CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM EDIFÍCIO CORPORATIVO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA NO VALE DO TAQUARI/RS

Pedro Augusto Bastiani Zuchetti

Lajeado, novembro de 2015.

Pedro Augusto Bastiani Zuchetti

PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM EDIFÍCIO CORPORATIVO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA NO VALE DO TAQUARI/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC), do Centro Universitário Univates, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.Sc. João Batista Gravina.

Lajeado, novembro de 2015.

Pedro Augusto Bastiani Zuchetti

PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM EDIFÍCIO CORPORATIVO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA NO VALE DO TAQUARI

Este trabalho foi julgado adequado e aprovado em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador _____
Prof. M. Sc. João Batista Gravina
Centro Universitário Univates.

Banca Examinadora:

Prof. João Batista Gravina, UNIVATES.
Mestre em Administração pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil.

Prof. Rafael Mascolo, UNIVATES.
Mestre em Engenharia Civil pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil.

Prof. Ivandro Carlos Rosa, UNIVATES.
Mestre em Engenharia Civil pela UNIVATES – Lajeado, Brasil.

Lajeado, novembro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais por me ensinarem valores essenciais à vida, como a humildade, a honestidade, e educação, me guiando através das escolhas para sempre seguir pelo caminho correto, por terem me apoiado em minhas decisões e quando estive em dificuldades, esta conquista não é só minha é em parte deles. Queria agradecer aos meus avós, que assim como meus pais também estiveram ao meu lado durante esta jornada, meus tios e primos que com certeza influenciaram em minhas atitudes e decisões, ajudando a moldar meu carácter e personalidade. A minha namorada, que esteve ao meu lado neste último ano, sempre muito compreensiva, estando ao meu lado e auxiliando nos momentos de estudo, a ela todo carinho.

Aos meus colegas de trabalho, pelos ensinamentos, oportunidades e pelo apoio que obtive para desempenhar minhas funções, e também pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho. Gostaria de agradecer também ao meu orientador, professor pelo qual aprendi a respeitar e admirar pelo trabalho realizado na instituição desde o começo do curso de Engenharia Civil da Univates, dedicando seu tempo a este projeto, através de seu conhecimento me auxiliou com muita competência, sempre sendo paciente, ajudando a solucionar minhas dúvidas e a formatar este trabalho de conclusão. Aos demais professores da instituição, que também são responsáveis pela minha formação pessoal e profissional. Aos meus amigos, parceiros de idas e vindas e colegas que acabaram se tornando amigos pela convivência nas salas de aula, guardarei todos comigo em minhas lembranças e espero que no futuro possam se tornar parceiros no mercado de trabalho.

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.

(Ayrton Senna)

RESUMO

A falta de referências normativas e metodologias a serem seguidas quando se trata de patologias da construção civil especificamente na região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul motivou a realização deste trabalho de conclusão de curso, que foi desenvolvido com o objetivo de ser ferramenta útil a profissionais de engenharia, procurando guiar o profissional em estudos de fenômenos patológicos em edificações nesta determinada região do Brasil. A pesquisa traz uma investigação patológica em um edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari – RS, apresentando um diagnóstico da situação e um plano de ações interventivas para os sistemas construtivos mais deteriorados, através do uso da metodologia de análise de patologias citada.
A metodologia abordada faz uso de fluxogramas e organização dos dados coletados em campo e procura inovar e incrementar estes modelos através da catalogação das patologias por meio de relatórios fotográficos, formulação de diagnósticos e planos de intervenção para as manifestações patológicas encontradas.

Palavras-chaves: Engenharia civil, manifestações patológicas, diagnóstico, planos de intervenção.

ABSTRACT

The lack of normative references and methodologies to be followed when it comes to construction conditions specifically in the region of Vale do Taquari, Rio Grande do Sul motivated this course conclusion work, which was developed in order to be useful tool to engineering professionals, seeking to guide the professional studies of pathological phenomena in buildings in this particular region of Brazil. The research brings a pathological investigation in a corporate building of public administration in the Vale do Taquari – RS, with a diagnosis of the situation and a plan of actions for the intervening building systems more deteriorated through the use of the aforementioned pathologies analysis methodology.
The methodology addressed uses flowcharts and organization of data collected in the field and seeks to innovate and enhance these models through the cataloging of diseases by means of photo, diagnostic formulation and intervention plans for the pathological manifestations found.

Keywords: Civil engineering, pathological manifestations, diagnosis, intervention plans.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico tipos de curvas de desempenho.....13
Figura 2 - Gráfico incidência de manifestações patológicas no Rio Grande do Sul 17
Figura 3 - Origem das patologias relacionadas etapas de concepção do edifício.....36
Figura 4 - Fluxograma para resolução de patologias da construção civil.....42
Figura 5 - Etapas da metodologia de análise utilizadas na investigação do edifício 52
Figura 6 - Imagem de satálite do edifício investigado..... 53
Figura 7 - Gráfico percentual de patologias por sistema construtivo da edificação... 57
Figura 8 - Ninho de concretagem em viga do quinto pavimento do edifício..... 61
Figura 9 - Falta do cobrimento mínimo necessário em viga do segundo pavimento 62
Figura 10 - Cadeia de desagregação do concreto por oxidação da armadura.....62
Figura 11 - Fissuras de flexão em viga de concreto armado descimbrada..... 64
Figura 12 - Fissuras no revestimento externo de fachada..... 65
Figura 13 - Fissura causada por falta de contraverga..... 66
Figura 14 - Fissuras das camadas do revestimento do peitoril de sacada externa.. 67
Figura 15 - Desagregação do revestimento de argamassa em parede interna..... 68
Figura 16 - Desagregação de pintura externa do edifício..... 70
Figura 17 - Bolhas e saponificação da pintura externa de laje do edifício..... 70
Figura 18 - Eflorescências na pintura externa em sacada do edifício 71
Figura 19 - Fissura em alvenaria de vedação paralela a laje do primeiro pavimento73
Figura 20 - Fissura inclinada entre laje da platibanda e alvenaria externa.....74
Figura 21 - Fissura inclinada próxima às aberturas das esquadrias..... 75
Figura 22 - Falta de cobrimento mínimo em laje de concreto armado no edifício.... 77
Figura 23 - Falta de cobrimento em pilar do quarto pavimento..... 78
Figura 24 - Manchas de bolor causadas por umidade excessiva..... 80

Figura 25 - Gráfico principais causas das manifestações patológicas do edifício 81
Figura 26 - Etapas para realização de processo de reparo estrutural localizado..... 85
Figura 27 - Processo de reparo localizado em laje de concreto armado.....85
Figura 28 - Laje interna do quarto pavimento, suscetível à umidade por goteiras.... 87
Figura 29 - Vista panorâmica da cobertura do edifício..... 88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual das principais causas de problemas patológicos.. 16
Tabela 2 - Check list inicial para vistoria ao local da obra.. 44
Tabela 3 - Quantitativo total de patologias da edificação por sistema construtivo.... 59
Tabela 4 - Planilha de quantitativo de materiais e orçamento para realização dos reparos na cobertura do edifício..... 89
Tabela 5 - Alternativas de intervenção para os revestimentos de argamassa e pinturas do edifício..... 90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AF – Alto Forno

As min. – Área Mínima de Aço das Armaduras de Tração

B – Base da edificação

C – Graus Celsius

cm - Centímetros

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

ELS-W – Estado Limite de Abertura de Fissuras

Fck – Feature Compression Know (Resistência Característica do Concreto)

H – Altura da edificação

L – Comprimento da viga

mm – Milímetros

MPa – Megapascal

NBR – Norma Brasileira

pH – Potencial Hidrogênico

POZ - Pozolânico

RS – Rio Grande do Sul

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção.

SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil

SPT – Standart Penetration Test

TF – Tonelada Força

TR – Tempo de Retorno

VUP – Vida útil de projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Justificativa da pesquisa 3
1.2 Objetivo da pesquisa 5
1.3 Delimitações da pesquisa 5
1.4 Estrutura da pesquisa 6

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7
2.1 Conceito de patologia das construções 7
2.1.1 O conceito de desempenho 9
2.1.2 Vida útil e durabilidade 11
2.1.3 O conceito de manutenção 12
2.2 Tipos de patologias da construção civil 15
2.2.1 Patologia das estruturas de concreto armado 18
2.2.2 Patologia das fundações 22
2.2.3 Patologia dos revestimentos 27
2.2.4 Patologia das impermeabilizações 29
2.2.5 Patologia das alvenarias 32
2.3 Principais causas dos problemas patológicos 35
2.3.1 Manifestações durante a concepção do projeto 37
2.3.2 Manifestações durante a construção 38
2.3.3 Manifestações durante a utilização 40
2.4 Sintomatologia e procedimento para resolução de patologias 41

2.4.1 Levantamento de subsídios 43
2.4.2 Diagnóstico 45
2.4.3 Definição de conduta 48

3 METODOLOGIA 51
3.1 Projeto 51
3.2 Edificação considerada para a pesquisa 53
3.3 Dados considerados para a pesquisa 54

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS 56
4.1 Detecção de manifestações patológicas em visitas técnicas 56
4.2 Análise dos resultados 56
4.3 Anamnese 58
4.4 Diagnóstico 59
4.4.1 Vigas de concreto armado 60
4.4.2 Revestimentos de argamassa 63
4.4.3 Pinturas 68
4.4.4 Alvenarias de vedação 71
4.4.5 Lajes de concreto armado 76
4.4.6 Pilares de concreto armado 77
4.4.7 Pisos 79
4.5 Alternativas de intervenção e definição de conduta 81

5 CONCLUSÕES 93

REFERÊNCIAS 95

1 INTRODUÇÃO

O homem sempre possuiu a necessidade de ter um abrigo ou alguma espécie de estrutura para se instalar. Estas estruturas normalmente são dirigidas aos mais diversos tipos de atividades e funções a serem desempenhadas pelo ser humano. Um edifício é uma construção com a finalidade de abrigar tais atividades e cada um caracteriza-se pela sua finalidade, podendo ser, habitacional, cultural, de serviços, industrial, entre outros.

O conceito de edificação dita que estas são caracterizadas por casas, prédios, apartamentos, galpões, viadutos, igrejas, ginásios de esportes, fortes, aeroportos, torres de comando, faróis sinalizadores, postos de gasolina, usinas hidroelétricas, usinas nucleares, indústrias, estações de tratamento de água, etc. Enfim, é a forma genérica de se referir a qualquer instalação que como seu propósito final, sirva de abrigo para desempenhar as mais variadas funções do homem.

O processo construtivo de uma edificação segue da seguinte forma: ideia inicial, planejamento prévio, projeto, fabricação dos materiais para uso no canteiro de obras, execução das partes componentes da edificação e uso. Durante tais processos, podem ocorrer falhas ou descuidos dos mais variados tipos, que acabam por gerar vícios e problemas construtivos das etapas previamente citadas. O gerenciamento destes processos e a melhoria constante através do controle de

qualidade e desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas é desafio constante na engenharia civil (HELENE, 2003).

A ciência da patologia das construções pode ser entendida como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, causas e origens dos vícios construtivos que ocorrem na construção de edificações. A partir do estudo das fontes dos vícios, é possível de se evitar que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo comum nas edificações modernas (DO CARMO, 2003).

Podem-se gerar melhorias no processo construtivo através de um controle de qualidade mais criterioso no canteiro de obras, a fim de aperfeiçoar a matéria prima utilizada nas construções e os processos construtivos em si, fazendo assim com que não se torne comum o surgimento de fenômenos patológicos nas edificações. Porém se mesmo assim exista a ocorrência de manifestações patológicas, sua identificação e solução se dão através da aplicação de métodos de análise de problemas. Estes conhecimentos desenvolvem-se basicamente a partir do conhecimento teórico e prático do profissional e pela divulgação e difusão dos métodos empregados no tratamento dos problemas apresentados através da coleta de informações e dados relevantes, onde podem existir pesquisas de aprofundamento dos métodos e tecnologias empregadas durante o processo de resolução do problema (DO CARMO, 2003).

Nos dias atuais, o uso racional das fontes de recursos disponíveis para investimentos na área da construção civil, tanto para edificações novas quanto para manutenções envolve uma análise integrada dos diversos aspectos que ocorrem quando é feita a análise da capacidade de retorno destes investimentos, tal fator não é de exclusividade de construções novas, sendo o tempo de retorno (TR) e a funcionalidade dos reparos realizados nas manifestações de considerável importância à engenharia orçamentária da área de patologia das construções conforme a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2013).

1.1 Justificativa da pesquisa

O objetivo principal do trabalho é mostrar os sinistros e problemas mais comuns na engenharia civil, discutindo suas causas e possíveis soluções, propondo alternativas durante as etapas do processo de concepção de uma edificação, procurando tratar os temas de forma simples, com a finalidade de alertar os profissionais de engenharia civil, abordando de forma sucinta causas e efeitos do mau dimensionamento e falta de planejamento na implantação de edificações com os mais variados fins (MARCELLI, 2007).

As patologias das edificações não acontecem de forma isolada e sem motivo, geralmente têm origem relacionada a algum erro cometido em ao menos uma das fases do processo de concepção de uma edificação, sendo importante o conhecimento da origem do problema e o histórico da construção para que se possa apontar em que fase do processo aconteceu o erro que veio a gerar determinado problema patológico (HELENE, 2003).

Segundo Do Carmo:

> O conhecimento da causa que gerou o problema é importante para que se possa prescrever a terapêutica adequada para o problema em questão, uma vez que se tratarmos os sintomas sem eliminar a causa, o problema tende a se manifestar novamente (DO CARMO, 2003, p. 11).

A adoção de um adequado programa de controle da qualidade minimiza a possibilidade de ocorrência de falhas durante o processo de execução da obra mostrando-se de grande valia para o não surgimento de problemas patológicos. O controle de qualidade deve acontecer durante todas as etapas da construção, não somente na fabricação e usinagem das matérias primas utilizadas no canteiro. Os processos construtivos bem como a utilização de um manual de uso e manutenção da edificação previnem em grande parte o surgimento de manifestações (CBIC, 2013).

Segundo Gnipper e Mikaldo Jr:

> A importância do estudo das patologias construtivas, em particular aquelas relativas aos sistemas prediais em apreço, reside na possibilidade da atuação preventiva, especialmente quando elas têm por causa falhas no processo de produção dos respectivos projetos de engenharia (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007, p. 2).

Em decorrência de fatores como a falta de treinamento e conhecimento teórico dos profissionais atuantes na área, surgiram novas normas avaliativas do padrão de qualidade do produto construção, visando atender os requisitos mínimos para os adquirentes de imóveis, como por exemplo, a norma técnica ABNT NBR 15575/2013 – Desempenho de edificações habitacionais, que visa avaliar o produto oferecido por construtoras perante os padrões mínimos de conforto, estabilidade, vida útil adequada da edificação, segurança estrutural e contra incêndios (CBIC, 2013).

Conforme a Câmara Brasileira da Indústria da Construção:

> Avaliar o desempenho de sistemas construtivos é um avanço para o setor e constitui o caminho para a evolução de todos que compõem a cadeia da construção civil, é preciso somar esforços para melhorar a qualidade das habitações brasileiras, otimizar o uso dos recursos, compatibilizar e, consequentemente, valorizar o projeto (CBIC, 2013, p. 10).

Contudo, nem todos os problemas patológicos se dão por falhas de concepção ou inexistência de programas de controle de qualidade, pode-se dizer que muitas das manifestações ocorrem pelo uso inadequado e falta de manutenção da edificação, para tanto, a criação de normas técnicas auxilia na formatação de documentos como manuais de uso, utilização e manutenção, auxiliando usuários e o público leigo, na realização de manutenção preventiva para não ocorrência de problemas patológicos futuros decorrentes deste fator (DAL MOLIN, 1988).

Ainda cabe citar a existência de fenômenos comuns que se manifestam pelas características sazonais de cada região, ocorrendo conforme o tipo de clima incidente no local onde está inserida a edificação. Observa-se então que para a

região onde o estudo de caso irá ser realizado, existe uma grande incidência de problemas causados por movimentações de origem térmica, provocadas pelas grandes variações diárias de temperatura durante todas as estações do ano (DAL MOLIN, 1988).

1.2 Objetivo da pesquisa

O objetivo principal é a descrição dos problemas patológicos mais comuns em um edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, análise das manifestações patológicas catalogadas através da utilização da metodologia proposta por Lichtenstein, formulação de diagnóstico e proposta de alternativas de intervenção para os principais problemas encontrados.

Como objetivos secundários a pesquisa traz através do estudo de caso da edificação, a definição dos erros comumente cometidos durante todas as fases do seu processo de concepção (planejamento/projeto, execução e uso) que serviram como agentes causadores das manifestações patológicas no edifício. A pesquisa ainda se preocupou com uma proposta de solução para as três manifestações patológicas mais incidentes, catalogadas na edificação, analisando a gravidade dos problemas e formulando planos de ação e intervenção para estas manifestações patológicas.

1.3 Delimitações da pesquisa

Este estudo está limitado a edificações estabelecidas no Vale do Taquari, na cidade de Encantado, não abrangendo a ciência das patologias da construção civil nos demais estados do Brasil ou outros países, porém, os métodos utilizados servem como ferramenta para análises em qualquer lugar onde possam ocorrer patologias nos elementos que compõem uma edificação, levando-se em consideração as variáveis sazonais e referências normativas usadas na concepção da edificação avaliada.

As características da edificação, seu objetivo ocupacional e as técnicas de projeto, execução e uso limitam-se as ferramentas utilizadas na região Sul do Brasil, não podendo ser utilizada como ferramenta de análise em edificações onde a construção civil não faz uso das técnicas e normas vigentes no Rio Grande do Sul, limitando a pesquisa a edifícios que fazem uso de técnicas parecidas ou iguais às normas brasileiras.

1.4 Estrutura da pesquisa

O capítulo 2 desta pesquisa traz uma revisão bibliográfica onde são abordados diversos temas sobre patologias na construção civil, começando pela definição de fatores que afetam diretamente o âmbito de patologias da construção, seguindo pela definição das manifestações patológicas encontradas na edificação objeto de estudo e exemplifica a instrumentação da metodologia de análise de problemas patológicos na engenharia civil.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa é mencionada no capítulo 3, onde é descrito o edifício investigado, sua localização geográfica e finalidade do projeto arquitetônico, bem como as ferramentas e métodos utilizados para obtenção dos objetivos propostos.

O capítulo 4 deste trabalho de conclusão de curso traz a análise dos dados coletados através da organização do quantitativo de manifestações catalogadas no edifício, separados por elemento construtivo a fim de sistematizar a formulação do diagnóstico e direcioná-lo para os elementos que possuem seu desempenho a níveis mais baixos. Após a organização dos dados coletados em campo aplicou-se a metodologia de resolução de problemas mencionada na revisão bibliográfica gerando um diagnóstico dos problemas encontrados em cada elemento construtivo a fim de criar hipóteses de intervenção conforme a gravidade das patologias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de patologia das construções

Desde os primórdios da civilização o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades, com isso a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, o que permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas. Apesar disto e por ainda existirem limitações ao desenvolvimento cientifico e tecnológico, além das inevitáveis falhas involuntárias, têm-se constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, gerando as patologias da construção civil (RIPPER; SOUZA, 1998).

Segundo Nazario e Zancan:

> Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da medicina que estuda as doenças. A palavra patologia tem origem grega de “phatos” que significa sofrimento, doença, e de “logia” que é ciência, estudo. Então, conforme os dicionários existentes pode-se definir a palavra patologia como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças (NAZÁRIO E ZANCAN, 2011, p. 01).

Patologias das construções é a área da engenharia civil que analisa o desempenho insatisfatório de elementos que compõem uma edificação, desempenho este, atualmente regido por normas técnicas, a análise do defeito em

questão é o que trata o ramo de patologias, fazendo uma análise através dos tipos de manifestações, causas e origens, a engenharia utiliza o termo como a área de estudo das origens e mecanismos de ocorrência das diversas falhas que afetam aspectos estruturais e estéticos de uma edificação (CREMONINI, 1988).

