proteção do recobrimento. Com base nisso, será abordado a corrosão do concreto e da armadura mais adiante (ROCHA, 2015).

2.4.5.1 Corrosão do Concreto

Para Miotto (2010), a corrosão e a deterioração observada no concreto podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos, biológicos ou químicos como exposto no Quadro 4.

Quadro 4 – Fatores determinantes da corrosão em concreto

Fatores mecânicos	Entre os fatores mecânicos, as vibrações podem ocasionar fissuras no concreto, possibilitando o contato da armadura com o meio corrosivo. Líquidos em movimento, principalmente contendo partículas em suspensão, podem ocasionar erosão no concreto, com seu consequente desgaste. A erosão é mais acentuada quando o fluido em movimento contém partículas em suspensão na forma de sólidos, que funcionam como abrasivos, ou mesmo na forma de vapor, como no caso de cavitação.
Fatores físicos	Podem ocasionar choques térmicos com reflexos na integridade das estruturas. Variações de temperatura entre os diferentes componentes do concreto (pasta de cimento, agregados e armadura), com características térmicas diferentes, podem causar microfissuras na massa de concreto que possibilitam a penetração de agentes agressivos.
Fatores biológicos	Os fatores biológicos, como microrganismos, podem criar meios corrosivos para a massa de concreto e armadura, como aqueles criados

	pelas bactérias oxidantes de enxofre ou de sulfetos, que aceleram a oxidação destas substâncias por ácido sulfúrico.
Fatores químicos	Os fatores químicos estão relacionados com a presença de substâncias químicas nos diferentes, normalmente água, solo e atmosfera. Entre as substâncias químicas mais agressivas devem ser citados os ácidos sulfúrico e clorídrico. Os fatores químicos podem agir na pasta de cimento, no agregado e na armadura de aço-carbono.

Fonte: Gentil (2003).

2.4.5.2 Corrosão da armadura em concreto

A corrosão de armaduras em concreto, conforme frisa Cascudo (1997), é, em suma, um caso específico de corrosão eletroquímica em meio aquoso, em que o eletrólito (concreto) apresenta resistividade mais alta, significativamente, quando comparada aos eletrólitos típicos, em meio aquoso comum, não confinado em uma rede de poros, como é o caso do concreto. Em outras palavras, devido à película passivadora de óxido circundante a armadura, há proteção da armadura por estar inserida em um meio alcalino.

A armadura encontra-se no interior do concreto em meio altamente alcalino, pH em torno de 12.5. Esta alcalinidade provém da fase líquida constituinte dos poros do concreto, a qual, nas primeiras idades, basicamente é uma solução saturada de hidróxido de cálcio – $\text{Ca}(\text{OH})_2$, chamado cimento Portland. Por outro lado, o concreto em idade avançada, permanece um composto alcalino, ao passo que neste caso a solução é composta de hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) originários dos álcalis do cimento (CASCUDO, 1997, p. 39).

O fenômeno de corrosão de armaduras se deve a alguns fatores que agem simultaneamente, sendo necessário analisá-los de uma forma geral. No entanto, os principais fatores podem ser analisados separadamente mesmo tendo ciência de suas interações. Durante o processo de oxidação, manchas podem surgir no concreto devido ao alto índice de saturação, sendo elas não necessariamente no local exato da corrosão interna. Outro sintoma da corrosão de armaduras, segundo Andrade (1992), é a diminuição da seção do aço, que podem causar fissuras no concreto em virtude da perda de elétrons da reação de oxidação.

Segundo Miotto (2010), os danos causados pela corrosão de armadura geralmente são manifestados por fissuras no concreto paralelas à direção da armadura, delimitando e ou desprendendo o recobrimento. Ao produzir-se por efeito da corrosão óxido expansivo, com aumento de volume de aproximadamente oito a dez vezes do volume original, criam-se fortes tensões no concreto, que levam a que este se rompa por tração, apresentando fissuras que seguem as linhas das armaduras principais e, inclusive, dos estribos, se a corrosão foi muito intensa (CÁNOVAS, 1988).

2.4.5.2.1 Recuperação de Corrosões

Para Miotto (2010), a corrosão do concreto provoca deterioração do mesmo, de modo a comprometer a estabilidade e a durabilidade das estruturas. Antes da armadura, em si, apresentar sinais patológicos, é notado uma contaminação e, conseqüente, deterioração do concreto, pois este envolve a armadura. Sendo assim, quanto mais o concreto se mantiver inalterado, mais protegida estará a armadura.