As causas de ocorrência dos fenômenos patológicos podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais e usuários que optam pela utilização de materiais fora das especificações ou não realizam a manutenção correta da estrutura, muitas vezes por razões econômicas, dentre outras. (RIPPER; SOUZA, 1998).

Designa-se ainda genericamente por patologia das construções o campo da engenharia civil que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência de falhas, tais fatores trazem à tona a necessidade de uma adequada sistematização dos conhecimentos nesta área, para posterior diagnóstico e geração de planos de intervenção para resolução das manifestações apresentadas. A resolução de um problema patológico envolve um conjunto complexo de procedimentos a serem feitos, a prática profissional usada na análise destes problemas tem sido muitas vezes caracterizada pela falta de uma metodologia cientificamente reconhecida e comprovada prevalecendo em muitas situações a experiência profissional do engenheiro, obtida ao longo dos anos e a utilização de métodos empíricos de análise prévia, tal fator é relevante quando se mostra necessária uma análise pormenorizada e individualizada do problema, quando estes se mostram mais complexos (DO CARMO, 2003).

Na construção civil, os problemas que se manifestam com mais frequência, como por exemplo, fissuras em elementos estruturais e trincas de revestimento, podem ser subdivididos em dois tipos, os problemas designados simples ou complexos. Para problemas de natureza simples, admite-se uma padronização, podendo ser resolvidos sem que o profissional possua conhecimentos muito avançados, já os de natureza complexa, requerem uma análise pormenorizada do problema, sendo necessários conhecimentos avançados sobre o tema em questão, para tais análises cabe o uso de ferramentas de análise de problemas, pra auxiliar o profissional no diagnóstico da situação (RIPPER; SOUZA, 1998).

O estudo das patologias nas construções é de grande importância na busca de qualidade dos processos construtivos e na melhoria da habitabilidade e durabilidade das edificações. Para evitarmos o surgimento de manifestações patológicas, é necessário fazer um estudo detalhado das origens para melhor entendimento do fenômeno e auxiliar nas decisões de definição de conduta e planos de ação contra os problemas (NAZARIO; ZANCAN, 2011).

2.1.1 O conceito de desempenho

O conceito de desempenho é voltado para a produção de edifícios e componentes que atendam determinadas exigências durante suas vidas úteis. Durante o processo de construção, para que sejam satisfeitas as exigências e as normas técnicas vigentes, são determinadas incumbências a cada profissional envolvido no empreendimento, segundo a norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013) cabe ao incorporador contratar os profissionais e serviços que possam prover as informações necessárias que podem ou não trazer riscos à elaboração e entrega do produto final, como exemplos, pode-se citar a presença de aterro sanitário na área edificável do lote, presença de agentes agressivos no solo e demais passivos de natureza ambiental bem como agentes que podem manifestar-se durante as diversas fases da vida da edificação (THOMAZ, 1989).

Conforme Cremonini:

> [...] o conceito de desempenho é antes de tudo o processo de pensar e trabalhar em termos de fins ao invés de meios, o que não significa que os meios são desconsiderados, mas que sua consideração ocorre através dos fins alcançados (CREMONINI, 1988, p. 18).

As edificações devem satisfazer condições mínimas de aspectos de habitabilidade, manutenibilidade e uso, normalmente expressas através de padrões ou critérios estabelecidos pela norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013) estas condições são regulamentadas e descrevem as condições que devem ser atendidas pelos materiais e componentes das edificações. A qualidade na construção civil pode ser abordada por várias vertentes, através de análises comparativas entre

diferentes métodos construtivos nas mais variadas etapas do processo de construção, referindo-se a etapas básicas de concepção do edifício, projeto, execução e uso do produto final (CBIC, 2013).

Designa-se então por desempenho, o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, este poderá variar de um local para outro e de um usuário para outro, variando em função das condições de exposição e do desenvolvimento do trabalho nas etapas de projeto, construção e manutenção, o desempenho irá acontecer conforme as condições de exposição dos elementos que compõem a edificação, tal exposição é tida como o conjunto de ações atuantes sobre a edificação, incluindo cargas gravitacionais, ações externas e ações resultantes da ocupação (THOMAZ, 1989).

Conforme Gnipper e Mikaldo Jr:

> [...] o requisito de desempenho é a formulação qualitativa das propriedades a serem alcançadas pelo edifício, ou por suas partes, de maneira a atender determinadas necessidades do usuário. Os requisitos de desempenho são relativos ao uso propriamente dito da edificação, à resistência que esta deverá oferecer aos desgastes que sobre ela atuam e às consequências que ela produzirá sobre o meio ambiente (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007, p. 02)

O conceito de desempenho mostra-se uma ferramenta útil aos projetistas, que ao optarem por determinadas soluções terão uma ideia do que esperar da estrutura projetada, sendo que atualmente os órgãos fiscalizadores e as normas técnicas vigentes são criteriosos sobre o padrão de qualidade e os níveis de desempenho apresentados pelos produtos comercializados (CREMONINI, 1988).

Pode-se dizer ainda, que no que tange o desempenho de edificações, que se em certo momento da vida útil de determinado elemento este apresentar desempenho insatisfatório, não significa que ele esteja necessariamente condenado. A avaliação desta situação talvez seja o objetivo maior da patologia das construções, tendo em vista que este é o momento que requer intervenção técnica,

de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura, postergando sua vida útil (RIPPER; SOUZA, 1998).

Normalmente os problemas patológicos estão relacionados à queda de desempenho das edificações, esta queda está diretamente relacionada com os danos e vícios construtivos que aparecem na edificação ao decorrer do tempo (DO CARMO, 2003).

Para que o surgimento dos problemas patológicos não se torne comum nas edificações já finalizadas e em processo de uso, o usuário deverá fazer uso adequado da edificação, obedecendo às exigências feitas pelos projetistas e incorporadores e realizando as manutenções preventivas e corretivas de acordo com o manual de uso, operação e manutenção formatado, redigido conforme a norma técnica ABNT NBR 14037/2013 – Manual de uso, operação e manutenção das edificações, efetuando registros documentados das manutenções de acordo com a norma técnica ABNT NBR 5674/1999 – Manutenção de edificações – Procedimento (CBIC, 2013).

2.1.2 Vida útil e durabilidade

A concepção de uma construção durável é decorrente de um conjunto de decisões e procedimentos adotados nas fases preliminares do projeto, levados em conta desde o planejamento inicial, tais decisões são as que garantem à estrutura e aos materiais um desempenho satisfatório durante sua vida útil, parâmetros que definem um adequado sistema de qualidade e produção são os mesmos que definem a durabilidade do edifício (RIPPER; SOUZA, 1998).

A modelização do mecanismo de estudo da durabilidade passa pela avaliação e compatibilização entre a agressão ambiental e a qualidade da matéria-prima e do processo adotado durante a execução do elemento em questão, tais critérios são relacionados e analisados nas normas técnicas vigentes durante as fases de concepção, execução e uso da estrutura (ZARCAR, 2007).

Caso haja a ocorrência de algum problema, fazendo com que o desempenho da estrutura venha a se tornar insatisfatório, deve-se fazer uma análise para auxiliar na tomada de decisões, sempre se adotando a opção mais conveniente e respeitando os pontos de vista técnicos, econômicos e socioambientais. (RIPPER; SOUZA, 1998).

O termo durabilidade expressa o período esperado de tempo em que um produto tem potencial de cumprir as funções a que foi destinado, num patamar de desempenho igual ou superior àquele pré-definido, para tanto, há necessidade de correta utilização, bem como realização de manutenções periódicas em estrita obediência às recomendações do fornecedor do produto, sendo que as manutenções devem recuperar parcialmente a perda de desempenho resultante da degradação. Diz-se então, que durabilidade é a capacidade da edificação de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso e manutenção previamente especificadas (CBIC, 2013).

2.1.3 O conceito de manutenção

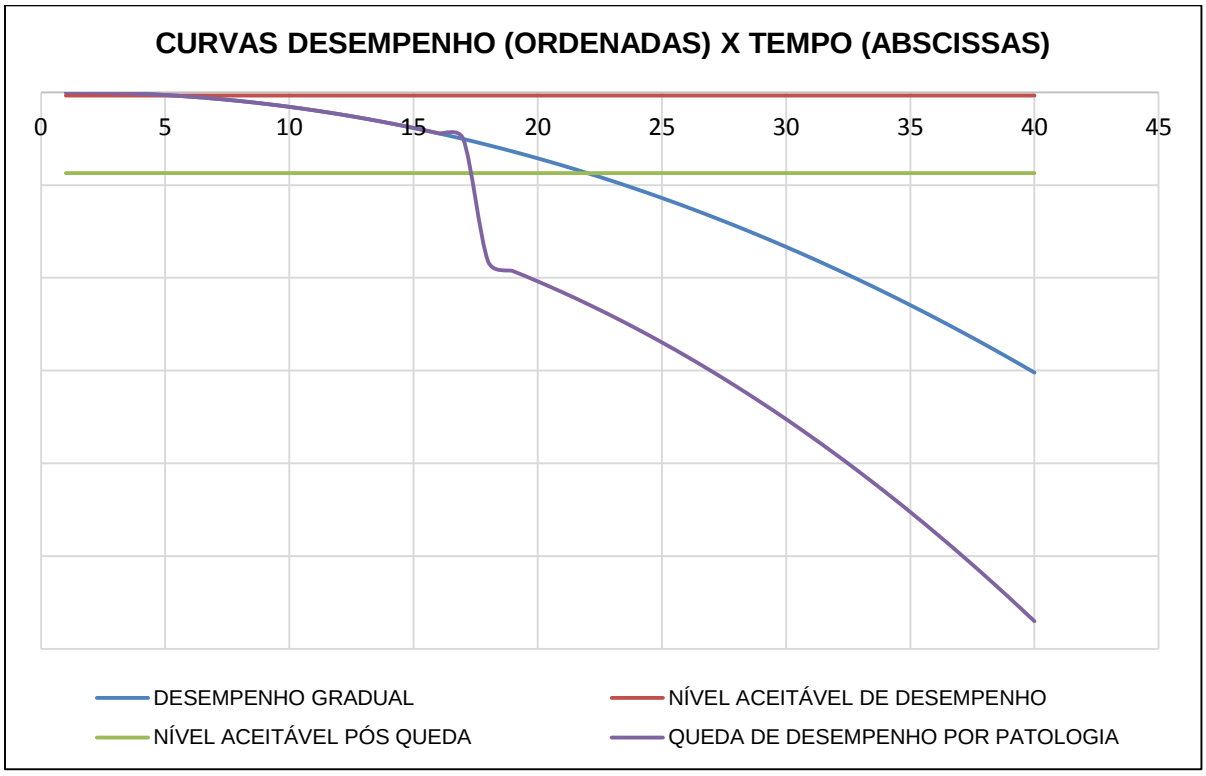
Entende-se por manutenção, o conjunto de atividades necessárias à garantia do desempenho atendendo a níveis satisfatórios, ou seja, é o conjunto de rotinas que tem por finalidade o prolongamento da vida útil do projeto, a um custo o mais compensador possível. A manutenção de estruturas é tida como um dos processos que compõem a construção de uma edificação, tão importante quanto à execução do mesmo, para contribuir com o não surgimento de patologias (RIPPER; SOUZA, 1998).

As edificações modernas são compostas pelos mais variados materiais, cada componente que constitui um sistema reage de maneira diferente quando exposto as condicionantes do ambiente, visto isso, se pode concluir que os níveis de desempenho de determinados componentes da edificação tendem a decair conforme as reações físicas e químicas atuantes sobre o material em questão conforme exemplificado na Figura 1(CREMONINI, 1988).

Cremonini destaca que:

> [...] as edificações são constituídas por diversos tipos de materiais e componentes, os quais sofrem um processo de degradação quando em contato com o meio. Este processo leva a uma perda de desempenho da edificação até que se atinja um nível mínimo, a partir do qual se caracteriza um defeito [...] o processo de degradação de um componente pode ser estimado através de curvas de desempenho no tempo. O conhecimento destas curvas permite fazer uma programação de atividades e desenvolver sistemas de manutenção (CREMONINI, 1988, p. 23-24).

Figura 1 – Tipos de curvas de desempenho.



Fonte: Adaptado pelo autor de Cremonini (1988, p. 24)

A curva roxa mostra o caso de uma edificação que sofreu uma perda repentina de desempenho causada por algum fator externo não previsto durante as fases de projeto e execução da edificação, como a desagregação do concreto e corrosão de armaduras. A curva azul é o exemplo de desempenho de uma edificação que apresenta queda desde sua concepção, fator causado por falhas de projeto ou má execução em algum processo construtivo. Nota-se que conforme a

curva apresentada o nível mínimo de desempenho é diferente, sendo menor quando os problemas possuem causas externas (CREMONINI, 1988).

A manutenção de edifícios é feita através de operações de limpeza, substituição de componentes com vida útil limitada, retificação de defeitos formados durante as etapas da construção e atividades realizadas com intuito de restaurar os componentes da edificação devolvendo-lhes as características iniciais de desempenho (CREMONINI, 1988; CBIC, 2013).

Não se pode acarretar o surgimento de todos os problemas patológicos à falta de manutenção ou de condutas adequadas pelos usuários, o surgimento de problemas patológicos se dá por uma combinação de erros em todas as fases de concepção da edificação, da eficiência da estrutura, dos métodos construtivos, das condições de agressividade do meio, porém há uma parcela de culpa dos usuários pela falta de manutenção à edificação (CBIC, 2013).

Santos Filho, Sposto e Melo enfatizam que:

> “A vida útil de projeto (VUP) da edificação só poderá ser atingida no caso do seu uso correto e adoção de eficientes processos de manutenção, obedecendo fielmente o que estiver estipulado no Manual de Uso, operação e manutenção da edificação (NBR 15575: ABNT 2013). Quando não há manutenção adequada, a edificação passa por um processo de envelhecimento precoce comprometendo diversos fatores de caráter estético, social e econômico, além da perda do desempenho e riscos ao seu usuário (SANTOS FILHO, SPOSTO E MELO 2014, p. 2).

Conforme estabelecido pela norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013) todos os componentes, elementos e sistemas da edificação devem manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto, para tal, a formatação do manual de uso, operação e manutenção, mostra-se essencial para auxiliar na manutenibilidade do edifício em questão. É necessário que sejam procedidas intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos respectivos fornecedores no ato de compra e venda da unidade. Devem ser realizadas manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenção corretiva realizada assim que algum problema se manifestar, além de impedir que pequenas falhas progridam, às vezes rapidamente,

para patologias maiores. As manutenções devem ser realizadas em obediência ao manual de uso, operação e manutenção fornecido pelo incorporador ou pela construtora (CBIC, 2013).

O proprietário é figura importante ao exigir qualidade na execução dos reparos, exigindo obediência aos padrões pré-definidos, as manutenções preventivas ou corretivas devem ser realizadas conforme manda o manual, que foi elaborado levando em conta todos os aspectos da norma. Os manuais deverão ser pormenorizados pelo profissional, apresentando estruturação e conteúdo de fácil assimilação, levando em conta fatores como memorial descritivo, garantias e assistência técnica, limpeza e uso do imóvel e manutenção propriamente dita (THOMAZ, 1989).

2.2 Tipos de patologias da construção civil

As edificações estão sujeitas a perda de desempenho durante sua vida útil de projeto (VUP), tal processo pode avançar de forma natural ou ser acelerado por diversas razões externas de origem em qualquer uma das etapas do processo construtivo, dentre as mais variadas formas de manifestações patológicas (CREMONINI, 1988).

Para haver entendimento de fenômenos patológicos que ocorrem em uma edificação, normalmente se busca a origem do problema exposto, uma relação de causa e efeito que possa ter gerado tal manifestação. Os problemas patológicos normalmente têm origem em algum erro ou falha cometida em ao menos uma das fases do projeto, as fases onde podem acontecer as causas que têm como efeito possíveis defeitos futuros, são: planejamento, projeto, fabricação das matérias primas, execução e uso, porém, das etapas previamente listadas, algumas são mais contundentes quando se aborda o surgimento de patologias, podendo ressaltar as fases de execução, controle de materiais e uso (HELENE, 2003).

Uma classificação das principais causas de ocorrência de problemas patológicos, em função do tipo de falha cometida é apresentada na Tabela 1 disposta a seguir:

Tabela 1 – Percentual das principais causas de patologias na construção civil.

TIPOLOGIA	**PERCENTUAL (%)**
Causas diversas	1,6%
Disposições defeituosas	2,5%
Erros de concepção	3,5%
Fenômenos químicos	4,0%
Erros nas hipóteses de cálculo e uso dos materiais	8,5%
Falhas de execução	16,5%
Deformações excessivas e sobrecargas	19,7%
Falhas resultantes de variações dimensionais	43,7%

Fonte: Adaptado pelo autor de Do Carmo (2003, p. 06).

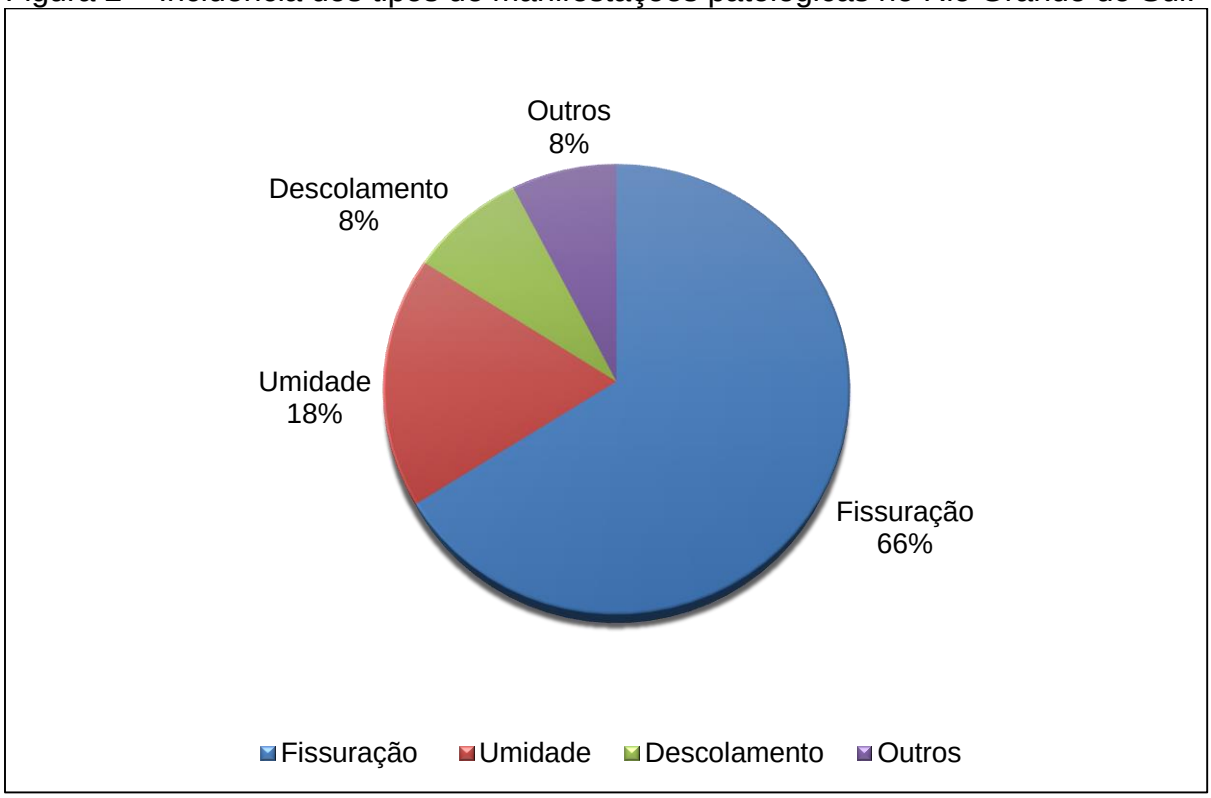
Ainda podem-se citar como principais agentes causadores de patologias de origem endógena na construção civil, ou seja, originadas por fatores inerentes à própria edificação, falhas decorrentes de projetos 36% a 49%, falhas de execução 19% a 30%, falhas de componentes 11% a 25% e de utilização 9% a 11% (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007).

A fissuração dos elementos que compõem a edificação é um dos tipos de problemas patológicos mais comuns e que mais chamam a atenção dos usuários pelo impacto visual e psicológico. Alguns fatores geradores de fissuração conhecidos, como a retração, variação de temperatura e a agressividade do meio ambiente juntamente com o sentido e ângulo em que a falha se apresenta na superfície da edificação, apontam o tipo de sobrecarga de tração ou compressão da estrutura, auxiliando no entendimento de causa e efeito destas manifestações patológicas (VITÓRIO, 2003).

Quantificar a incidência de problemas patológicos em determinadas regiões e sintetizar as informações obtidas, é um trabalho que requer uma pesquisa

aprofundada e análise dos dados coletados pormenorizada. Para resumir o aparecimento de manifestações patológicas, e condensar o levantamento em dados palpáveis, pode-se citar um estudo realizado por Dal Molin em edificações inseridas no estado do Rio Grande do Sul, as conclusões deste levantamento indicaram que a maior incidência de patologias na região sul do Brasil, está relacionada à fissuração de elementos estruturais e de vedação da estrutura bem como a umidade causadora de falhas na impermeabilização, o levantamento de defeitos mais comuns, pode ser analisado na Figura 2 (DAL MOLIN, 1988).

Figura 2 – Incidência dos tipos de manifestações patológicas no Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado pelo autor de Dal Molin (1988, p. 127).

Cada edifício possui uma resistência característica a ação de cada um dos agentes agressivos. A edificação pode ser imune contra alguns agentes agressivos de baixa intensidade, mas não imune a agentes agressivos de alta intensidade, tais agentes estão diretamente relacionados com as condições climáticas e variáveis sazonais da região onde a edificação se encontra podendo ser altos ou baixos. Como exemplo, se podem citar fissuras decorrentes de expansão térmica das armaduras, comumente vistas em nossa região, onde as variações de temperatura durante o ano podem variar entre 30º e 35º C (DAL MOLIN, 1988).

2.2.1 Patologia das estruturas de concreto armado

O concreto armado foi considerado durante muitos anos um material perene, que não necessitava de cuidados ao longo de sua vida, dispensando a manutenção. Recentemente este conceito passou a ser revisto, levando em consideração a grande quantidade de edificações com problemas de degradação em componentes estruturais (HELENE, 2003).

Lapa afirma que:

> Os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos [...] Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação (LAPA, 2008, p. 9).

A combinação destes fatores faz com que os componentes estruturais se desgastem ao longo do tempo, tais processos de degradação dependem do meio no qual o concreto armado está inserido (LAPA, 2008).

Conforme Thomaz:

> A atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Estas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode também estar ocorrendo a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista. (THOMAZ, 1889, p. 45).

Sobrecargas previstas ou não, podem provocar trincas em estruturas de concreto armado, sem que isso implique necessariamente em ruptura ou instabilidade da estrutura, a ocorrência de fissuras num determinado componente estrutural produz uma redistribuição de tensões ao longo do componente fissurado e até mesmo nos componentes vizinhos de maneira que a solicitação externa

geralmente acaba sendo absorvida de forma globalizada pela estrutura ou parte dela (THOMAZ, 1989).

Para evitar que o concreto seja fissurado, tendo uma ruptura brusca do concreto tracionado, devido a um excesso de carga, torna-se necessária uma armadura de tração As'min que seja suficientemente capaz de assegurar à viga uma resistência à flexão, com o concreto já fissurado, pelo menos igual àquela que possuía no concreto sem fissuras (CUNHA, 2011).

As manifestações de problemas patológicos estruturais podem ser de alta complexidade, porém, uma análise detalhada do quadro de fissuração das peças estruturais de edificação auxilia na definição da magnitude do problema, Vitório (2003) traz uma definição do grau de fissuração em edificações dividindo-as em ativas e passivas:

> Os problemas patológicos nas estruturas de concreto geralmente se manifestam de forma bem característica, permitindo assim que um profissional experiente possa deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos envolvidos, bem como as prováveis consequências [...] Um dos sintomas mais comuns é o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas.
>
> **-** [...] Fissura é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm [...]
>
> **-** [...] Trinca é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm [...]
>
> **-** [...] Rachadura é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se "ver" através dela e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm [...]
>
> **-** [...] Fenda é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, com espessura superior a 1,5mm (VITÓRIO, 2003, p. 25).

De acordo com o item 13.4 da norma técnica ABNT NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, o estado limite de abertura de fissuras

(ELS-W) é aquele em que surge a primeira fissura na peça de concreto armado. Admite-se que esse estado é atingido quando a tensão de tração máxima na seção transversal for igual à resistência de tração do concreto na flexão (CUNHA, 2011).

Para estruturas de concreto armado, os componentes são em geral dimensionados prevendo a fissuração na parte tracionada da estrutura, onde se busca somente estética, deformabilidade e durabilidade da peça. A formação de fissuras normais à armadura longitudinal poderá ser calculada com as seguintes hipóteses: a deformação de ruptura do concreto, a flexão no diagrama de tensões de compressão, as seções transversais planas permanecem planas, deverá ser levado em conta sempre o efeito de contração (THOMAZ, 1989).

Pode-se citar também, a ocorrência de fissuras por dimensionamento inadequado e sobrecarga das estruturas, quando não há conhecimento técnico ou especificações em manuais de uso e manutenção de que variações bruscas no carregamento do elemento estrutural, podem vir a causar manifestações patológicas nas peças (DO CARMO, 2003).

Levando-se em conta as tensões de serviço, os módulos de deformação longitudinal do aço e do concreto, o coeficiente de conformação superficial das barras de aço e diversas outras características geométricas (diâmetro das barras tracionadas, cobrimento da armadura, taxa geométrica da armadura etc.) foram desenvolvidas diversas teorias com a finalidade de se prever o espaçamento médio entre fissuras e suas aberturas mais prováveis em componentes de concreto armado submetidos à flexão ou tração pura. Essas formulações teóricas, associadas a coeficientes empiricamente determinados e a fatores probabilísticos, conduzem a estimativas bastante precisas do nível de fissuramento das peças (ELS-W) não comprometendo o desempenho da estrutura de concreto dimensionada para a edificação (THOMAZ, 1989).

Segundo a norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013) perante as diversas condições de exposição, peso próprio, sobrecargas de utilização, ação do vento e outras, a estrutura deve atender, durante a vida útil de projeto, aos seguintes requisitos:

- Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal requisito atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta norma;
- Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuras de vedações e acabamentos;
- Não prejudicar a manobra normal de partes móveis, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento anormal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais (CBIC, 2013).

No Brasil, dentre as manifestações patológicas mais comuns, a fissuração e corrosão de peças estruturais de concreto armado, é responsável por cerca de 20% do total de manifestações. Na região sul do país, a ocorrência de fissuração em elementos estruturais é responsável por números da ordem de 70%, porém o percentual de ocorrência não se volta à corrosão das armaduras, as fissuras que se manifestam nesta região, são decorrência particular da variação de temperatura, que provoca uma mudança volumétrica nas estruturas de concreto. Se as contrações e expansões são restringidas, e as tensões de tração resultantes forem maiores que a resistência do concreto, poderão ocorrer fissuras (HELENE*,* 2003).

Variações bruscas de temperatura provocam danos sobre as estruturas, uma vez que a temperatura da superfície se ajusta rapidamente, enquanto a do interior se ajusta lentamente. Os efeitos são destacamentos do concreto causados pelos choques térmicos e fissuras de pequena ordem, que não alteram a capacidade de suporte nem trazem maiores riscos à estabilidade da estrutura, porém se não tratadas adequadamente, podem agravar-se ao passar do tempo (LAPA, 2008).

Segundo Thomaz:

> Todos os materiais empregados nas construções estão sujeitos a dilatações com o aumento da temperatura, e a retrações com a sua diminuição. A intensidade desta variação dimensional, para uma dada variação de temperatura, varia de material para material [...] a amplitude e a taxa de

> variação da temperatura de um componente exposto à radiação solar depende de diversos fatores (THOMAZ, 1989, p. 20).

Os fatores que atuam diretamente nos níveis de radiação solar incidente nas peças estruturais são: a capacidade de absorbância e emitância da superfície, condutância térmica superficial, calor específico, massa específica aparente, coeficiente de condutibilidade térmica dentre outros (THOMAZ, 1989).

Quando os danos não são muito graves, o levantamento dos sintomas é capaz de demonstrar a inexistência de riscos à estabilidade da estrutura, porém, quando os danos são mais intensos, pode ser necessária a verificação do cálculo da estrutura, sendo conveniente um estudo detalhado da geometria dos elementos, espessura e posição da armadura nas peças de concreto. Caso não haja entendimento dos níveis de deterioração da estrutura utiliza-se de exames laboratoriais, como ensaios não destrutivos, pacometria, escleometria, ultrassom, entre outros, bem como, os semidestrutivos, como corpo de prova, microscopia, extração de amostras, ensaios de carbonatação e teor de cloretos, estes ensaios são ferramentas acessíveis e que podem auxiliar no entendimento do problema quando necessário (SANTUCCI, 2015).

2.2.2 Patologia das fundações

A escolha de uma fundação adequada, bem como a sua execução correta conforme as normas técnicas vigentes são os fatores que irão garantir a estabilidade da edificação ao longo de sua vida útil. Pode-se dizer que se executadas conforme os padrões mínimos exigidos a partir de investigações geotécnicas, as fundações das edificações não acarretaram no surgimento de maiores problemas de desempenho estrutural do edifício. Em contrapartida, se as mesmas forem executadas erroneamente e sem sondagens de reconhecimento do tipo de solo em que será instalada a edificação, os problemas decorrentes da má execução das fundações podem ser inúmeros (MARCELLI, 2007).

A escolha correta do tipo de fundação é fundamental para garantir vida longa e estabilidade para uma edificação, um bom alicerce é indispensável para a

execução de qualquer obra, e quando diz respeito ao não surgimento de problemas na edificação, a fundação é extremamente importante para garantir níveis de desempenho satisfatórios (MARCELLI, 2007).

A realização de ensaios de percussão para haver um entendimento abrangente das características do solo a fim de optar-se pela utilização da alternativa de fundação mais adequada através de hipóteses de cálculo baseadas nos dados coletados pelos ensaios é de suma importância para contribuição ao não surgimento de fenômenos patológicos (THOMAZ, 1989).

Thomaz salienta que:

> Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e não raras vezes material orgânico. Sob efeito de cargas externas todos os solos, em maior ou menor proporção se deformam. No caso em que estas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano das fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão produzidas na estrutura da mesma, podendo gerar aparecimento de trincas (THOMAZ, 1989, p. 83).

Dentre as principais causas de patologias em fundações, podemos citar a ausência ou insuficiência de investigações geotécnicas, má interpretação dos dados coletados pelos ensaios realizados, avaliação errada dos valores dos esforços provenientes da estrutura, adoção inadequada de tensão admissível do solo, modelos matemáticos defasados para cálculo de fundações, má execução por imperícia e falta de treinamento de mão de obra, sequência construtiva inadequada, influências externas como escavações e deslizamentos e ampliações de áreas e acréscimo de pavimento sobrecarregando a fundação (DO CARMO, 2003).

O descaso dos profissionais quanto à escolha da alternativa correta de fundação para determinada edificação, é uma das principais causas do surgimento de falhas e sinistros nos edifícios. Em obras de grande porte os projetistas não dispensam sondagens para reconhecer o tipo de solo a fim de estabelecer qual tipo de alicerce será mais adequado e que apresentará o melhor desempenho técnico e

econômico, tendo em vista que as fundações do edifício custam um percentual significativo do valor global da obra (MARCELLI, 2007).

Já em edificações de menor porte não se observam alguns cuidados essenciais, cometendo erros de dimensionamento que acarretam no surgimento de falhas. Apesar da falta de preocupação dos profissionais no projeto de fundações, não se pode culpar exclusivamente os métodos e profissionais envolvidos, tendo em vista a inexatidão ao gerar dados sobre recalques absolutos, para haver análises satisfatórias sobre recalques de solo é importante à competência dos profissionais envolvidos com o projeto das fundações do edifício (MARCELLI, 2007).

É vital o conhecimento e familiarização de incorporadores e responsáveis técnicos com o local da obra, sempre procurando antecedentes, analisando as edificações vizinhas e o histórico do lote em questão, a ocorrência de matacões, aterros sanitários, necessidade de descontaminação do solo ou realização de sistemas de contenção, devem compor a engenharia financeira do projeto, pois poderão causar alterações significativas no custo global na edificação (CBIC, 2013).

Os recalques do solo podem causar manifestações patológicas ao edifício, conforme o recalque acontece, a resistência ao deslizamento diminui, causando movimentações da estrutura e gerando fissuras, este fenômeno pode ser decorrência de movimentos sísmicos, vibrações em construções vizinhas, retrações de argila, raízes de árvores, alterações químicas do solo em questão, dentre outras, para tal o conhecimento do solo sob a estrutura volta a ser de fundamental importância (DO CARMO, 2003).

A norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece que para edificações com local de implantação definido, os projetos devem ser desenvolvidos com base nas características geomorfológicas do local, avaliando-se riscos de deslizamentos, enchentes e erosões, também devem ser levados em conta a proximidade de pedreiras e britagens (CBIC, 2013).

A norma técnica ABNT NBR 6122/2010 – Projeto e execução de fundações, prescreve a necessidade de análises prévias do solo, através de ensaios de campo

e laboratoriais, como por exemplo, ensaios SPT na área edificável do lote, obedecendo ao número de sondagens mínimo por metro quadrado edificado, se necessário ensaios axiais de cone para reconhecimento da resistência de ponta e tensão horizontal do solo, conhecimento do perfil estratigráfico e análises de laboratório a fim de conferir níveis de contaminação são de suma importância para o atendimento às normas técnicas e para o não surgimento de patologias, sendo que muitas são decorrentes de recalques do solo em que está assente a fundação (CBIC, 2013).

Para entendimento dos fenômenos de recalque que acontecem em fundações, é essencial saber se o solo em questão é arenoso ou argiloso, conforme o tipo de solo, a mudança de forma do mesmo ao serem aplicadas cargas da ordem de 500 tf a 2.000 tf irá variar em decorrência do seu módulo de deformação. Em caso de edificações sobre solos fofos e moles, os recalques são provenientes da diminuição do volume do mesmo, pelo fato de a água deslocar-se para partes do solo onde as pressões são menores e os coeficientes de condutividade hidráulica também (THOMAZ, 1989).

Ainda segundo Thomaz “em fundações diretas a intensidade dos recalques dependerá não só do tipo de solo, mas também do tipo de fundação executada” (THOMAZ, 1989, p. 84).

Como decorrência da execução inapropriada do elemento fundação, manifestam-se danos de três tipos diferentes, os danos arquitetônicos, que comprometem a estética da edificação, como por exemplo, trincas nas paredes e acabamentos, não havendo riscos a estabilidade da estrutura, danos funcionais que comprometem diretamente o desempenho e funcionalidade da edificação, sendo necessários reparos e reforços estruturais para conter o avanço deste tipo de problema e danos estruturais, que comprometem os elementos estruturais da edificação alterando a vida útil, durabilidade e desempenho da obra, tais danos implicam na instabilidade da edificação, podendo levá-la ao colapso, para tais casos o reforço é imediatamente necessário (DO CARMO, 2003).

O reforço das fundações se dá por meio de vários processos e técnicas utilizadas, como por exemplo, reforço com estacas de reação, reforço por estaca raiz, reforço através da injeção de calda de cimento no solo, reforço com brocas, reforço com sapatas, todos com a intenção de diminuir a ordem dos valores de recalque a fim de estabilizar a edificação (MARCELLI, 2007).

Conforme Marcelli:

> [...] quando uma edificação apresenta problema de recalque é porque ela não foi corretamente dimensionada ou mal executada, resultando numa deficiência na sua função de transmitir a carga dos pilares ao solo. [...] Antes de projetar um reforço, precisamos inicialmente seguir uma rotina de procedimentos preliminares, como por exemplo, análise dos danos existentes na edificação, medições da evolução das anomalias e dos recalques diferenciais, análise das características geotécnicas do subsolo, definição da causa e do reforço de fundações a ser adotado (MARCELLI, 2007, p.49).

O diagnóstico do problema é de grande importância para permitir um plano de ação adequado na recuperação e reforço das fundações e dos danos decorrentes dos recalques diferenciais. O diagnóstico visa entender o mecanismo e as causas dos danos ocorridos, resultando na definição do reforço a ser empregado, para se chegar a um quadro da situação adequado, devem-se inventariar os danos ocorridos e interpretar o comportamento mecânico das movimentações geradas bem como executar novas sondagens e ensaios geotécnicos e instrumentar a obra a fim de avaliar a magnitude das deformações (DO CARMO, 2003).

A terapêutica quando se trata de patologias decorrentes de fenômenos da interação solo e fundação, se restringe a recuperação dos danos arquitetônicos, na maioria das vezes estes danos são puramente estéticos, não comprometendo a estrutura da edificação. Em alguns casos onde os agravos comprometem mais as generalidades estruturais da edificação, podem vir a ser necessários reforços em elementos estruturais. Os reforços em fundações servem basicamente para renovar e aumentar a segurança da fundação original, tais reforços muitas vezes não compensam pelo fato de serem muito onerosos, então dependendo da ordem dos problemas, o mais recomendado é a demolição da edificação. Recomenda-se então

que sejam realizados estudos e orçamentos cuidadosos e específicos para uma avaliação adequada da viabilidade econômica das ações de intervenção (DO CARMO, 2003).

2.2.3 Patologia dos revestimentos

Os revestimentos nas edificações habitacionais exercem um papel de fundamental importância para a garantia da durabilidade do edifício como um todo, uma vez que têm como uma de suas principais funções a proteção das vedações contra os diversos agentes agressivos e intempéries. É de extrema importância a manutenção dos revestimentos acima dos níveis mínimos de desempenho, para que estes possam exercer suas devidas funções previstas no projeto original (RESENDE, BARROS E MEDEIROS, 2001).

A utilização de revestimentos de argamassa tem como principal finalidade, causar melhorias no aspecto estético da edificação e melhoria da higiene dos ambientes, a execução dos revestimentos são satisfatórias, porém existem ainda incidências de problemas patológicos em revestimentos exteriores e interiores, dentre as manifestações mais comuns, têm-se as manchas, bolor, deslocamentos, fissuras, desagregação e as vesículas, problemas que não interferem no desempenho estrutural da edificação, porém causam grande insatisfação dos usuários, gerando sensação de desconforto ao conviver com estes ambientes tidos como insalubres (DO CARMO, 2003).

A manifestação de tais problemas, muitas vezes é decorrência da umidade remanescente da própria argamassa ou até mesmo dos tijolos, vazamentos em tubulações e falhas do sistema de impermeabilização, tais eflorescências são causadas pela umidade (H2O), que reage com os elementos químicos do cimento trazendo as manifestações patológicas à tona. A presença da umidade causa também a desagregação da argamassa e descolamentos por baixa aderência das camadas do revestimento, causadas por erros de execução (DO CARMO, 2003).

Segundo Resende, Barros e Medeiros:

> [...] fatores de degradação, são quaisquer fatores externos que afetam de maneira desfavorável o desempenho de um edifício, de seus subsistemas ou componentes. [...] esses fatores podem ser separados em cinco diferentes naturezas: fatores atmosféricos, biológicos, de carga, de incompatibilidade e de uso (RESENDE, BARROS E MEDEIROS, 2001, p. 2).

Fissuras em revestimentos de argamassa são extremamente comuns em edificações, estas podem ser de conformação variada, ocorrendo normalmente na forma de mapa durante a fase plástica, quando já em fase rígida, estas fissuras são normalmente causadas pela perda de umidade nas primeiras idades, gerando movimentos de retração e tensões internas de tração. As fissuras de retração de argamassas de revestimento apresentam distribuição uniforme, com linhas mapeadas que se cruzam, formando ângulos próximos a 90º, se duas fissuras se cruzam com ângulos muitos distintos de 90º, ao menos uma delas não é de origem dos mecanismos atuantes nas argamassas (THOMAZ, 1989).