- Terapêutica aplicado ao concreto deteriorado

De acordo com Arivabene (2015), primeiramente, é necessário verificar o grau de comprometimento do concreto para, então, selecionar o método mais adequado. Para casos generalizados que envolvem a deterioração do concreto, é recomendada a remoção de todo o material solto até atingir o concreto seja de forma mecânica ou manual. Em seguida, é efetuada a recomposição da área, podendo ser utilizadas as argamassas de cimento e areia fixada com epóxi, argamassa sintética (epóxi + areia ou quartzo granulada) e argamassa tipo *drypack* de fechamento com injeção de calda de cimento para vazios internos ou, ainda, com a utilização da de resina epóxi pastosa.

- Terapêutica aplicada à armadura

Arivabene (2015) descreve, assim como ao concreto deteriorado, o início da terapêutica com a limpeza do local, embora removendo o concreto que envolve a armadura, fazendo com que o aço fique totalmente descoberto e lavado com uso de jato de Sílica para melhor eficácia. Posteriormente, o concreto removido é substituído por material de consistência plástica (concreto convencional, argamassa ou outro material que não seja elastômero).

Segundo Souza e Ripper (1998), no caso de estruturas recém-construídas, os reparos devem ser feitos imediatamente após a retirada das fôrmas, diminuindo, assim, a possibilidade de existirem grandes diferenças entre as propriedades dos dois concretos. O concreto de reposição deverá ter resistência, no mínimo, igual à do concreto existente na estrutura, possuir granulometria e diâmetro máximo dos agregados compatíveis, além de apresentar uma trabalhabilidade conveniente, podendo ou não ser adicionado aditivos fluidificantes.

3. METODOLOGIA

3.1 OBJETO DA PESQUISA

Edificação residencial multifamiliar em andamento com 2 subsolos e 14 pavimentos (sendo 12 pavimentos destinados a apartamentos e pavimentos de lazer e garagem), localizada na Rua Santos Dumont, N° 1758, na cidade de Maringá-Paraná (Figura 1).

A execução da obra de estudo iniciou-se no ano de 2016 com previsão de término para 2020. Trata-se de um edifício executado em concreto armado moldado in loco e alvenaria convencional com divisórias externas em tijolo cerâmico em pé e divisórias internas em tijolo cerâmico deitado para um melhor desempenho termo acústico.

Figura 1 – Localização da obra de estudo

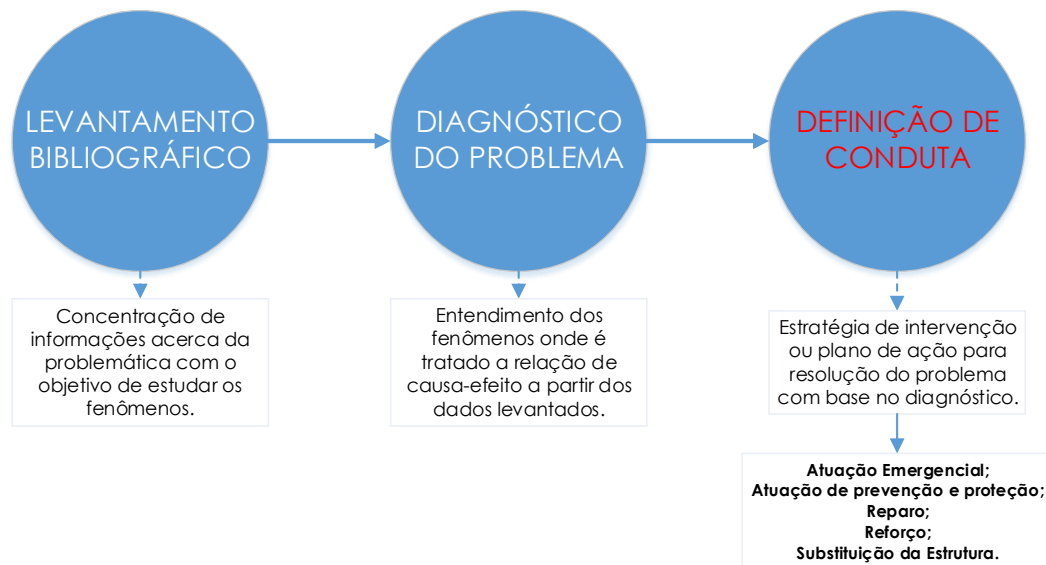


Fonte: Google Maps (2018).