Os principais fatores que geram patologias de revestimento em argamassas são: tipo e qualidade dos materiais utilizados na argamassa, má proporção do traço, falta de técnica e cuidados na execução. As fissuras podem estar relacionadas com um ou mais destes fatores havendo uma junção dos efeitos ao surgimento das manifestações. Tais fatores geram um quadro de agravos aos revestimentos, dentre estes, pode-se citar: fissuras localizadas, descolamento de partes do revestimento, não execução de chapisco, agravo do quadro de fissuração por excesso de umidade, espessura do revestimento fora do padrão adequado conforme previsto nas normas técnicas ABNT NBR 7200/1998 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento e NBR 13749/2013 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (DO CARMO, 2003).

A vida útil de um edifício está diretamente relacionada com a manutenção do desempenho dos revestimentos acima dos níveis mínimos especificados. Para isso, deve-se ter um conhecimento preciso dos fatores de degradação ao qual o

revestimento estará submetido, uma vez que a deterioração ocorre em função da natureza do componente e das condições de exposição. Deve-se desenvolver um projeto de revestimentos em que sejam especificados materiais que apresentem maior durabilidade do que os usuais e, além disso, elaborar um programa de manutenção preventiva, que deve descrever como realizar a manutenção dos revestimentos, a periodicidade das atividades de limpeza, alertar sobre descolamentos ou falta da pintura, presença de manchas de umidade e fungos bem como envelhecimento do selante das juntas (RESENDE, BARROS E MEDEIROS, 2001).

2.2.4 Patologia das impermeabilizações

A umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos na engenharia civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas. A frequência de incidência e as causas de problemas patológicos nos sistemas prediais hidráulico-sanitários têm sido ainda pouco pesquisadas, tal fator ocorre por demandar recursos onerosos, longos períodos de observação, ensaios in situ e de laboratório, simulações e testes destrutivos em escala real em edificações existentes dentre outros, para que os dados resultantes sejam considerados consistentes (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007).

Os problemas relacionados com a umidade nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e degradam a construção rapidamente, sendo as soluções destes problemas extremamente onerosas. O aparecimento frequente de problemas ocasionados por umidade é decorrência das características construtivas adotadas assim como os novos materiais e sistemas construtivos empregados que muitas vezes não são executados corretamente, e a falta de manutenção e limpeza em locais onde há possibilidade de acúmulo de água da chuva e umidade. Por outro lado, as técnicas de projetar trabalhos de manutenção não evoluíram, dando importância por parte dos interessados na construção civil, apenas ao projeto estrutural e de instalações elétricas e hidráulicas. Essa postura já está sendo modificada atualmente, surgindo uma cultura de realização de manutenções preventivas em edificações a fim de diminuir os níveis de surgimento de

manifestações devido a problemas dos sistemas de impermeabilização (SOUZA, 2008).

Conforme Souza “Os defeitos e falhas decorrentes da impermeabilização na construção civil, são ocasionados pela penetração de água nos componentes do edifício ou devido à formação de manchas de umidade e bolor” (SOUZA, 2008, p. 08). Esses defeitos geram problemas bastante graves e de difícil solução, tais como:

- Prejuízos de caráter funcional da edificação;
- Desconforto dos usuários podendo até afetar a saúde dos moradores;
- Danos em equipamentos e bens presentes no interior das edificações;
- E diversos prejuízos financeiros.

Dentre os diversos tipos de manifestações decorrentes de falhas de impermeabilizações Souza ainda menciona:

> A umidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. [...] ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais. (VERÇOZA, 1991 apud SOUZA, 2008, p.08).

As patologias das impermeabilizações podem ser dos mais variados tipos, dentre os principais pode-se citar a corrosão dos elementos de aço componentes da edificação, degradação do concreto por dissolução de sais e lixiviação, degradação de forros e elementos de gesso através de bolor ou descolamento da pintura, desagregação dos elementos de argamassa decorrente da perda gradual do caráter aglomerante do cimento, desagregação dos blocos cerâmicos por exagerados níveis de pressão hidrostática interna, eflorescências e estalactites causadas por gotas provenientes de acúmulos de água, crescimento de vegetação e formação de vesículas (DO CARMO, 2003).

As manifestações patológicas ocorridas em decorrência da umidade nas edificações, normalmente são causadas pela chuva, capilaridade, condensação ou resultantes de vazamentos da rede hidráulica predial. Os principais fatores que

fazem surgir a chamada umidade ascensional, previamente citada, são de natureza de fenômenos comuns como valores elevados de teor de umidade do solo em que a fundação está assente (SOUZA, 2008).

A chuva é o agente gerador de umidade mais comum em edificações, porém, pode ser remediado o surgimento de infiltrações decorrentes da chuva levando-se em conta que por se tratar de um fenômeno sazonal, ela sempre estará presente. Para supressão dos problemas decorrentes de precipitações, devem-se fazer manutenções e limpezas a fim de remover a água captada pela edificação, como exemplo se pode citar a execução adequada de agentes impermeabilizadores e um sistema adequado de escoamento das águas pluviais (SOUZA, 2008).

Na construção civil, são bastante comuns os vazamentos em elementos componentes do sistema hidráulico e de captação de água, calhas, condutores, algerozes, tubos, conexões, registros, válvulas, reservatórios, bombas, tanques, dispositivos de controle, dispositivos de medição e outros aparelhos que são utilizados com a finalidade de abastecer o sistema hidrossanitário da edificação. Estes vazamentos são manifestados através de manchas, assim como por goteiras, são características próprias dos sistemas hidráulicos prediais, a sua complexidade funcional e a inter-relação dinâmica entre os seus outros sistemas. Para este tipo de manifestação patológica, a localização, identificação e diagnóstico acontece de maneira muito simples, podendo ser feita através de uma inspeção visual pelo perímetro da edificação (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007).

Os problemas decorrentes de elevados teores de umidade pelos motivos citados previamente, na maioria das vezes não apresentam maiores problemas a estrutura da edificação, porém se as medidas de limpeza e manutenção adequadas não forem efetuadas ao longo do tempo, a atenuação destes fenômenos irá acontecer, agravando o quadro de sintomas e passando talvez a comprometer o desempenho estrutural da edificação.

Segundo Do Carmo:

> A prevenção é a melhor estratégia para que a construção apresente desempenho satisfatório durante sua vida útil. Assim torna-se necessário

> especificar os sistemas de impermeabilização adequados para cada componente, verificar as propriedades dos materiais e fiscalizar a execução dos trabalhos (DO CARMO, 2003, p. 56).

Muitas das patologias manifestadas por este tipo de fenômeno incidem de forma repetitiva na maioria dos edifícios, revelando falhas sistemáticas na fase de projeto desses sistemas prediais, bem como, falhas por falta de compatibilização adequada dos projetos componentes da estrutura. Portanto a caracterização da natureza das patologias e inconformidades mais frequentes nesse universo pode contribuir para uma ação preventiva durante a etapa de concepção do projeto de novas edificações, visando diminuir a incidência de tais problemas a níveis satisfatórios aos usuários (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007).

2.2.5 Patologia das alvenarias

As alvenarias são compostas por elementos cerâmicos ou de concreto assentados com auxílio de argamassa, as principais manifestações patológicas que aparecem em elementos de vedação do tipo alvenaria, são as fissuras e rupturas dos diversos tipos de alvenaria existentes, secionando os elementos componentes da estrutura, e são geralmente causadas por tensões excessivas, deformações da estrutura, ação do vento, choque ou vibrações, quanto a sua classificação as fissuras podem ser ativas ou passivas (DO CARMO, 2003).

A resistência da alvenaria à tração é relativamente pequena e muito variável sendo, na maior parte das aplicações, considerada nula. Por outro lado, há ocasiões em que ela é utilizada como, por exemplo, em paredes confinadas submetidas a solicitações coplanares ou em paredes submetidas a cargas perpendiculares ao seu plano. Problemas mecânicos que surgem na alvenaria são frequentemente resultado da sua fraca resistência à tração. Na maior parte dos casos, patologias e colapso ocorrem devido a tensões que ultrapassam a resistência à tração dos materiais. (RAMIRES, 2007).

Com o uso do concreto armado, as paredes passaram a ter como função principal a de vedação, deixando de ser autoportantes, resultando assim em paredes

mais esbeltas, a utilização de pré-fabricados e de novos materiais que trouxeram consigo as juntas de dilatação também colaborou para que o surgimento de patologias nas alvenarias se tornasse um dos problemas mais aparentes nesta área da engenharia civil (SOUZA, 2008).

Nas alvenarias de tijolos cerâmicos, em função de sua forma e composição e da diferença de materiais componentes, existem solicitações locais de flexão nos tijolos, podendo surgir fissuras verticais na alvenaria. As argamassas também trabalham diferente da alvenaria quando se fala em deformações transversais podendo levar a fissuração vertical da alvenaria. No caso de alvenarias constituídas por blocos vazados, outras tensões importantes juntar-se-ão as precedentes. Para blocos com furos retangulares dispostos horizontalmente, a argamassa de assentamento apresenta deformações axiais mais acentuadas sob as nervuras verticais do bloco, introduzindo-se como consequência solicitações de flexão em suas nervuras horizontais, o que poderá inclusive conduzir a ruptura do bloco (THOMAZ, 1989).

Além da forma da alvenaria outros fatores intervêm na fissuração e na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão, tais como resistência mecânica dos componentes de argamassa e alvenaria, módulo de deformação longitudinal e transversal dos componentes de alvenaria e da argamassa. A argamassa pode perder a aderência com o tijolo, retenção de água, elasticidade e retração da argamassa (RAMIRES, 2007).

Existem ainda outros tipos de manifestações patológicas nas alvenarias, sejam estas estruturais ou de vedação, pode-se citar a eflorescência, decorrente de depósitos salinos de metais alcalinos na superfície das alvenarias, é caracterizada pela alteração na aparência da alvenaria, muitas vezes pode ser agressiva e causar desagregação profunda, este fenômeno é facilmente identificado e seu diagnóstico também é considerado simples, não sendo comprometedor a estrutura da edificação (CORRÊA, 2010).

As infiltrações são patologias das alvenarias relacionadas com a presença de água nos blocos que a compõem, podendo ocasionar manchas de umidade, bolor,

fungos, algas, eflorescências, descolamento, desagregação e mudança de coloração, tais manifestações podem ser geradas devido à absorção capilar superficial de água por condensação. Para evitar este tipo de problema sugere-se que durante a fase de projeto se analise os vários aspectos causadores do problema com intuito e de minimizar as infiltrações. Dentre esses aspectos pode-se citar a orientação das fachadas em relação aos ventos predominantes, detalhes arquitetônicos e técnicos como rufos, platibandas, beirais, tipo de cobertura e a intensidade e a duração das precipitações na região (CORRÊA, 2010).

Taguchi discorre que:

> As fissuras em alvenarias podem pronunciar-se de diferentes formas. Sendo ortogonais à direção dos esforços de tração atuantes, manifestam-se em paredes de alvenaria sob forma de fissuras de direção predominantemente vertical, horizontal ou inclinada (TAGUCHI, 2010, p. 31).

Por se tratar de um fenômeno patológico de elevada taxa de ocorrência, existem inúmeras técnicas para corrigirmos estes tipos de patologias, dentre as quais se podem citar as seguintes:

- Pintura e papel de parede, para encobrir as fissuras;
- Bandagem, aplicação de produtos específicos a fim de preencher os vazios deixados pelas fissuras;
- Tela metálica, técnica de fixação de uma tela a fim de minimizar as movimentações sobre a alvenaria;
- Tirante de aço, aplicado a fissuras causadas por recalques, onde os esforços são transmitidos pelo tirante à alvenaria com intuito de fechar parcialmente as fissuras através do seu tensionamento;
- Armadura horizontal, empregado para recuperação de fissuras isoladas introduzindo barras de aço nas juntas horizontais;
- Selagem, utilização de materiais poliméricos para preencher os vazios deixados pelas fissuras;
- Junta de controle, técnica para evitar que as fissuras voltem a acontecer na sua proximidade;

– Substituição de unidades danificadas, usada quando se deseja recompor parcialmente a rigidez da parede;

– Grauteamento, furos que promovem o enrijecimento da alvenaria;

– Reboco armado, fixação de uma tela por solda e aplicação de salpique mecânico de micro concreto projetado;

– Grampos, técnica muito utilizada, porém acaba provocando fissuras em outros locais;

– Encunhamento, mantem a fissura aberta ao máximo a fim de preenchê-la novamente com argamassa, sendo um método de execução muito simples, porém nem sempre eficaz;

– Substituição da parede, é utilizada em paredes com fissuras disseminadas e estabilizadas, cabe à análise orçamental da substituição do elemento (DO CARMO, 2003).

Dentre as técnicas citadas, observa-se que a maioria resolve o problema parcialmente, mostra-se então a necessidade de uma análise pormenorizada da patologia com a intenção de entender os fenômenos causadores da manifestação a fim de gerar hipóteses de solução aplicadas ao principal elemento causador das fissuras (HELENE, 2003).

2.3 Principais causas dos problemas patológicos

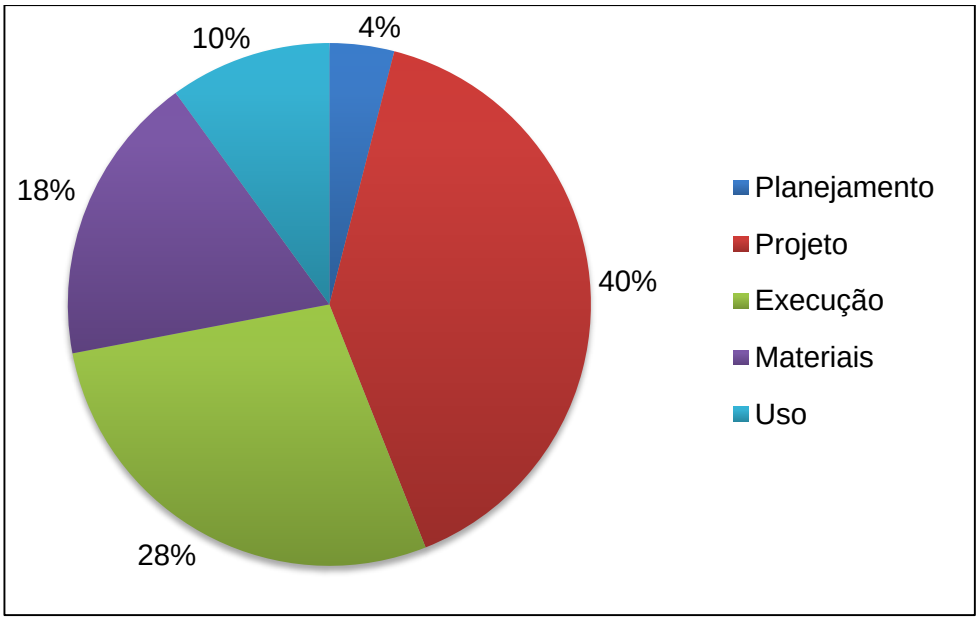
Como mencionado anteriormente, o processo de concepção de um edifício ocorre em diferentes fases, a junção destas etapas nos leva a um resultado final desejado, a edificação e sua determinada função. As patologias da construção civil podem ocorrer das mais variadas formas e em todas as etapas do processo conceptivo. A Figura 3 apresenta um levantamento da origem das patologias nas diferentes etapas de concepção de uma edificação (HELENE, 2003).

Helene salienta que:

> O processo de construção e uso pode ser dividido em cinco grandes etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes fora do canteiro, execução propriamente dita e uso [...] Se, por um lado as quatro

> primeiras etapas envolvem um período de tempo relativamente curto – em geral menos de dois anos – por outro lado, as construções devem ser utilizadas durante períodos longos – em geral mais de cinquenta anos [...] os problemas patológicos só se manifestam durante a construção ou após início da execução propriamente dita [...] normalmente ocorrem com maior incidência na etapa de uso (HELENE, 2003, p. 24).

Figura 3 – Origem das patologias relacionadas às etapas de concepção do edifício.



Fonte: Adaptado pelo autor de Helene (2003, p. 25).

Segundo Cremonini “Os defeitos podem ter origem em qualquer etapa do processo construtivo e sua incidência está relacionada com o nível de controle de qualidade executado nas diversas etapas” (CREMONINI, 1988, p. 31).

As causas das patologias da construção civil podem ser externas, quando os agentes causadores não são gerados por erros humanos, decorrência de agentes nocivos do meio ambiente, ou internas, são as que têm origem durante o processo construtivo (CREMONINI, 1988) e podem ser subdivididas em três:

- **Congênitas:** originárias na fase de planejamento e projeto.
- **Construtivas:** originárias na etapa de construção, por falta de qualidade de materiais ou mão de obra qualificada.
- **Uso:** decorrentes do uso inadequado da estrutura projetada e da falta de realização de manutenção.

2.3.1 Manifestações durante a concepção do projeto

A etapa de idealização do edifício, engloba dois sub processos, o planejamento e o projeto, na etapa de planejamento, é onde é definida a função da edificação a partir das necessidades determinadas pelo usuário, já na etapa de projeto, a função e o desempenho da edificação relacionam-se com o âmbito técnico, é uma etapa muito importante, pois é nesta que serão escolhidos os métodos e materiais a serem utilizados, bem como o projeto da estrutura como um todo e gerenciamento do processo construtivo (HELENE, 2003).

Durante a fase de concepção, pode-se dizer que a edificação é gerada, sendo base para todo o restante do processo construtivo, sendo uma das etapas mais importantes à contribuição do não surgimento de problemas patológicos. Na fase de concepção serão definidas as características esperadas dos produtos empregados na construção, as condições de exposição previstas para o ambiente exterior, o comportamento em uso projetado do edifício construído, e principalmente a viabilidade da construção (PINA, 2013).

Segundo Gnipper; Mikaldo Jr:

> Na fase de projeto dos sistemas prediais, os vícios podem ocorrer por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, ausência ou incorreções de especificações de materiais e de serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos, etc. (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007, p. 03).

Falhas no estudo preliminar, falhas de anteprojeto, falhas no projeto final de engenharia, podem levar a escolha de elementos de projeto inadequados e na geração de problemas alterando o desempenho, durabilidade e até mesmo a vida útil da edificação (PINA, 2013).

A falta de critério e uma má definição das ações atuantes na edificação, como por exemplo, escolha inadequada do modelo analítico, deficiência de cálculo da estrutura ou da avaliação da capacidade portante do solo, incompatibilidade do projeto arquitetônico com os demais (estrutural, hidráulico, elétrico, etc.), seleção

inadequada de materiais, má execução, desrespeitando as normas técnicas de projeto e execução, erros de dimensionamento, especificação do cobrimento incorreto de acordo com a agressividade do ambiente dentre outros, são exemplos de falta de conduta e profissionalismo que acabam gerando diversos problemas patológicos no futuro. Todas estas implicações discorrem durante a fase de concepção do projeto, daí a importância desta fase do processo relacionada com o não surgimento de patologias (PINA, 2013).

Estudos mostram que um elevado percentual das manifestações patológicas nas edificações é originado nas fases de planejamento e projeto. Essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos (HELENE, 2003).

Segundo Cremonini:

> Um programa que vise à diminuição ou eliminação de problemas patológicos deve agir diretamente nas etapas do processo construtivo, bem como criar um sistema de controle de qualidade eficiente em cada uma delas (CREMONINI, 1988, p. 31).

2.3.2 Manifestações durante a construção

Durante a etapa de execução do projeto, os problemas na maioria das vezes são relacionados à qualidade da mão de obra, a falta de treinamento e qualificação dos operários. Dito isso, é evidente a necessidade de treinamento dos operários, tendo em vista que a relação custo benefício é relativamente boa, o treinamento de equipes para a execução de serviços específicos do processo, agiliza e otimiza a perda de materiais (SILVEIRA et al., 2002).

Nesta etapa, é incisiva a necessidade do controle de qualidade e dos processos construtivos para haver a não prorrogação dos problemas patológicos no futuro, pois cabe aos profissionais fazer o controle dos materiais utilizados durante a execução, bem como fiscalizar se eles estão de acordo com o especificado no projeto e se sua utilização está sendo feita de forma correta e gerando o mínimo de perdas e insumos (CREMONINI, 1988).

Na área da construção civil, a falta de capacitação da mão de obra, a má execução do projeto bem como o uso de materiais de baixa qualidade, causam patologias durante a fase da construção e outras que se manifestam após a entrega do produto edificação (PINA, 2013).

Apesar de serem erros primários, eles podem gerar maiores problemas na construção, além destes citados acima, vários outros fatores têm origens na fase de execução podendo ser as principais causas de patologias futuras das quais podem ser mencionados: a falta de condições locais de trabalho, inadequação do layout ocupacional do canteiro de obras, erros de interpretação de projetos, pouca capacitação profissional, falta de controle do padrão de qualidade das matérias primas e fiscalização nos mais diversos processos, qualidade dos materiais e componentes abaixo dos níveis mínimos necessários, falta de prumo, de esquadro e de alinhamento dos elementos, desnivelamento de pisos ou falta de caimento em pisos molhados, argamassas de assentamento de revestimentos com espessuras diferentes (PINA, 2013).

A ausência de normatização de diversos materiais e procedimentos, acrescida à falta de fiscalização daqueles já normalizados por parte dos profissionais e responsáveis técnicos, mostra-se de grande importância à contribuição para o não surgimento de patologias, deve haver então, a conscientização de engenheiros no que tange ao controle de qualidade dos materiais e processos construtivos (SILVEIRA et al., 2002).

Segundo Cremonini:

> Diversos órgãos de pesquisa têm realizado programas de levantamento de manifestações patológicas, visando conhecer a origem dos principais problemas [...] tal fator nos volta ao surgimento de patologias na fase de execução do projeto, acompanhada da falta de processos produtivos de qualidade, sendo importante haver uma cadeia produtiva de qualidade inter-relacionada a todas as etapas (CREMONINI, 1988, p. 32).

2.3.3 Manifestações durante a utilização

As manifestações patológicas que surgem durante a fase de uso da edificação, normalmente são decorrentes da má utilização e falta de manutenção da edificação por parte do usuário, porém, não se pode inibir os empreendedores e responsáveis técnicos pela estrutura, pois por falta de cartela à profissão, é comum que não haja a formulação de manuais de uso e manutenção das edificações, fator que auxilia o surgimento de problemas (DAL MOLIN, 1988).

Muitas patologias que surgem durante a fase de utilização são originadas pelos usuários, através de diversos fatores como: sobrecargas não previstas no projeto, alterações estruturais indevidas em função de reformas, utilização de produtos químicos com agentes agressivos, falta de programações de manutenção adequada, falta de inspeções periódicas para detecção de sintomas patológicos, danificação de elementos estruturais por impactos, erosão por abrasão, retração do cimento, excesso de deformação das armaduras (PINA, 2013).

A formatação de um manual de uso e manutenção é a melhor ferramenta de defesa, tanto para o comprador/usuário do imóvel quanto para o responsável técnico, este documento além de auxiliar na manutenção e afetar diretamente a vida útil e durabilidade do edifício, cessa os compromissos entre adquirente e vendedor. Em contrapartida há o compromisso de vender um produto de qualidade, que oferece garantias ao consumidor como qualquer outro produto disponível no mercado, pois apesar de as construções aparentarem serem perenes as mais diversas ações, provasse o contrário através do presente trabalho (CBIC, 2013).

Os diversos cuidados que devemos tomar durante a fase de uso da edificação deverão estar explícitos no manual de uso, operação e manutenção. A formatação de um bom manual de uso segundo o guia orientativo para atendimento à norma, redige conforme modelos internacionais de normatização de desempenho de matérias primas e produtos finais. Para cada necessidade do usuário e condição de exposição, aparecem critérios de desempenho, o conjunto normativo compreende seis partes, ou seja, seis elementos essenciais à garantia de desempenho da edificação. Tais elementos são dispostos a seguir (CBIC, 2013).

- Requisitos gerais;
- Requisitos para sistemas estruturais;
- Requisitos para os sistemas de pisos;
- Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Requisitos para os sistemas de cobertura;
- Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Cada um dos elementos citados segue uma sequência de exigências relativas à segurança, (desempenho mecânico, segurança contra incêndios), habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico e acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental) (CBIC, 2013).

2.4 Sintomatologia e procedimento para resolução de patologias

A resolução de um problema patológico envolve um conjunto complexo de procedimentos a serem feitos, a prática profissional usada na análise destes problemas tem sido muitas vezes caracterizada pela falta de uma metodologia cientificamente reconhecida e comprovada prevalecendo em muitas situações a experiência profissional do engenheiro, obtida ao longo dos anos e a utilização de métodos empíricos de análise prévia, tal fato é relevante quando se mostra necessária uma análise pormenorizada e individualizada do problema, quando estes se mostram mais complexos (RIPPER; SOUZA, 1998).

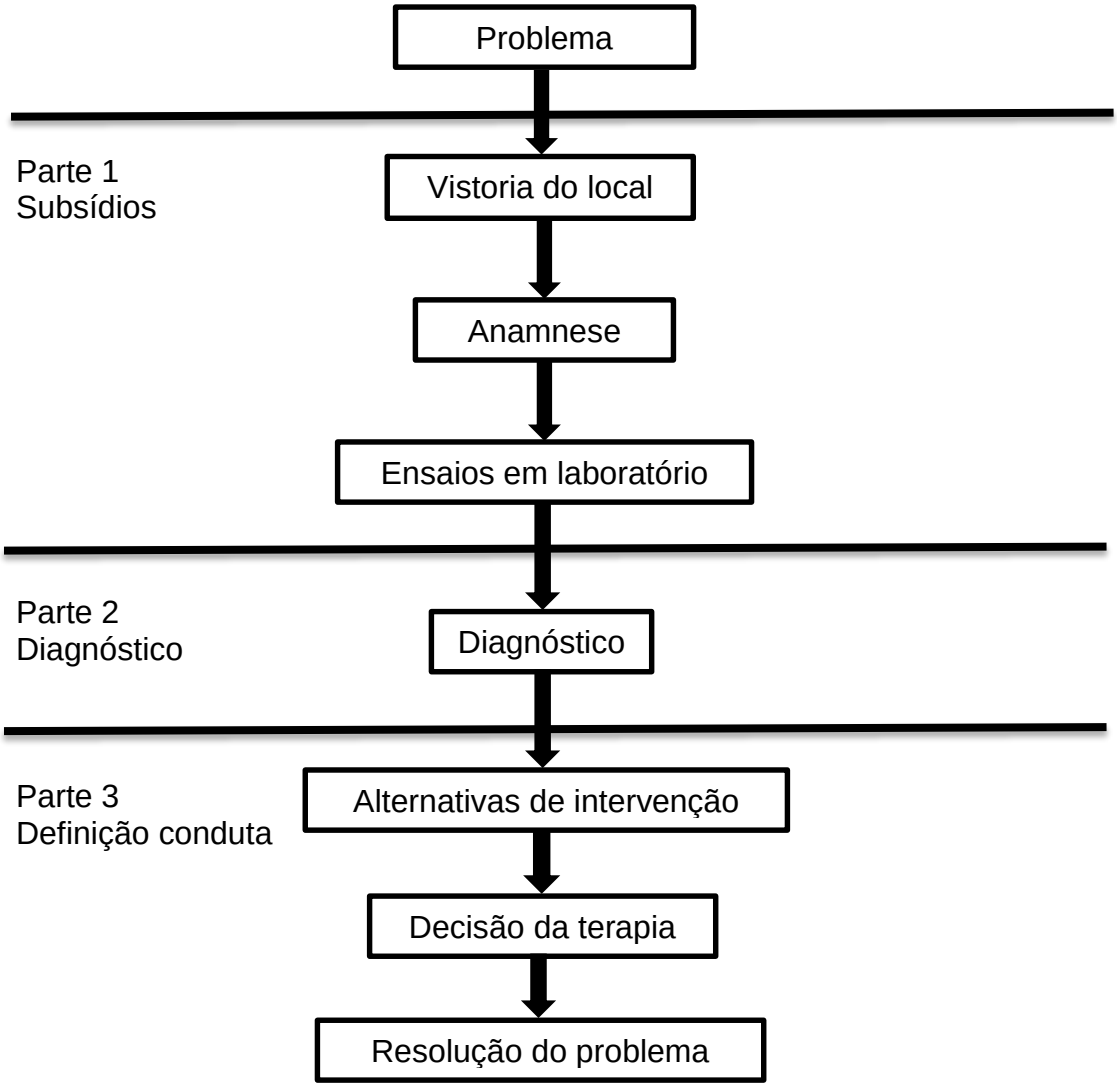
Dal Molin discorre que:

> A investigação necessária para o diagnóstico da(s) causa(s) responsável por algum defeito na edificação deve ser realizada de maneira completa e sistemática. Assim como em um projeto, um procedimento linear direto é raramente possível [...] o processo é, inevitavelmente, iterativo (cíclico) (DAL MOLIN, 1988, p. 175).

Com o objetivo de tornar o processo de estudo de caso de problemas patológicos mais simples e objetivo, é recomendado o uso de uma metodologia, uma

estrutura básica de análise de problemas. Lichtenstein (1985) propõe um fluxograma básico fundamentado em uma sequência de três etapas, subdivididas em processos de análise e estudo, e é apresentado na Figura 4 a seguir:

Figura 4 – Fluxograma para resolução de patologias da construção civil.



Fonte: (Lichtenstein, 1985 apud Cremonini, 1988, p. 41 apud Dal Molin, 1988, p. 176 apud Do Carmo, 2003, p. 09).

É necessário eliminar qualquer hipótese preconcebida a respeito das causas do determinado problema, portanto, não se deve utilizar o diagnóstico como forma de confirmar uma opinião já formada partindo de uma postura não tendenciosa analisando imparcialmente todos os dados coletados (DAL MOLIN, 1988).

2.4.1 Levantamento de subsídios

O levantamento de subsídios consiste em acumular o maior número de informações necessárias que levarão ao entendimento dos fenômenos que estão acontecendo, as informações coletadas sobre os danos e análise do histórico construtivo e de uso do edifício estão inseridas na fase de sintomatologia (primeira fase da metodologia), processo iniciado pela vistoria no local da obra. Este processo consiste de um exame utilizando-se dos sentidos humanos e experiência profissional para posterior entendimento do problema, o entendimento total ou aproximado irá depender da quantidade de sintomas expostos pelo elemento em questão. O exame pode estender-se à edificação, quando os sintomas estão disseminados, na insuficiência de informações para elaboração do diagnóstico, pode ser necessário um olhar mais amplo incluindo-se o exame de circunvizinhança e se possível, conversas com os projetistas e pessoas que trabalharam nas etapas de planejamento/projeto e execução do edifício (DO CARMO, 2003).

Na fase de levantamento de subsídios, há o colhimento de informações para entender o problema e diagnosticá-lo, as informações são obtidas através de quatro formas, vistoria no local, anamnese, exames complementares e pesquisa (FIGUEIREDO, 1989).

O primeiro passo tratando-se de levantamento de subsídios é a vistoria no local, análise da sintomatologia do problema, segundo Do Carmo:

> [...] através de um olhar profissional, faz-se uma determinação do nível de agravos a estrutura em questão e se a mesma apresenta níveis de desempenho aceitáveis e que não ponham em risco a segurança dos usuários (DO CARMO, 2003, p. 10).

Parte considerável dos eventos que demandam a realização de vistorias e perícias em edificações, decorre de manifestações patológicas muitas vezes identificadas através da simples observação do quadro de fissuração, o que facilita bastante o diagnóstico dos problemas existentes (VITÓRIO, 2003).

A vistoria consiste no exame por visita técnica e formatação de relatórios fotográficos, utiliza-se basicamente dos sentidos humanos e alguns determinados instrumentos. Tem como principal objetivo o levantamento de dados a uma primeira vista, que possibilitem um entendimento parcial das manifestações (DO CARMO, 2003).

Segundo Helene “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).

É imprescindível para a etapa de vistoria à obra, a análise de alguns fatores determinantes que devem ser investigados, como por exemplo, incidência e localização do problema, idade aproximada da patologia e do edifício, quantidade de ocorrências do mesmo problema em várias partes da obra, semelhança entre manifestações em edificações vizinhas, se já houve alguma tentativa de reparo do problema e se o edifício está sendo corretamente utilizado (THOMAZ, 1989).

Uma boa vistoria ao local da obra deve acompanhar de um sistema de verificação de dados encontrados. Estes deverão ser cuidadosamente selecionados a fim de facilitar o processo de análise e diagnóstico. Uma tabela de análise de manifestação de problemas que podem manifestar-se na edificação segue abaixo.

Tabela 02 – Check list inicial, pode acompanhar a primeira vistoria ao local da obra.

TIPOLOGIA	ANOMALIAS OU FALHAS
Estrutura	Umidade ascendente, armadura exposta, trincas e fissuras, quebras, deslocamento de placa, oxidação da armadura.
Alvenaria	Umidade ascendente, manchas, trincas e fissuras, infiltração.
Pintura	Pintura Descascamento, bolhas, manchas, sujidades, sem pintura.
Forros	Abaulamento, quebras, sujidades.
Revestimentos cerâmicos	Manchas, aderência, quebras, desgaste.
Instalações elétricas	Caixas de passagem, tomadas/interruptores, disjuntores, instalação (fios).
Esquadrias	Conservação, funcionamento.
Cobertura	Sujidades, quebras, infiltração.

Fonte: ABAPE/SP (2009) apud CBIC (2013).

Apesar da vistoria no local ser uma análise preliminar das manifestações patológicas, uma vistoria completa, acompanhada por relatório fotográfico e análises instrumentais adequadas, pode gerar um grande entendimento do problema e suas causas e efeitos, uma técnica que pode ser adotada para a realização da vistoria é baseada em eliminações subsequentes, abrangendo todo universo de causas hipotéticas ou agentes patológicos (THOMAZ, 1989).

A anamnese é o levantamento do histórico da construção, método que faz uso de entrevistas com usuários, construtores e projetistas da edificação, mostrando-se uma maneira altamente humana e empírica de análise do problema e pré-diagnóstico (DO CARMO, 2003).

Quando se trata de problemas patológicos, existem alguns casos em que apenas a observação visual do problema e o levantamento de informações através de anamnese, não são suficientes para a formulação do diagnóstico, sendo necessária a realização de ensaios específicos, estes in situ ou de laboratório, os mesmos são realizados por técnicos altamente especializados na interpretação dos dados obtidos através dos exames complementares. Os exames necessários são definidos a partir das hipóteses formuladas pelo técnico, para sanar alguma dúvida quanto à provável causa do problema, reforçando ou afastando alguma hipótese (DO CARMO, 2003).

2.4.2 Diagnóstico

O diagnóstico das patologias pode ser definido como a identificação da natureza e origem dos defeitos, este processo caracteriza-se por não ser de fácil concepção. Descobrir as principais causas dos problemas não é tarefa fácil tendo em vista o número de processos apresentados palas diversas etapas construtivas (CREMONINI, 1988).

O diagnóstico é o entendimento dos fenômenos, trata-se das múltiplas relações de causa e efeito e entendimento dos principais motivos de ocorrência a partir de dados conhecidos, tentando-se determinar a possível origem do problema através do seu efeito (DO CARMO, 2003).

Helene afirma que “[...] a definição do estado atual e/ou o estudo de danos deverá constituir um documento abrangente, ainda que com um nível de informações diferente conforme o diagnóstico seja de dano leve ou grave” (HELENE, 2003, p. 162).

Após a formulação do diagnóstico e das hipóteses causadoras dos problemas deve estar explícito nas conclusões e recomendações, a necessidade do projeto de recuperação dos elementos que tiveram seu desempenho comprometido, especificando os processos e materiais utilizados para realização dos reparos, muitas vezes este projeto requer a formatação de plantas e memoriais descritivos, fato este, que dependerá diretamente do nível e complexidade dos problemas patológicos apresentados (HELENE, 2003).

A fim de contornar as dificuldades apresentadas na formatação de um diagnóstico completo, deve-se separar o processo de diagnose em etapas bem definidas, de maneira a não obtermos uma resposta errada da situação em debate, fato que na maioria das vezes acaba agravando a situação (CREMONINI, 1988).

O diagnóstico exige criteriosamente que seja levada em conta a sensibilidade das hipóteses e modelos a fim de associar cientificamente o efeito à causa da patologia. Se não houver informações suficientes para se entender a relação causa e efeito por motivos financeiros, se pode optar pela técnica de definição da estrutura a partir do seu comportamento, tal estudo é realizado através de métodos estatísticos englobados nas técnicas da análise multivariável, que definem o estado atual da edificação através da instrumentação das variáveis mais significativas (HELENE, 2003).

Conforme Helene:

> [...] a instrumentação condiz em conhecer a resposta da estrutura que compõe a edificação a série de ações em um determinado período de tempo, podendo assim ser modelado o comportamento da estrutura através da resposta desta neste período (HELENE, 2003, p. 159).

No entanto, a instrumentação de variáveis, e criação de modelos estatísticos e probabilísticos, muitas vezes esbarra em um deficiente grau de conhecimento técnico e científico, impedindo assim a realização de um diagnóstico criterioso e completo (DO CARMO, 2003).

Atualmente, a quantificação de dados por modelos matemáticos tornou-se mais viável pelo surgimento de novas tecnologias no que tange a avanços de instrumentos e métodos utilizados na análise de problemas patológicos, a maioria dos instrumentos utilizados são conhecidos pelas universidades brasileiras, porém, infelizmente o mercado ainda não possui conhecimento destas técnicas. Tais equipamentos são mais usados para formatação de trabalhos acadêmicos e por variados motivos não são de conhecimento do público geral, fato este que não impede a realização destes tipos de exames em situações que ocorrem no dia a dia, mas ainda há poucos casos de aplicações no campo profissional dessas técnicas e análises, o que impede a modelagem de dados não linear e geração de diagnósticos completos (SANTUCCI, 2015).

Em cada uma das etapas do processo de diagnóstico, sempre deve ser levado em conta se existem informações suficientes para estabelecer o diagnóstico da patologia, se tais condições não forem atendidas após a realização de todos os procedimentos recomendados é necessário conduzir uma pesquisa científica para haver entendimento da causa que acarretou em tal problema. Quando não for possível estabelecer com certeza a causa do problema, as decisões do responsável técnico deverão ser tomadas como explícitas, tendo em vista o dever ético do profissional para com a engenharia (HELENE, 2003).

A formatação de um diagnóstico completo passa por diversas etapas, que remetem a informações coletadas desde a primeira vistoria do local, a coleta de dados para posterior formulação do diagnóstico. A observação local acompanhada de um relatório fotográfico pode fornecer dados significativos à solução do problema, no levantamento de campo é importante à utilização de instrumentos que possam medir a amplitude dos defeitos, como fio de prumo, nível, higrômetro, termômetro de contato, pacômetro, lupa graduada, testemunhos para medir evolução das fissuras dentre outros, ensaios in situ simples e possíveis de realizar no local, ensaios de

laboratório onde se analisa amostras retiradas da edificação, informações orais obtidas através de entrevistas com usuários e informações escritas obtidas através do estudo das plantas, cadernos de encargos, memoriais descritivos etc. (SANTUCCI, 2015).

O diagnóstico da manifestação patológica nos 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 (HELENE, 2003).

2.4.3 Definição de conduta

Após a realização da coleta de dados, modelagem da hipótese em questão e diagnóstico julgado adequado, como próximo passo têm-se a definição da terapêutica a ser adotada, a estratégia de intervenção ou plano de ação com objetivo principal de resolução do problema. A definição da conduta a ser adotada, engloba decisões técnicas especificadas pelo responsável, como por exemplo, o tipo de material a ser usado, mão de obra e equipamentos. Inicialmente é feito o prognóstico da situação, onde se analisa a hipótese de reincidência do problema, e análise de várias alternativas de intervenção, a fim de julgar a mais adequada e menos onerosa, com intuito de relacionar o melhor custo/benefício (DO CARMO, 2003).