3.2 PROCEDIMENTOS APLICADOS

O procedimento realizado, neste trabalho, baseia-se em Mazer (2012), sendo a primeira etapa o levantamento de subsídios, em que se obtêm as informações necessárias para o diagnóstico, suficientes para o estudo dos fenômenos baseadas em inspeções visuais realizadas no começo do Mês de Novembro/2018. As etapas seguintes são, além do levantamento de subsídios, respectivamente o diagnóstico do problema e a definição de conduta para o problema levantado na pesquisa como exemplificado no Fluxograma 2.

Fluxograma 2 – Etapas do procedimento aplicado



Fonte: Mazer (2012).

- **Levantamento de Subsídios**

De acordo com Carmo (2003), o levantamento de subsídios constitui-se na concentração do maior número de informações necessárias acerca da problemática com o objetivo de estudar e entender os fenômenos patológicos. O processo utiliza os sentidos humanos para entendimento aproximado ou total do problema, de acordo com o número de sintomas identificados.

Ainda assim, o exame pode estender-se além, sendo necessária uma análise mais ampla como um exame de circunvizinhança e troca de informações entre profissionais envolvidos no projeto e planejamento da edificação para alcançar um diagnóstico elaborado com informações suficientes. “A obtenção de informação in situ deve basear-se no princípio do mínimo número de indícios para obter o máximo de informação” (HELENE, 2003, p. 159).

- **Diagnóstico do Problema**

Ainda de acordo com Carmo (2003), o diagnóstico é o entendimento dos fenômenos em que é tratada múltiplas relações de causa e efeito e entendimento dos principais motivos de ocorrência a partir dos dados levantados, sendo assim possível determinar a possível origem a partir do seu efeito.

O diagnóstico exige que a sensibilidade das hipóteses e modelos sejam consideradas a fim de associar cientificamente o efeito à causa da patologia. Em um caso hipotético de informações insuficientes para entender esta relação por fins financeiros, há a possibilidade de

optar pela técnica de definição da estrutura, analisando seu comportamento por meio de técnicas estatísticas englobadas nas técnicas de análise multivariável que definem o estado resultante, por intermédio de operacionalização das variáveis mais significativas (HELENE, 2003).

Ainda segundo Helene (2003), o diagnóstico da manifestação patológica permite estabelecer parâmetros quanto ao estado de conservação do edifício, auxiliando na tomada de decisão quanto ao tipo de intervenção adequada a cada situação que nos deparamos.

- **Definição de Conduta**

Após a coleta e manipulação de dados para a definição do diagnóstico julgado como adequado, têm-se a definição da conduta a ser adotada, estratégia de intervenção ou plano de ação para resolução do problema. A definição da conduta abrange decisões de caráter técnico pelo profissional, como o tipo do material a ser utilizado, mão de obra necessária e equipamentos indispensáveis. O plano de intervenção é elaborado tendo em vista três alternativas: o grau de incerteza sobre os efeitos, a relação custo-benefício e a disponibilidade de tecnologias para a execução do serviço (HELENE, 2003).

Segundo Helene (2003), há cinco alternativas distintas de intervenção que comportam em si diferentes formas de atuação, de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 – Formas de intervenção

Atuação emergencial	Ação de execução rápida que pode ser perigosas no uso do edifício diretamente ligado ao seu desempenho. Geralmente, apresenta caráter provisório a fim de evitar maiores riscos ao usuário durante a realização do diagnóstico ou até mesmo durante a execução do reparo.
Atuação de prevenção e proteção	Intervenção com o objetivo de desacelerar o processo de degradação da estrutura, realizando a manutenção e controle periódico das partes críticas. São eficazes em casos onde a estrutura não se encontra em estado limite de desempenho.
Reparo	Conduta aplicável onde há degradação do componente estrutural com finalidade recuperar o desempenho inicial. Deve levar em conta um diagnóstico completo para determinar a intensidade do trabalho.
Reforço	Prática adotada com intenção de reestruturar a peça de sustentação de forma a recorrer a alternativas para suprir os esforços por meio do aumento da capacidade portante do elemento.
Substituição da estrutura	Procedimento utilizado quando é inviável o uso de reforços e o componente estrutural já não executa seu desempenho inicial e, então, faz-se necessária a substituição por um novo elemento.