A escolha dos materiais e das técnicas a serem empregadas depende do diagnóstico, das características da região e das exigências de desempenho do elemento. O plano de intervenção é feito levando-se em conta 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).

Quanto às técnicas recomendadas para execução dos reparos necessários, Helene discorre:

> [...] para obtermos uma seleção correta das técnicas e materiais de intervenção mais adequados, é preciso determinar preliminarmente a

> função ou funções que estas deverão cumprir uma vez em serviço [...] podemos optar por cinco alternativas distintas de intervenção que comportam em si diferentes formas de atuação [...] (HELENE, 2003, p. 166-167).

– **Atuações emergenciais:** Ações que terão de ser executadas rapidamente para remediar lesões que podem ser perigosas no uso do edifício e que comprometem diretamente o seu desempenho. Muitas vezes este tipo de intervenção é somente tido como caráter provisório, tendo como propósito inicial o de manter a estrutura em serviço, evitando assim maiores riscos aos usuários durante a realização do diagnóstico e até mesmo durante a execução do reparo definitivo (HELENE, 2003).

– **Atuações de prevenção e proteção:** São intervenções que tem como principal propósito desacelerar o processo de degradação da estrutura, tal conceito visa limitar as variáveis de uso estabelecidas previamente protegendo diretamente o elemento em questão, realizando manutenção e controle periódico das partes críticas, as prevenções mostram-se ferramentas muito úteis quando a estrutura não se encontra em estado limite de desempenho (HELENE, 2003).

– **Reparos:** Se houver a degradação do componente estrutural, a fim de recuperar o desempenho inicial, deve-se definir reparos à região afetada, esta alternativa deve levar em conta um diagnóstico completo, com intuito de determinar a intensidade dos trabalhos a serem realizados (HELENE, 2003).

– **Reforços:** Alternativa usada com intenção de reestruturar a peça de sustentação recorrendo a novas alternativas tecnológicas para haver o suprimento dos novos esforços através do aumento da capacidade portante do elemento (HELENE, 2003).

– **Substituição da estrutura:** Esta alternativa é usada quando é inviável o uso de reforços, e o componente estrutural já não supre o seu desempenho inicialmente arbitrado, então, elimina-se fisicamente o componente estrutural substituindo-o por outro elemento novo (HELENE, 2003).

Após a definição de conduta realizada e executada com êxito, é importante o armazenamento dos dados obtidos durante todas as etapas do processo de resolução das manifestações apresentadas, tais como, relatórios fotográficos, procedimentos utilizados, soluções adotadas etc., de maneira que a transmissão de informações seja ativa nesta área da engenharia, sendo as informações obtidas as principais ferramentas que o profissional pode ter para resolução de patologias na construção civil (CREMONINI, 1988).

A definição da terapia deve ter como parâmetros a especificação do desempenho pretendido e o nível de qualidade exigido para a intervenção, a melhor alternativa é a que apresenta os níveis de desempenho e qualidade exigidos a um menor custo. Para efeito de análise dos custos deve-se levar em consideração a quantidade de dinheiro a ser aplicado até o fim da vida útil da edificação, pois alguns procedimentos não cumprem os requisitos de desempenho desejados durante muito tempo (DO CARMO, 2003).

A escolha de uma alternativa de intervenção e formulação de um plano de ação adequado é viável se houver disponibilidade de recursos tecnológicos e financeiros para sua execução, sempre deve ser levada em consideração a engenharia financeira da terapêutica adotada, procurando a melhor relação custo/benefício aplicada à patologia, dentre os recursos tecnológicos pode-se citar as técnicas utilizadas para projetar e controlar a qualidade dos serviços e os materiais e equipamentos necessários, fatores de grande importância à eficácia do processo de resolução das manifestações patológicas (DO CARMO, 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 Projeto

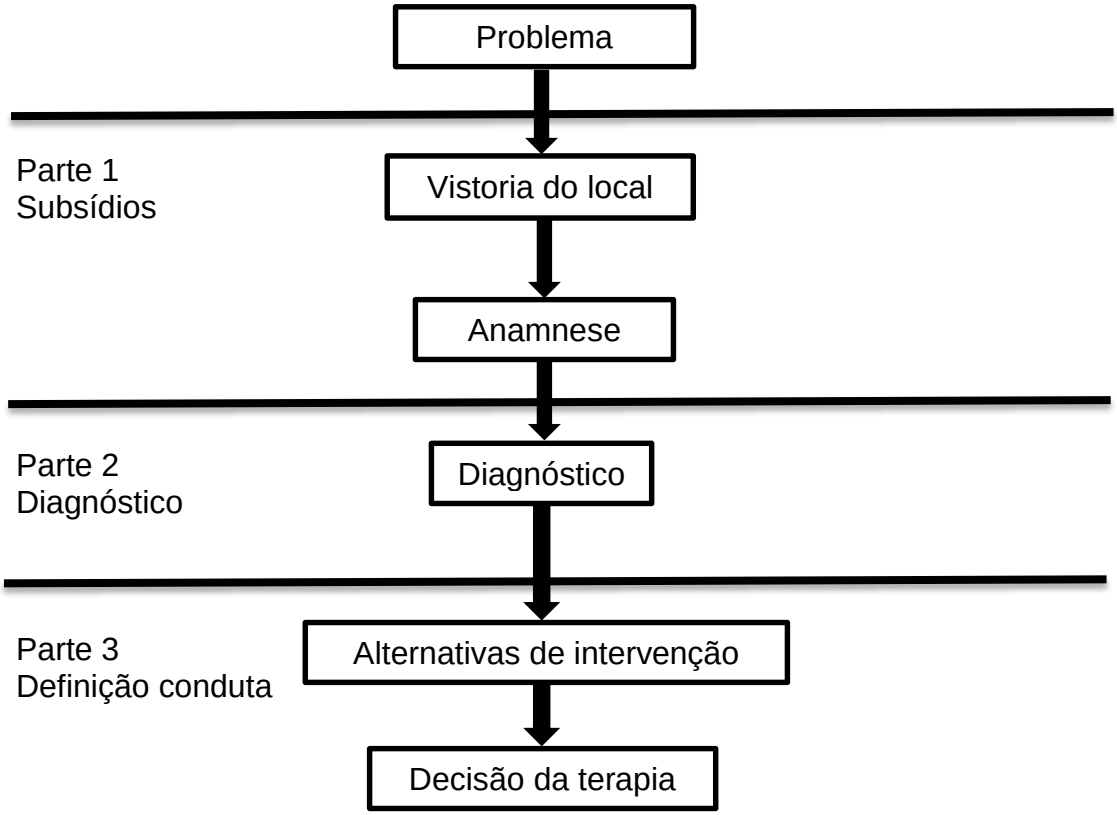
O presente capítulo é reservado ao desenvolvimento metodológico o qual tem por finalidade auxiliar no atingimento dos objetivos propostos. Para Santos (2000) as pesquisas podem ser caracterizadas segundo os objetivos, e os procedimentos de coleta, ou ainda, segundo as fontes utilizadas na coleta de dados. O modelo de pesquisa científica empregada conforme os objetivos, pode ser classificado como experimental de caráter exploratório (SAMPIERI, 2006).

O estudo é de caráter exploratório sobre os conceitos relevantes para a construção de uma base teórica com o objetivo de propor uma aplicação ordenada e sistemática sobre patologias na construção civil. Conforme as fontes utilizadas na coleta de dados, pode-se dizer que o trabalho apresenta características de revisão bibliográfica, pois os dados obtidos no campo de coleta são tidos como matéria-prima para raciocínios e conclusões a respeito dos fenômenos e manifestações patológicas catalogadas (SANTOS, 2000).

O trabalho propõe um estudo preliminar qualitativo, utilizando métodos e modelos de análise de problemas, fazendo uso de tipologias e conceitos coletados durante a revisão bibliográfica e aplicando a metodologia básica para resolução de problemas proposta por Lichtenstein e apresentada a seguir na Figura 5. A pesquisa

ainda traz como modo de abordagem quantitativo, através de deduções lógicas no entendimento dos fenômenos.

Figura 5 – Etapas da metodologia de análise de patologias da construção civil utilizadas na investigação do edifício.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2015.

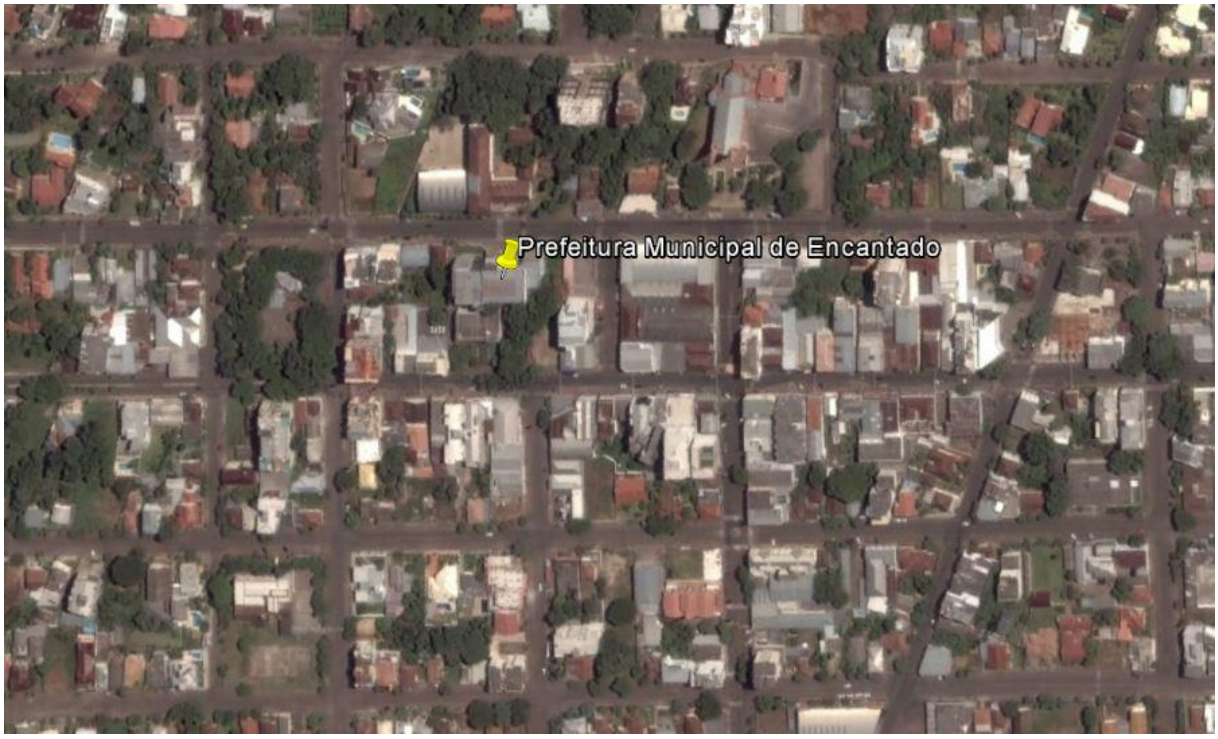
Quanto à natureza ou modo de abordagem, o trabalho pode ser definido como pesquisa aplicada, pois gera conhecimentos úteis a fim de auxiliar no processo de formulação de planos de ação. O procedimento de coleta de informações é na forma de pesquisa bibliográfica, utilizando livros, artigos, monografias e teses, bem como, pesquisa de estudo de caso com caráter dedutivo usando teorias conhecidas em premissas verdadeiras.

Como base para realização do trabalho, foi avaliada uma edificação que apresenta um elevado quadro de patologias, situada na cidade de Encantado, no Vale do Taquari – RS. As manifestações patológicas encontradas serviram como objeto de estudo, pesquisa e análise através de deduções das hipóteses causadoras e possíveis alternativas de intervenção geradas a partir do diagnóstico.

3.2 Edificação considerada para a pesquisa

A edificação analisada no presente trabalho é o prédio da sede da Prefeitura Municipal de Encantado – RS, um edifício comercial e corporativo de seis pavimentos, com 5.884,95 m² de área construída, encontra-se situada na Rua Monsenhor Scalabrini, no Centro da cidade (Figura 6). A edificação, foi projetada em 1987, começou a ser executada no ano de 1988 e concluída já na década de noventa, no ano de 1993, passando a exercer as especificações do projeto plenamente ao mesmo ano. Trata-se de um edifício executado em concreto armado, moldado in loco, com elementos de vedação externos em alvenaria de tijolos maciços e elementos de vedação interna mista de alvenaria de tijolos cerâmicos vazados e divisórias de chapas de madeira compensada com vidros. A edificação ainda conta com três auditórios no segundo, terceiro e quinto pavimentos, com especificações de desempenho térmico, acústico e lumínico diferentes dos demais ambientes.

Figura 6 – Imagem de satélite do edifício investigado.



Fonte: Google Earth, 2015.

3.3 Dados considerados para a pesquisa

Os métodos utilizados para a análise das manifestações patológicas apresentadas na edificação baseiam-se em dados coletados nas visitas técnicas realizadas, análise do histórico da edificação com pessoas envolvidas na concepção do edifício, técnicas construtivas adotadas, análise de ocorrência de manutenções periódicas, formulação de relatórios fotográficos, análise de memoriais descritivos, plantas disponíveis etc. Com objetivo de elaborar um diagnóstico acessível e de fácil compreensão propondo possíveis alternativas de intervenção para as patologias encontradas.

Em um primeiro momento fez-se uma vistoria inicial, por pavimento da edificação, sem haver uma preocupação com a catalogação das manifestações patológicas ou com o nível de deterioração dos elementos construtivos com desempenho insatisfatório. A partir desta visita, foi organizada uma tabela que possibilitou uma coleta de dados sistemática através do quantitativo de manifestações patológicas por sistema construtivo relacionando a patologia a prováveis causas de geração do problema apresentado.

Após a coleta de dados durante visita técnica, elencaram-se as manifestações patológicas por sistema construtivo através da formatação de gráficos e tabelas, com intenção facilitar a assimilação do dados e criar prioridades quanto a formulação do diagnóstico, levando-se em consideração a quantidade de manifestações e critérios como atribuições estruturais, grau de insalubridade, segurança dos usuários e aspectos estéticos respectivamente para cada elemento que apresentou patologias na edificação. Foram realizadas diversas vistorias técnicas na edificação, acompanhadas de câmera fotográfica, paquímetro, nível e prumo com intuito de analisar o grau das manifestações patológicas coletadas quanto aos níveis de desempenho apresentados após o surgimento dos problemas.

A proposição de alternativas de intervenção e definição da conduta adequada foi realizada através da organização dos dados coletados quanto as prováveis causas das manifestações, procurando formular um plano de ações interventivas

para as maiores causas geradoras de patologias apresentadas no edifício investigado.

Através da análise dos dados organizados em um gráfico foi possível criar prioridades quanto ao sistema construtivo que necessita de realização de reparos conforme suas atribuições, grau de comprometimento de desempenho e principal causa geradora da patologia, criando um plano de ações interventivas que visa frear os mecanismos de ocorrência da patologia nos três sistemas construtivos que apresentaram maior quantidade de manifestações patológicas.

Após a proposição das alternativas de intervenção para os elementos afetados, propôs-se uma sequência seguindo a ordem de importância para realização dos reparos conforme o nível dos agravos, atribuições estruturais do elemento danificado, ação contínua das causas geradoras sobre as manifestações existentes, facilidade na execução dos reparos, disponibilidade de ferramentas e materiais necessários na região onde se encontra o edifício, além de exemplificar a necessidade da realização das ações sem cessão das atividades e de forma gradativa, a fim de manter o edifício exercendo suas devidas funções e possibilitando uma análise pormenorizada de cada situação de maneira isolada, facilitando assim os serviços técnicos de engenharia aplicados no plano de ações interventivas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

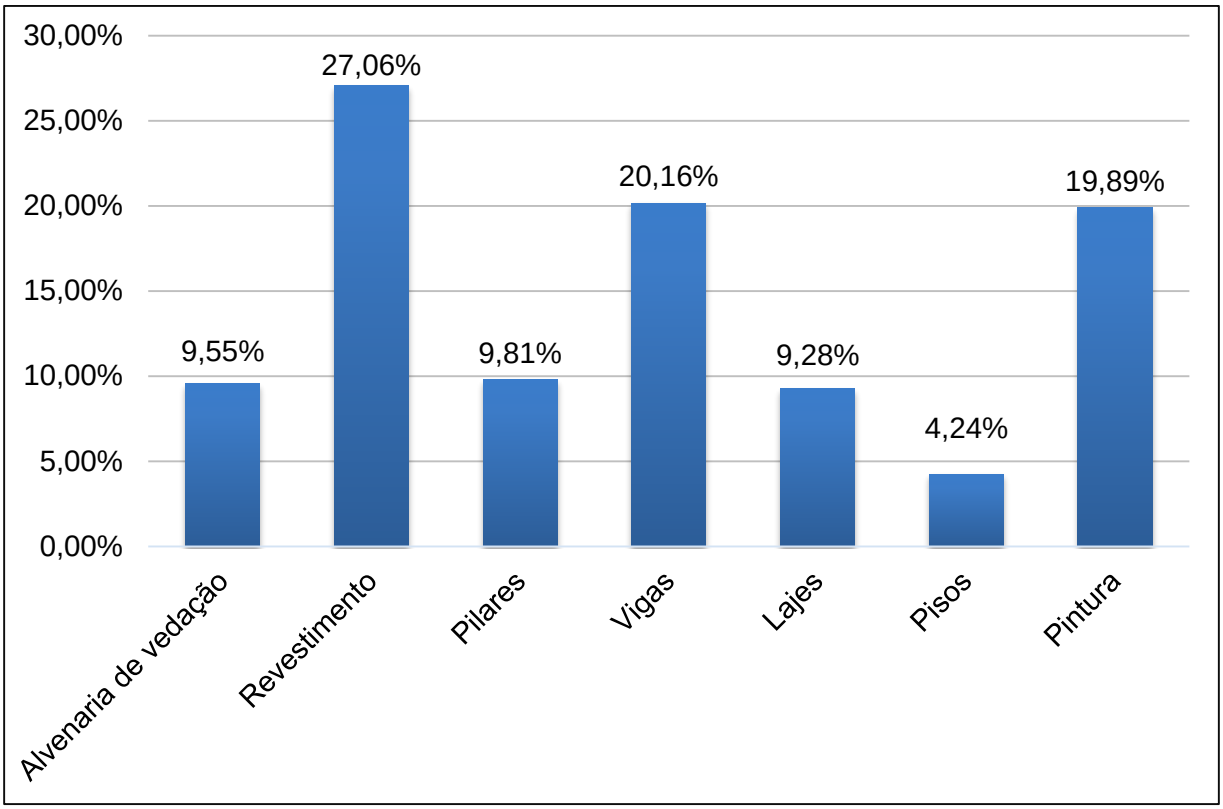
4.1 Detecção de manifestações patológicas em visitas técnicas

Foram realizadas visitas técnicas com objetivo de catalogar as manifestações patológicas detectadas na edificação, estas visitas foram acompanhadas de uma tabela resumo das patologias, elaborada pelo autor conforme a bibliografia pesquisada. A tabela apresenta o resumo das patologias encontradas, mapeadas conforme o tipo e provável causa geradora do defeito a fim de sistematizar a análise dos dados. A tabela contendo o quantitativo de manifestações patológicas está apresentada no Anexo 1.

4.2 Análise dos resultados

Por meio dos dados coletados através da tabela de vistoria, foi realizado o mapeamento de patologias por elemento construtivo, através da elaboração de um gráfico, com a finalidade de analisar qual dos elementos construtivos que compõe a edificação possui o desempenho mais comprometido, necessitando da formulação de diagnóstico para posterior elaboração de um plano de ações interventivas. A Figura 7 apresenta os níveis percentuais de patologias separados por elemento construtivo.