Fonte: Helene (2003).

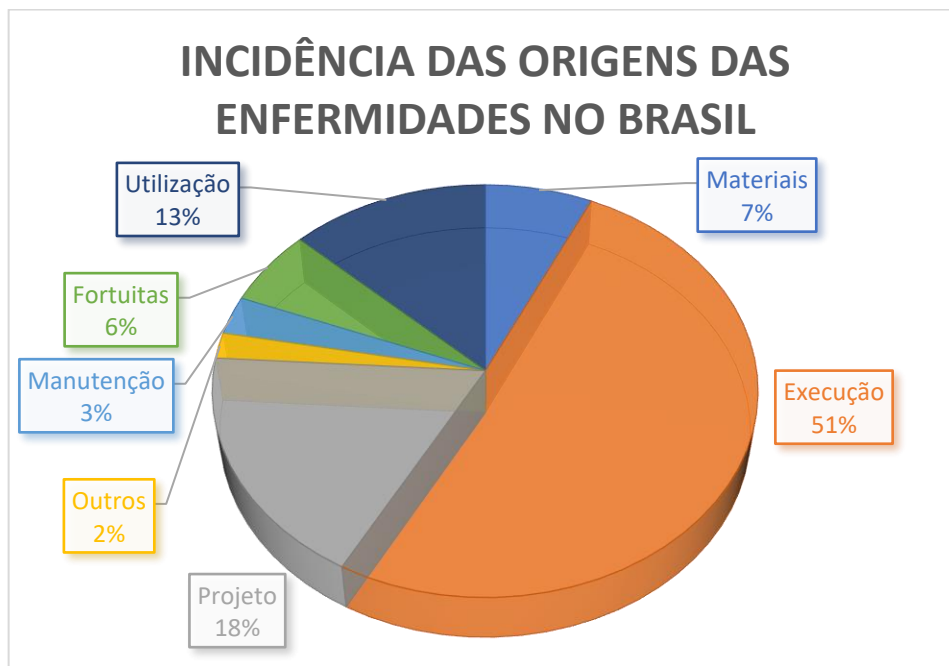
3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

- Equipamento para registro fotográfico;
- Prancheta para anotações;
- Lupa;
- Escada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a Norma de desempenho de edificações habitacionais ABNT 15575 (2013), as obras devem apresentar um desempenho satisfatório dentro de uma vida útil de 50 anos. No entanto, há ocorrências de manifestações patológicas mais cedo do que o estipulado, como se pode observar no Gráfico, que mostra as principais origens de incidências de patologia no Brasil descrito por Silva e Jonov (2011). Tendo como base a necessidade de manter as edificações no desempenho o qual foram projetadas, é de suma importância investigar e diagnosticar as manifestações patológicas e combatê-las.

Gráfico 1 – Incidência das Origens das Enfermidades no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011).

O estudo adotado é de caráter exploratório e investigativo sobre os conceitos e classificações das principais manifestações patológicas, o qual proporcionou uma análise sistemática dos casos. Para o levantamento de subsídios, inicialmente, foi realizada uma vistoria por pavimento da obra com início nos subsolos da edificação, se estendendo até o último pavimento concretado até a data da vistoria. Em seguida, foram registradas na Tabela 1 as manifestações patológicas detectadas na edificação, possibilitando a análise sistemática.

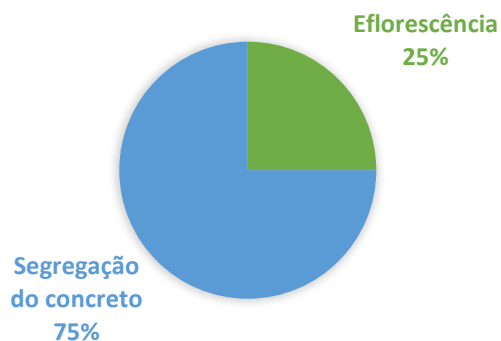
Além da análise sistemática, possibilitada pela elaboração da tabela, também foi possível diagnosticar as patologias separadamente e, conseqüentemente, escolher a conduta necessária, com base nos aspectos específicos de cada uma. Para diagnosticar cada manifestação detectada, foi necessário analisar por forma de manifestação de cada fenômeno e consultar a bibliografia recomendada para determinar a conduta necessária para cada patologia.