Figura 7 – Percentual de patologias por sistema construtivo da edificação.



Fonte: Autor, 2015.

O mapeamento das manifestações patológicas por elemento construtivo teve como principal objetivo analisar a real necessidade da realização de um plano de ação, abalizando as manifestações conforme a que apresentou o pior desempenho, procurando diferir elementos estruturais dos demais a fim de analisar a conduta adequada a ser realizada conforme o nível dos agravos encontrados.

Os sistemas construtivos que possuíram maior comprometimento de seu desempenho foram os revestimentos externos e internos da edificação, porém cabe ressaltar o quantitativo de patologias encontradas nas vigas de concreto armado, havendo um grande quadro de fissuração, desagregação e exposição das armaduras de aço, além da elevada quantidade de manifestações patológicas na pintura interna e externa do edifício. Não se mostrou necessária a intervenção emergencial para estes sistemas construtivos, porém faz-se necessário a realização de reparos localizados e atuações de prevenção e proteção a fim de manter os níveis de desempenho a padrões mínimos de aceitabilidade sensorial e procurando

frear os mecanismos de ocorrência de patologias nestes elementos, visando a segurança, saúde e conforto dos usuários da edificação.

4.3 Anamnese

Após a realização da coleta e organização dos dados e formulação de um relatório fotográfico das manifestações patológicas, realizou-se o estudo do histórico da edificação. Para facilitar no entendimento das manifestações patológicas e gerar uma relação de causa e efeito das patologias. Foi realizada uma entrevista com o responsável técnico do projeto estrutural e execução da obra.

O profissional relatou que à época da construção os materiais e técnicas utilizados não eram industrializados como na atualidade e que tampouco eram exigidos padrões mínimos de desempenho para os elementos construtivos e não havia controle de qualidade ou de insumos na construção civil regulamentados por normas técnicas e devidamente fiscalizados.

O concreto fora fabricado no canteiro de obras, algo inimaginável nos dias de hoje se analisada a quantidade total necessária para a concretagem de todas as peças, o traço utilizado foi 1:2:3 (cimento, areia e brita) devendo atingir a resistência Fck 15 Mpa utilizada para realização do cálculo estrutural do edifício. Além do concreto, as formas para os elementos estruturais e suas armaduras também foram industrializadas no canteiro de obras. Ressaltou ainda que o edifício foi sendo executado conforme a municipalidade dispunha de verbas, sendo o prédio construído em etapas, onde primeiramente foram executados os elementos estruturais (vigas, pilares e lajes), todos moldados in loco, para somente após serem executados as alvenarias de vedação, e acabamentos do edifício.

O engenheiro responsável ainda ressaltou que grande parte dos problemas que surgiram foram decorrência da falta de manutenção do prédio, bem como, a não realização de um projeto adequado de impermeabilização das lajes da platibanda, vigas de concreto armado e demais sistemas que compõem o edifício, sendo o projeto de impermeabilização da cobertura executado somente alguns anos depois.

4.4 Diagnóstico

O processo de diagnóstico das manifestações patológicas encontradas foi realizado com base nas vistorias feitas no local da obra, através da observação dos principais problemas encontrados no edifício, analisando sua aparente relação com as características do problema.

Fez-se também o uso da ferramenta de anamnese, que relatou os principais problemas ocorridos durante a concepção da edificação, assim como, uso da bibliografia, relacionando os defeitos encontrados com defeitos já catalogados em livros de autores referência na área.

Para a formatação do diagnóstico, não houve necessidade de realização de ensaios laboratoriais, tendo em vista a possibilidade de entendimento dos fenômenos e formulação de sua hipótese causadora através das etapas previamente citadas.

Com intuito de direcionar a investigação para os elementos construtivos que apresentaram um elevado quadro de patologias, primeiramente foram analisados os sistemas que tiveram maior incidência de manifestações, através da organização dos dados coletados em uma tabela, apresentada a seguir.

Tabela 3 – Quantitativo total de patologias da edificação por sistema construtivo.

ELEMENTO	QUANTIDADE DE MANIFESTAÇÕES	PERCENTUAL (%)
Alvenaria de vedação	36	9,55%
Revestimento	102	27,06%
Pilares	37	9,81%
Vigas	76	20,16%
Lajes	35	9,28%
Pisos	16	4,24%
Pintura	75	19,89%
Total de patologias	**377**	**100,00%**

Fonte: Autor, 2015.

Através da análise dos dados coletados e organizados na tabela acima, foi criada uma ordem de importância para formulação do diagnóstico das manifestações

patológicas de cada elemento. Como se pode observar, o elemento que apresentou maior quantidade de patologias fora o revestimento de argamassa, porém por não se tratar de um elemento estrutural e não havendo necessidade de atuações emergenciais por riscos de colapso ou segurança dos usuários, optou-se em primeira instância pela formulação do diagnóstico das patologias das vigas de concreto armado.

4.4.1 Vigas de concreto armado

Dentre os problemas mais visualizados nas vigas da edificação, se pode citar a desagregação do concreto, exposição das armaduras, falta de cobrimento e elevado quadro de fissuras, como exemplificado nas Figuras 8, 9 e 10. Tais patologias não possuem mecanismos isolados de ocorrência, havendo uma relação tênue entre estes fenômenos gerando assim uma cadeia que causa o aumento do grau das patologias caso não houver ações de intervenção a fim de frear os mecanismos de ocorrência.

A norma técnica NBR 6118 (ABNT, 2014) prevê um quadro de fissuração máximo para elementos de concreto armado, os critérios são pré-dispostos por coeficientes arbitrados conforme o tipo de edificação. O estado limite de serviço para peças de concreto armado atende a dois critérios arbitrados pela norma, o estado limite de deformações excessivas dispõe que a deformação máxima admissível para elementos de concreto armado não poderá ultrapassar o vão livre da estrutura dividido por 250 (L/250). Quanto ao estado limite de abertura de fissuras (ELS-W), o critério pré-disposto é de abertura máxima de 0,4 mm, atendo assim os critérios de aceitabilidade sensorial. Cabe ressaltar que à época da realização do projeto e execução do edifício a norma técnica de cálculo de estruturas de concreto armado e procedimento executivo apresentava outras especificações que foram sendo atualizadas ao passar do tempo, havendo diferenças quanto as exigências e critérios da atualidade e os da época de concepção da edificação.

As patologias encontradas nas vigas de concreto armado da edificação são das mais diversas configurações, porém cabe ressaltar a formação dos chamados ninhos de concretagem, saturação das partes inferiores das vigas e a desagregação

do concreto por efeito da expansão volumétrica do aço, gerado pelos produtos químicos decorrentes da corrosão das armaduras, como por exemplo, o óxido ferroso. A expansão volumétrica das barras de aço da armadura acabou por criar um quadro de fissuração e desagregação do concreto de grande escala, como se pode ver na Figura 8 e Anexos 2, 3 e 4.

Figura 8 – Ninho de concretagem em viga do quinto pavimento do edifício.

Fonte: Autor, 2015.

As armaduras distribuídas nas peças de concreto armado são colocadas nas proximidades de suas superfícies, no caso de falta de cobrimento ou de concreto mal adensado há a exposição das barras de aço a agentes nocivos, como por exemplo, a água e o próprio ar, tais elementos geram o desencadeamento de processos de corrosão, que inevitavelmente comprometem o desempenho das peças, como pode ser analisado nas Figuras 9 e 10 (THOMAZ, 1989).

Conforme Thomaz:

> As reações de corrosão, independentemente de sua natureza, produzem óxido de ferro, cujo volume é muitas vezes maior do que o original do metal são. Essa expansão provoca o fissuramento e o lascamento (“spalling”) do concreto nas regiões próximas às armaduras [...] (THOMAZ, 1989, p. 124).

Figura 9 – Falta do cobrimento mínimo necessário em viga do segundo pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Figura 10 – Cadeia de desagregação do concreto por oxidação da armadura em viga do quarto pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Dentre os principais agentes causadores deste determinado tipo de patologia, se pode citar a falta de qualidade das matérias primas utilizadas na execução das peças, além do concreto ser preparado manualmente por betoneiras no próprio canteiro de obras, não havendo garantias quanto à sua resistência estrutural. Outra possível causa geradora destas manifestações patológicas refere-se à fase de planejamento e projeto da edificação, que não prevê um cobrimento maior das barras de aço, facilitando assim sua exposição à água e ao ar do ambiente, causando maiores agravos ao problema, porém, a maioria das peças foi executada atendendo os critérios pré-dispostos na norma técnica utilizada na época de execução do edifício que especificava cobrimento mínimo de armaduras em 1,00 cm para elementos de concreto armado moldado in loco, mostrando assim a defasagem das técnicas utilizadas na época de concepção do edifício, bem como, sua evolução comparada aos dias de hoje.

Durante a fase de uso, destaca-se a falta de realização de manutenções periódicas e realização de procedimentos interventivos para as peças danificadas, tendo em vista que são elementos estruturais que afetam diretamente na vida útil do edifício e comprometem a funcionalidade do elemento construtivo e da edificação como um todo.

4.4.2 Revestimentos de argamassa

O elemento que apresentou maior grau de deterioração e desempenho abaixo dos níveis originais aos quais projetados foram os revestimentos de argamassa, gerando um percentual da ordem de 27,06% do total das manifestações, conforme analisado previamente.

As Figuras 11 e 12 apresentam o quadro de fissuração dos revestimentos externos do edifício. Nota-se que a característica das fissuras não se assemelha, apesar de manifestarem-se no mesmo sistema construtivo, mostrando que suas prováveis causas são distintas e decorrentes dos mais variados fatores.

Dentre as principais possíveis causas de surgimento de patologias de revestimento, têm-se: a qualidade dos produtos utilizados para execução do

revestimento, falta de limpeza gerando resíduos desmoldantes, argamassa com baixo consumo de cimento, chapisco com elevado teor de POZ (material pozolânico) ou AF (escória de alto forno), chapisco executado com resina acrílica havendo prazo excessivo de cura até a aplicação das demais camadas do revestimento, baixa coesão ou compacidade da argamassa, desagregação por insuficiência de teor aglomerante do cimento, areia com presença de material silto-argiloso, erro na aplicação das espessuras das camadas, presença de umidade e expansão da argamassa de assentamento (DO CARMO, 2003).

Figura 11 – Fissuras no revestimento externo de fachada.

Fonte: Autor, 2015.

Como citado, são inúmeras as possíveis causas que contribuem com a formação de manifestações patológicas em revestimentos argamassados, sendo, da mesma forma, inúmeras as possíveis terapias a serem adotadas para estas patologias.

As fissuras causadas por retração da argamassa de revestimento são distribuídas uniformemente em forma de mapas e constantemente se cruzam formando ângulos próximos de 90º. São diversos os possíveis agentes causadores deste tipo de fissura na edificação, destacando-se: falta de aderência com a base, quantidade de camadas aplicadas e suas espessuras, tempo decorrido de aplicação entre camadas e rápida perda de água durante a cura causada por ações externas (THOMAZ, 1989).

Figura 12 – Fissuras no revestimento externo de fachada.

Fonte: Autor, 2015.

Segundo Thomaz “[...] se duas fissuras cruzarem-se com ângulos muito distintos de 90º, pelo menos uma delas não terá sido causada por retração” (THOMAZ, 1989 p. 115).

Na Figura 13 e Anexos 6 e 7, observam-se fissuras causadas por falhas na etapa de execução da obra, estas trincas geralmente ocorrem devido a insuficiência de apoio da contraverga para ambas as janelas e demais detalhes arquitetônicos.

Figura 13 – Fissura causada por falta de contraverga.

Fonte: Autor, 2015.

Ainda devido à umidade excessiva existente no solo e das águas pluviais presentes no edifício, conforme visitas técnicas e relato do responsável técnico pela execução da obra, grande parte do quadro de patologias relaciona-se ao elevado grau de umidade ascendente, seja pela falta de manutenção adequada e limpeza frequente das áreas atingidas pela chuva ou pelas próprias características de implantação da edificação (orientação solar, teor de umidade do solo etc.).

Os sucessivos ciclos de umedecimento e secagem das camadas que compõem o revestimento externo da edificação favorecem a deterioração deste elemento, através do aumento gradativo do quadro de fissuração, a penetração de água se torna cada vez maior e mais fácil, consequentemente aumentando a quantidade de fissuras, conforme exemplificado na Figura 14 e Anexos 8, 9 e 10.

Figura 14 – Fissuras das camadas componentes do revestimento do peitoril de sacada externa.

Fonte: Autor, 2015.

Na Figura 14 ainda se pode observar a desagregação do concreto da cinta de amarração da alvenaria causando a exposição das barras de aço da armadura, a principal causa está associada com a penetração de água pelas fissuras deixando o nível de fissuração bastante acentuado, gerando desconforto e sensação de insegurança aos usuários da edificação por se tratar do peitoril de uma sacada em balanço. Há também o fator de expansão volumétrica por corrosão das barras de aço, característica que também acentua os níveis de deterioração.

Ainda foi constatada a desagregação dos revestimentos de argamassa na parte interna da edificação, como exemplificado na Figura 15. Como principais causas para este determinado tipo de patologia pode-se citar os agregados utilizados durante a execução da argamassa de revestimento, podendo haver teores excessivos de argilas, areia fina ou mica, ainda há possibilidade da desagregação da argamassa ter sido causada por erros na escolha do tipo de tinta utilizada, sendo

que se executadas prematuramente, sem adequado tempo de cura, o grau de carbonatação não será suficiente para gerar resistência à camada de reboco gerando deslocamento da camada de emboço. Como possível hipótese há ainda a ocorrência de infiltrações na parte externa da parede, causada pela penetração de água através das fissuras presentes na fachada.

Figura 15 – Desagregação do revestimento de argamassa em parede interna no quinto pavimento do edifício.

Fonte: Autor, 2015.

4.4.3 Pinturas

As pinturas são tidas como materiais de acabamento, sempre havendo uma preocupação com seu desempenho estético, porém é nítida a função das pinturas como agente com função de impermeabilização de superfícies, como, revestimentos de argamassa, esquadrias metálicas e de madeira entre outros componentes de uma edificação (DO CARMO, 2003).

As patologias das pinturas, estão associadas a falhas ocorridas durante a fase de execução e de materiais do processo de concepção do edifício, geralmente

acontecem por descuidos quanto a estocagem das tintas ou uso indevido, havendo decréscimos quanto ao desempenho apropriado do produto. Dentre as patologias das pinturas catalogadas, podem-se destacar as eflorescências, saponificação, desagregação, descascamentos, manchas, crateras, enrugamento, bolhas e fissuras sendo os seus mecanismos de ocorrência os mais variados (DO CARMO, 2003).

Assim como para os revestimentos argamassados, são diversas as causas geradoras de patologias nas pinturas de uma edificação, sendo assim, inúmeras as alternativas de intervenção, porém o mais recomendado é a remoção completa da pintura com danificada e renovação através de uma nova aplicação seguindo uma prática de execução adequada e que respeita todas as etapas do processo, com intuito de cessar o surgimento de manifestações patológicas na pintura do edifício.

A Figura 16 e o Anexo 11 trazem um exemplo de desagregação da pintura externa do edifício, onde há a destruição da pintura que se esfarela juntamente com o reboco. Esta manifestação está relacionada a erros cometidos na execução do elemento, que fora aplicado antes da cura completa do reboco. Ainda pode-se notar a existência de manchas causadas por pingos de chuva, sua ocorrência está relacionada com a reação dos agentes solúveis da tinta com a água, causando o surgimento das manchas, porém, sua eliminação é simples, bastando realizar a lavagem do local sem esfregar, o que mostra que a origem do problema ocorreu na fase de uso do edifício, por falta de limpezas periódicas.

Dentre as patologias de pinturas catalogadas na edificação, ainda se constatou a existência de bolhas e saponificação na pintura externa e interna da edificação, como se pode analisar na Figura 17 e Anexos 12 e 13. As bolhas são geralmente causadas pela aplicação da tinta diretamente à superfície da massa corrida, sem utilização de fundo preparador. A saponificação ocorre devido à presença de altos níveis de alcalinidade, em virtude do elevado grau de umidade presente, o substrato reage com a acidez típica das tintas, ocorrendo o fenômeno designado saponificação.

Figura 16 – Desagregação de pintura externa do edifício.

Fonte: Autor, 2015.

Figura 17 – Bolhas e saponificação da pintura externa de laje do edifício.

Fonte: Autor, 2015.

Constatou-se também, a ocorrência de eflorescências na pintura interna e externa do edifício, conforme a Figura 18, este fenômeno caracteriza-se pelo aparecimento de manchas esbranquiçadas na superfície da pintura, tais manchas acontecem quando a estrutura é submetida a elevados teores de umidade externa e interna, fazendo o concreto reagir liberando álcalis e consequentemente aumentando os níveis de alcalinidade na peça, gerando assim a formação das manchas, esta manifestação remete a fase de execução do processo de concepção do edifício.

Figura 18 – Eflorescências na pintura externa em sacada do edifício.

Fonte: Autor, 2015.

4.4.4 Alvenarias de vedação

As manifestações patológicas que englobam os elementos de alvenaria de vedação da edificação se caracterizam principalmente por fissuras com as mais diversas causas e mecanismos de formação, podendo ter sido causadas por tensões excessivas, deformações dos elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e fundações), ação do vento nas fachadas ou choques e vibrações. (DO CARMO, 2003).

As fissuras dos elementos de vedação no primeiro pavimento da edificação, possuem um elevado grau de abertura e tamanho. A Figura 19, e os Anexos 14 e 15 mostram fissuras paralelas à laje do primeiro pavimento do edifício, estas apresentam seu traçado bem definido estendendo-se por todo comprimento da parede. As possíveis hipóteses causadoras deste tipo de fissura podem ser diversas, tendo em vista que sua característica se aplica a vários mecanismos de ocorrência.

As fissuras do primeiro pavimento do edifício, ainda podem ter sido originadas por deformabilidade excessiva dos elementos de concreto armado, havendo esforços de flexão lateral de grande ordem na laje, acarretando no fissuramento. Ainda se pode trabalhar com a hipótese de que esta fissura tenha sido formada por elevadas movimentações térmicas da laje de concreto armado, tendo em vista que a região do Vale do Taquari sofre com variações térmicas anuais da ordem de 30º C.

Por se tratar de fissuras com diversas possíveis causas e mecanismos de formação e seu entendimento ser extremamente empírico, para realização do diagnóstico destas fissuras, mostrou-se adequada a realização de exames complementares destrutivos e semi-destrutivos, como ensaios SPT no solo, e remoção das camadas de revestimento para análise da trinca na alvenaria (fissura ativa ou não), com intuito de propor a alternativa de intervenção mais adequada, se analisado que este tipo de manifestação tende a reincidir com o passar do tempo se não for tomada a decisão correto quanto a sua terapia.

Figura 19 – Fissura em alvenaria de vedação paralela a laje do primeiro pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Para Thomaz:

> As movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura; a magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade de movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material [...] As trincas de origem térmica podem também surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento e entre os componentes de um sistema (THOMAZ, 1989, p. 19).

A movimentação térmica dos elementos estruturais causou destacamentos entre as alvenarias e a estrutura de do edifício. A fissura apresentada na Figura 20 mostra um típico mecanismo de ocorrência causado por movimentações térmicas diferenciadas entre os componentes de um sistema constituinte da edificação, neste caso, ocorreram movimentações diferenciadas entre a platibanda e as alvenarias de

vedação externa do edifício, resultando em trincas inclinadas no topo da parede do sexto pavimento.

Figura 20 – Fissura inclinada entre laje da platibanda e alvenaria externa.

Fonte: Autor, 2015.

A Figura 21 apresenta uma trinca na parede de alvenaria interna no primeiro pavimento do edifício, com mecanismo de ocorrência podendo ser decorrência dos recalques diferenciais das fundações do edifício. Para o diagnóstico desta, supôs-se que a principal causa geradora do recalque causador da fissura fora a interferência do bulbo de tensões causado pela proximidade de um edifício vizinho, tal fator aliado a falta de homogeneidade do solo e altos índices de umidade causou a manifestação patológica na forma de fissura inclinada próxima as aberturas.