A forma de intervenção, no entanto, baseou-se nos princípios de definição de conduta de acordo com Helene (2003): **Atuação Emergencial** para problemas perigosos que demandam ação rápida; **Atuação de Proteção e Prevenção**, visando a manutenção e o controle periódico das partes críticas; **Reparo**, aplicáveis onde há degradação do componente estrutural; **Reforço** quando houver a necessidade de reestruturação da peça de sustentação ou até **Substituição da Estrutura** quando há comprometimento de desempenho da peça.

Portanto, entre os casos analisados, é possível identificar as manifestações patológicas com origem já na fase de execução – a qual esta descrita segundo Silva e Jonov (2011) como de maior ocorrência de enfermidades patológicas no Brasil.

Os resultados obtidos, em sua maioria, classificam-se como vazios de concretagem causados por segregação do concreto durante a execução das peças de concreto armado. Por consequência da armadura exposta pelos vazios de concretagem, houve ação por oxidação das armaduras nas ocorrências. Para finalidade de demonstração, os resultados obtidos estão expostos no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Diagnóstico de manifestações patológicas analisadas



Fonte: Autor (2018).

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento bibliográfico, bem como investigar as manifestações patológicas recorrentes de uma obra no município de Maringá-PR, limitando-se à fase de execução, comprovando, assim, a constatação de Silva e Jonov (2011), os quais descrevem a fase de execução como a principal origem de patologias no setor da construção civil no Brasil.

Os resultados foram coletados por meio de análise visual em vistorias na obra de estudo para o levantamento de subsídios, fase da metodologia adotada. Em seguida, houve o diagnóstico, segundo a literatura recomendada, e, posterior, a adoção da definição de conduta e de soluções práticas para as patologias detectadas, levando em consideração a forma de intervenção.

Nota-se com o presente estudo, portanto, que há uma maior ocorrência de patologias decorrentes de erros de execução das peças em concreto armado. Em sua maioria, foram detectados vazios de concretagem decorrentes da segregação da mistura de concreto. Este resultado mostra a importância de uma boa execução durante a fase de execução das obras e reflete em propostas de minimizar ou até cessar as patologias da fase de execução. Também, além disso, o presente trabalho revela a importância do acompanhamento de um profissional qualificado, o qual deve possuir pleno conhecimento da Engenharia Civil.

Por fim, cabe a salientar que, embora as manifestações patológicas foram limitadas à fase de execução da superestrutura neste trabalho, por ocorrerem com mais frequência nesta fase, segundo Silva e Jonov (2011), também há ocorrências de patologias em outras fases da edificação como desde a fase de projeto e manutenção até a etapa de utilização. Para tanto, as soluções recomendadas para as patologias não devem se limitar apenas a uma determinada fase da obra, mas sim abranger todas as fases como um todo, de modo a assegurar o desempenho e a durabilidade da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSIO, T. S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. 128 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Carmona, Antônio e Helene, Paulo R. L. (Org.). São Paulo: Editora Pini, 1992.

ARIVABENE, A. C. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso. Especialize**, Goiânia, v. 1, n. 10, dez. 2015, 22 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575**: Norma de desempenho. CAU/BR. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Wall cladding defects and their diagnosis**. Garston, 1978 (Digest, 217).

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. Trad. Maria Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. 1. ed. São Paulo: Pini, 1988. 522 p.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto** – inspeção e técnicas eletroquímicas. Goiânia: Editora UFMG, 1997.

CARMO, P. O. Programa de atualização profissional. **Patologia das construções**. Santa Maria: CREA, 2003.

FRANCO, L. S. **Umidade na parede: saiba como evitar e resolver**. São Paulo, 2017. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/umidade-na-parede-saiba-como-evitar-e-resolver_13303_10_0>.

GENTIL, V. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.

GRANATO, J. E. **Patologia das Construções**. São Paulo, 2002. Disponível em <irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>.

HELENE, P. R. L. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2003.

HUSSEIN, J S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão - PR**. 2013. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Coordenação de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 2008. 56 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIMA, R. C. A. et al. O concreto de alto desempenho em temperaturas elevadas. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, 5, 2003, São Paulo. Anais... São Paulo, 2003 (CD Rom).

LOTTERMANN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto: Estudo de caso**. 2013. 66f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras.** São Paulo: Pini, 2007.

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto.** Curitiba, 2012. Disponível em: Acesso em: 27 abr. 2017.

MIOTTO, D. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR.** 2010. 63 p. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** São Paulo: Pini, 1997, p. 220.

NUNES, D. F., GONÇALVES, R. S. **Estudo de caso: Análise de patologias e diagnóstico estrutural em edificação de concreto armado.** 2016. 31f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado.** Minas Gerais: Ed. Depto. Estruturas da UFMG, 1997. 160p.

ROCHA, I. Corrosão em Estruturas de Concreto Armado. **Especialize**, Goiânia, v.1, n. 10, 26 p., dez. 2015.

SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e Tratamento das Manifestações Patológicas por Infiltração em Edificações.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

SHIRAKAWA, Márcia Aiko et al. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente.** In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995. Anais. P.402-10

SILVA A. P., JONOV C. M. P. **Curso de especialização em construção civil.** Departamento de engenharia de materiais e construção. Minas Gerais, 2011. (Notas de Aula).



SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998. 255 p.



THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 1989.

TRINDADE, D. S. **Patologias em estruturas de Concreto Armado.** 2015. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações, Vol 1: Critérios de Projeto – Investigação do subsolo – Fundações superficiais.** São Paulo: Oficina de Tetos, 2004. 225 p.

Tabela 1 – Manifestações patológicas detectadas no estudo de caso

Item	Problema patológico	Localização da manifestação	Manifestações observadas	Diagnóstico	Conduta necessária	Forma de intervenção
1		<p>Manifestação localizada em viga interna do 3º pavimento tipo entre os apartamentos à frente da edificação</p>	<p>Vazio causado pela segregação do concreto e consequente exposição da armadura</p>	<p>Concreto segregado ou mal vibrado junto a face inferior da viga</p>	<p>1) Retirada do concreto segregado e limpeza da superfície; 2) Aplicação de argamassas especiais (polimérica base cimento ou base epóxi).</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Atuação emergencial <input checked="" type="checkbox"/> Atuação de prevenção e proteção <input checked="" type="checkbox"/> Reparo <input type="checkbox"/> Reforço <input type="checkbox"/> Substituição da Estrutura</p>
2		<p>Manifestação localizada em viga de transição localizada no pavimento lazer ao fundo da edificação</p>	<p>Mancha causada por umidade interna da peça</p>	<p>Infiltração e Eflorescência</p>	<p>1) Limpeza da área com água pura; 2) Aplicação de solução ácida; 3) Limpeza da mancha de eflorescência com escova de aço.</p>	<p><input type="checkbox"/> Atuação emergencial <input checked="" type="checkbox"/> Atuação de prevenção e proteção <input checked="" type="checkbox"/> Reparo <input type="checkbox"/> Reforço <input type="checkbox"/> Substituição da Estrutura</p>

Item	Problema patológico	Localização da manifestação	Manifestações observadas	Diagnóstico	Conduta necessária	Forma de intervenção
3		Manifestação localizada no 2º lance de escadas entre o pavimento de lazer até o 1º pavimento tipo	Vazio causado pela segregação do concreto por falha de concretagem e corrosão da armadura por consequência	Corrosão da Armadura	1) Limpeza do local e remoção do concreto que envolve a armadura lesada; 2) Jateamento de Sílica no aço; 3) Substituição do concreto por material plástico (concreto convencional ou argamassa).	<input checked="" type="checkbox"/> Atuação emergencial <input checked="" type="checkbox"/> Atuação de prevenção e proteção <input checked="" type="checkbox"/> Reparo <input type="checkbox"/> Reforço <input type="checkbox"/> Substituição da Estrutura
4		Manifestação localizada em viga interna do 4º pavimento tipo entre os apartamentos aos fundos da edificação	Vazio causado pela segregação do concreto e corrosão da armadura por consequência da exposição da mesma	Corrosão da armadura	1) Limpeza do local e remoção do concreto que envolve a armadura lesada; 2) Jateamento de Sílica no aço; 3) Substituição do concreto por material plástico (concreto convencional ou argamassa).	<input checked="" type="checkbox"/> Atuação emergencial <input checked="" type="checkbox"/> Atuação de prevenção e proteção <input checked="" type="checkbox"/> Reparo <input type="checkbox"/> Reforço <input type="checkbox"/> Substituição da Estrutura