Ainda como possível hipótese geradora da fissura apresentada na Figura 22, há falhas no processo executivo do edifício, sendo a execução da verga da porta sem distâncias adequadas, desta forma, excluindo-se a causa por recalques diferenciais do solo.

Figura 21 – Fissura inclinada próxima às aberturas das esquadrias.

Fonte: Autor, 2015.

“Como regra geral, as aberturas das fissuras provocadas por recalques serão diretamente proporcionais à sua intensidade; a estruturação do edifício e todas as demais condições de contorno da edificação [...]” (THOMAZ, 1989, p. 100).

4.4.5 Lajes de concreto armado.

A quantidade de manifestações patológicas encontradas em lajes de concreto armado remete principalmente à etapa de execução da obra, o quadro de patologias relaciona-se também com alterações químicas sofridas pelos materiais de construção durante os anos, pelos altos teores de umidade ascendente do solo e contato direto das armaduras com ar e água acarretando na oxidação das barras de aço, através dos mesmos mecanismos de ocorrência relatados para as vigas de concreto armado.

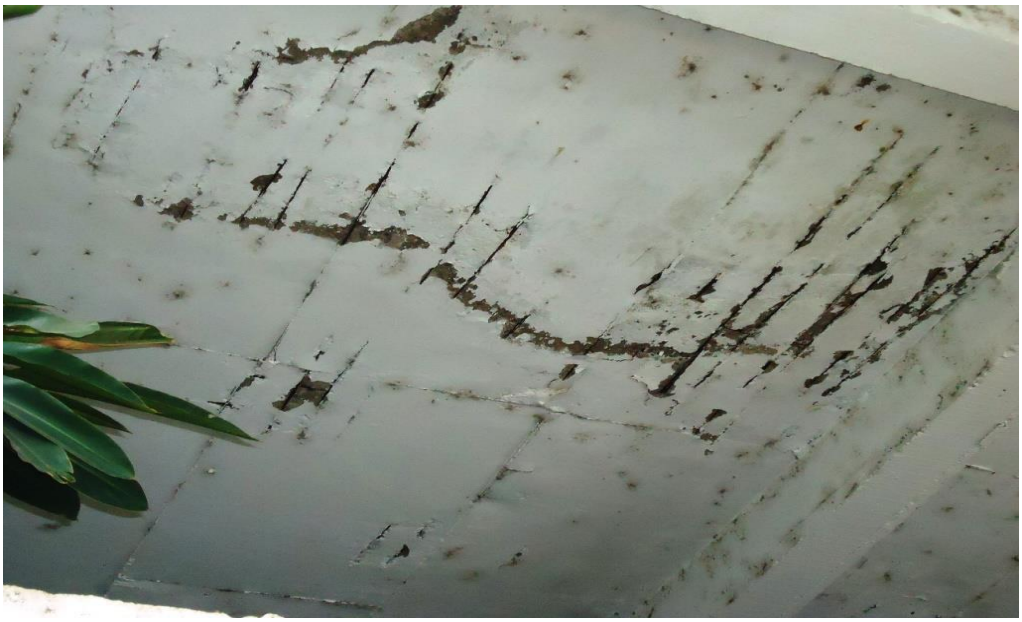
A Figura 22 e o Anexo 16 ilustram patologias decorrentes de falhas na etapa de projeto e execução das lajes de concreto armado moldadas in loco, podendo ser relacionadas a erros nas hipóteses de cálculo, não sendo considerado o cobrimento mínimo necessário para as barras de aço neste elemento estrutural no seu projeto e detalhamento, conforme especificado pela norma técnica NBR 6118 (ABNT, 2014) fator decorrente da classe de agressividade ambiental do local da construção, porém, assim como para as vigas, o cobrimento especificado pela norma técnica da época da concepção do edifício era menor, excluindo-se a hipótese de erro de cálculo, mas mostrando que o cobrimento especificado na norma à época da realização do projeto estrutural não era adequado, desencadeando um processo de formação de patologias na edificação.

Ainda há a hipótese de falta de fiscalização adequada durante a concretagem e mão de obra qualificada para a execução do serviço, havendo erros no tempo de cura do concreto e desforma das peças. Também podem ser citadas como possíveis causas para o desencadeamento deste tipo de patologia, a expansão volumétrica das barras de aço devido a reações químicas ocorridas pelo contato direto de ar e água, porém, tal fator está relacionado com a falta de cobrimento da armadura, previamente citado.

Em áreas subterrâneas com contato direto com o meio e elementos químicos com elevado teor de carbono, pode ocorrer o desencadeamento de processos de carbonatação acelerados por tal níveis de exposição, devendo haver cuidados

quanto a espessura da camada de concreto a fim de manter a peça segura contra o intemperismo presente no local, fator não constatado na Figura 22.

Figura 22 – Falta de cobrimento em laje de concreto armado no edifício.



Fonte: Autor, 2015.

4.4.6 Pilares de concreto armado

As manifestações patológicas em pilares de concreto armado restringiram-se a fissuras causadas por alterações químicas dos materiais empregados na construção civil, não havendo grande número de manifestações como se pôde analisar previamente.

Os materiais de construção são suscetíveis à deterioração por ação de substâncias químicas, principalmente soluções ácidas. As edificações, mesmo não estando em contato direto com meios fortemente agressivos que apresentem elevados teores de produtos químicos (ambientes industriais ou com grande concentração de poluentes) podem reagir com elementos básicos que compõem o meio-ambiente, como por exemplo, a água e o ar. Os materiais de construção são compostos pelos mais variados elementos químicos, que se em contato direto com estes elementos (H20 e O2) desencadeiam reações químicas que alteram suas

propriedades, os convertendo em compostos ácidos, estes altamente nocivos, e redundem ao surgimento de manifestações patológicas (THOMAZ, 1989).

A corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado acontece através de processos eletroquímicos, que tendem a manifestar-se em meios com alto teor de umidade aumentando com a heterogeneidade da estrutura e por cobrimentos insuficientes das armaduras de aço (THOMAZ, 1989).

Os casos de manifestações patológicas encontrados no edifício remetem a fissuras decorrentes de alterações químicas por corrosão de armaduras, fator este facilitado, analisando-se a falta de cobrimento nas peças de concreto armado, não obedecendo ao valor mínimo adequado prescrito na norma técnica NBR 6118 (ABNT, 2014) de 2,00 cm para o cobrimento, sendo encontradas espessuras de cobrimento da ordem de 1,00 cm como visto na Figura 23 e Anexos 17 e 18.

Uma das principais atribuições do cobrimento da armadura em peças de concreto armado é a proteção direta das barras de aço contra agentes nocivos, que reagem quimicamente com o aço, fazendo com que as barras percam seu desempenho estrutural ao qual fora projetado originalmente.

Figura 23 – Falta de cobrimento em pilar no quarto pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Através do descolamento do concreto na base do pilar, pode-se constatar que assim como para as vigas de concreto armado, as causas destas fissuras nos pilares estão relacionadas à expansão volumétrica das barras de aço devido a produtos das reações químicas de corrosão das mesmas, porém, para os pilares não foram encontradas tantas manifestações e tampouco o nível de deterioração era tão acentuado, sendo a deterioração das vigas maior que a dos pilares.

Este fator remete a diferenças quanto aos materiais e as hipóteses de cálculo na fase de projeto e execução dos pilares de concreto armado, como por exemplo: alta densidade de armadura não permitindo o cobrimento necessário, desacordo com o projeto ou falha na hipótese de cálculo, falta de homogeneidade do concreto, não havendo resistência necessária, fator agravado por este ser manufaturado no próprio canteiro de obras, grande taxa de permeabilidade (porosidade) do concreto, insuficiência de argamassa para englobar todos os agregados dentre outros possíveis fatores.

4.4.7 Pisos

As patologias em pisos de revestimento não englobaram uma quantidade significativa das manifestações patológicas, e por se tratar de um elemento que não possui atribuições estruturais, não houve grandes preocupações quanto à formatação de um diagnóstico detalhado das patologias deste sistema construtivo tampouco formulação de alternativas de intervenção.

As principais causas e mecanismos de ocorrência de manifestações patológicas nos pisos internos e externos da edificação remetem à elevada presença de água, seja por falta de limpezas periódicas ou pela ação das águas pluviais. O desenvolvimento de fungos em decorrência dos níveis de umidade acentuados acaba gerando a alteração estética do piso com a formação de manchas de tonalidades escuras. Como principal alternativa de intervenção para esta determinada patologia tem-se a realização de limpeza utilizando escovas e produtos desengordurantes à base de cloro, não devendo utilizar-se produtos de base ácida. A Figura 24 e o Anexo 19 apresentam a formação de manchas típicas de bolor no piso da sacada do quinto pavimento da edificação.

Figura 24 – Manchas de bolor causadas por umidade excessiva.

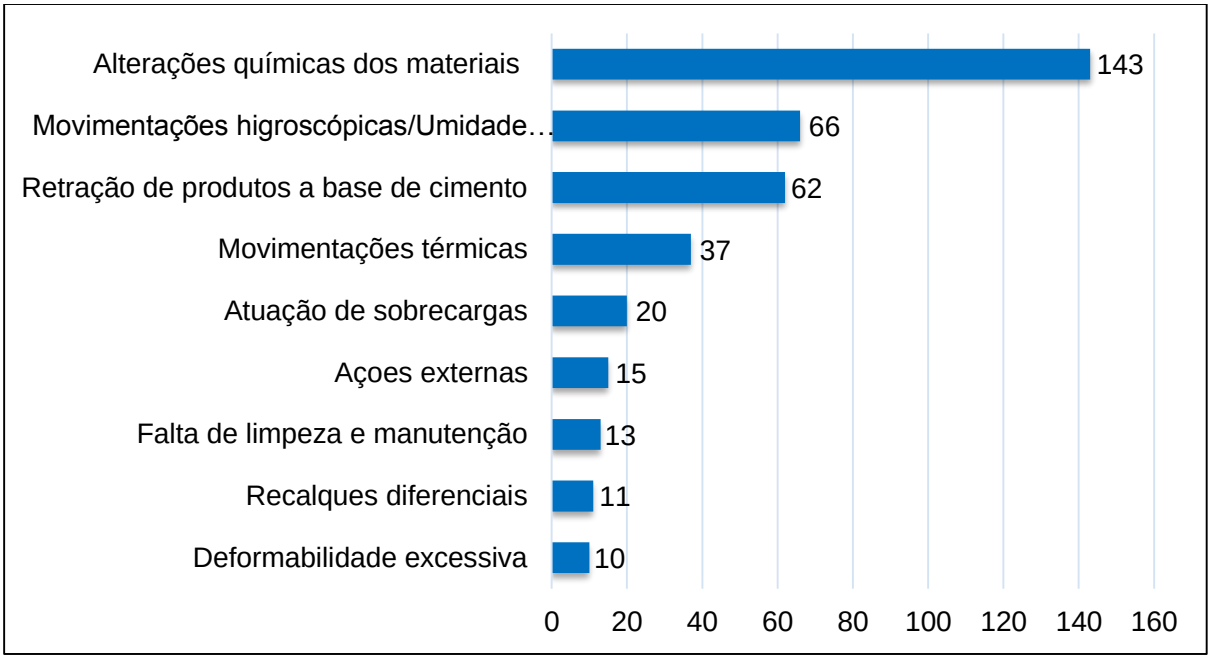
Fonte: Autor, 2015.

Na Figura 24 ainda pode-se notar a presença de umidade constante em contato direto com o piso, causando a deterioração das juntas, rebaixos no nível do piso e formação de fungos na sacada da edificação.

4.5 Alternativas de intervenção e definição de conduta

Para realização do plano de ações interventivas, organizaram-se os dados coletados de forma sistemática com a intensão de criar prioridades para os elementos que requerem maior necessidade quanto à realização de reparos. Foram analisados os dados referentes aos elementos construtivos que possuíram maior nível de patologias, mostrado previamente na Figura 7, relacionando-os com as suas principais causas e mecanismos de ocorrência. A organização e gerenciamento dos dados foram baseados nas informações coletadas seguindo o quantitativo total de manifestações patológicas apresentados no Anexo 1sintetizados e apresentados na Figura 25.

Figura 25 – Principais causas das manifestações patológicas do edifício.



Fonte: Autor, 2015.

Levando-se em consideração a importância da estabilidade estrutural, segurança dos usuários e impacto visual, bem como, o nível percentual apresentado para as patologias em vigas de concreto armado, que foi de 20,16% do total de manifestações catalogadas. Tais fatores, relacionados ao elevado nível de patologias decorrentes das alterações químicas sofridas pelos materiais de construção, optou-se pela realização de um plano de intervenção que recupere as

vigas de concreto armado, com intuito de aumentar sua vida útil e durabilidade, e frear os mecanismos geradores das alterações químicas que causaram as manifestações patológicas as quais as peças de concreto estão submetidas.

Dentre os principais aspectos a serem considerados na seleção da alternativa de intervenção, deve-se levar em consideração que as possíveis soluções são diversas e todas igualmente válidas, eficazes e viáveis se houver um estudo aprofundado quanto à sua aplicação e materiais a serem utilizados. Um fator importante para se selecionar a alternativa mais adequada é a quantidade de argumentos para optar-se por determinada opção, estes devem fornecer embasamento teórico à alternativa escolhida. Dentre os principais fatores a serem observados para escolha da alternativa podem-se citar: aspectos técnicos, econômicos, operacionais, arquitetônicos e ambientais (HELENE, 2003).

Para as vigas de concreto armado, a partir do diagnóstico gerado e da quantidade de manifestações catalogadas com origem a partir do quadro de corrosão das armaduras por alterações químicas dos materiais, propôs-se uma alternativa de intervenção, que tende a remediar a patologia e manter o desempenho das peças à níveis satisfatórios estabilizando as principais causas geradoras. Como as diversas alternativas para este tipo de manifestação patológica têm-se: remoção do concreto carbonatado, reparo superficial por toda a peça, reforço com armadura extra ou por substituição, realcalinização do concreto ou proteção superficial.

Antes de qualquer intervenção em uma estrutura afetada é essencial determinar qual a melhor estratégia a ser utilizada no caso estudado. O tipo da intervenção vai depender de como a manifestação patológica está apresentada. Para haver uma correta seleção da alternativa de intervenção conforme o nível dos agravos e a disponibilidade de materiais na região onde está inserida a edificação deve haver a análise do tipo de terapia a ser adotada (MOREIRA, 2006).

A partir da análise das manifestações foi possível selecionar o tipo de intervenção para este determinado fenômeno, como não há riscos de colapso evidentes às vigas não há necessidade de atuações emergenciais nem tanto

utilização de reforços ou substituição da estrutura, optando-se pela realização de atuações de prevenção/proteção e reparos às peças através da atuação direta localizada nas peças.

Existem diversas formas de se realizar a proteção contra corrosão e agentes corrosivos em estruturas de concreto armado afetadas por este tipo de manifestação patológica, essa proteção pode ser aplicada sobre a armadura (proteção direta) ou sobre o concreto (proteção indireta). O Anexo 20 apresenta as principais formas de atuação direta em elementos estruturais que apresentam quadro de corrosão das armaduras, seu possível campo de aplicação e as vantagens e desvantagens na sua utilização respectivamente (MOREIRA, 2006).

Os tipos de proteção direta podem ser divididos em proteção catódica ou por barreiras físicas. As proteções catódicas evitam por fenômenos eletroquímicos a corrosão das armaduras já as barreiras físicas criam uma película de proteção em torno das armaduras. Para execução da proteção catódica não é necessária à retirada do concreto carbonatado, podendo-se utilizar o método para qualquer tipo de estrutura. Porém, são métodos que exigem permanente manutenção, já as barreiras físicas exigem a retirada da camada de cobrimento do concreto (MOREIRA, 2006).

Quanto às formas de proteção indireta pode-se dividi-las em métodos inibidores de corrosão e repassivação de armaduras. Os métodos de repassivação visam recuperar a película passivadora das armaduras perdida nos processos de carbonatação ou ataque por cloretos. Já os inibidores de corrosão são incorporados à água do concreto, visando evitar o desencadeamento do processo de corrosão, preenchendo poros e fissuras que são os caminhos de entrada dos agentes agressivos (MOREIRA, 2006). O Anexo 21 mostra as principais formas de proteção indireta contra patologias causadas por corrosão.

A realização dos reparos nas vigas partiu do pressuposto de que já há a degradação do componente estrutural, sob a necessidade de ações aplicadas diretamente na região afetada, visando alcançar as condições de uso e níveis de desempenho previstos no projeto original. Optou-se então pela utilização de reparos

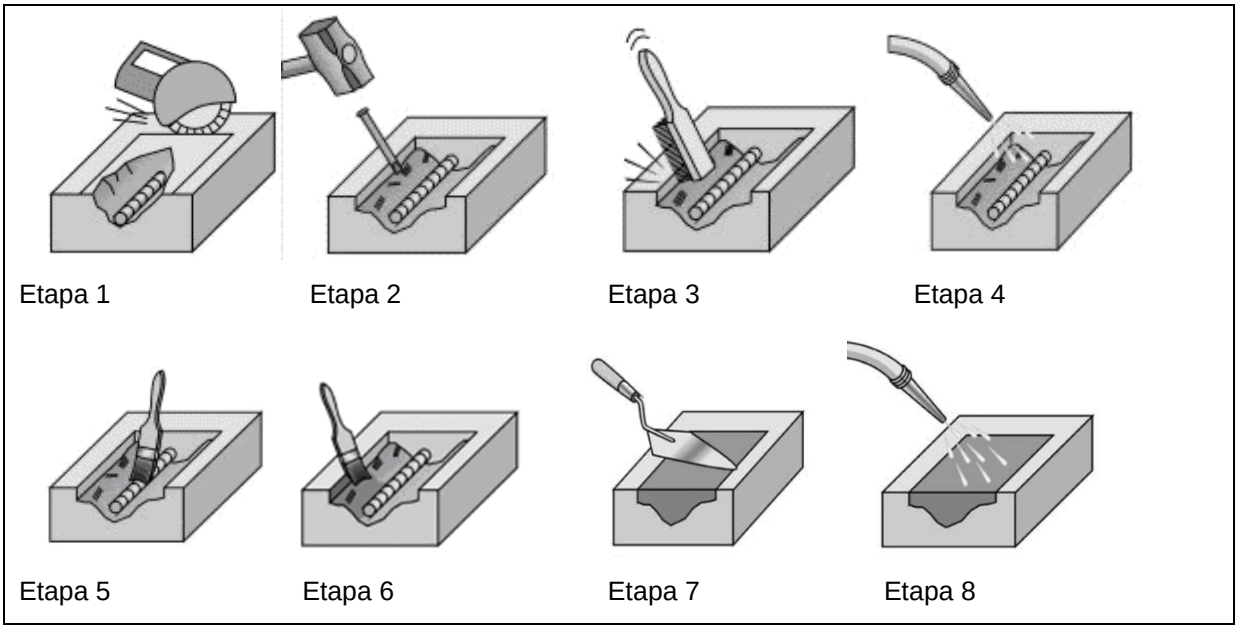
localizados e generalizados nas vigas de concreto armado do edifício, tendo em vista a facilidade na realização dos serviços, disponibilidade de ferramentas, a não necessidade de mão de obra especializada e por já haver exposição das barras de aço diretamente com o ambiente.

As etapas que compreendem os reparos localizados nas vigas são dispostas a seguir:

- Remoção do concreto contaminado, utilização de marreta, ponteiro, martelete, rompedor etc.;
- Exposição da armadura afetada;
- Limpeza da armadura atingida, com uso de escovas de aço, jato de areia ou choque térmico com água. Caso haja perda de mais de 10% da seção da barra, esta deve ser substituída;
- Imprimação da armadura através da utilização de epóxis ou argamassa com polímeros;
- Execução de ponte de aderência por material acrílico;
- Aplicação de camada de reparo por graute, argamassa estrutural modificada com polímeros, fibras ou aditivo ou argamassa com inibidores de corrosão;
- Cura;
- Aplicação de tinta protetora.

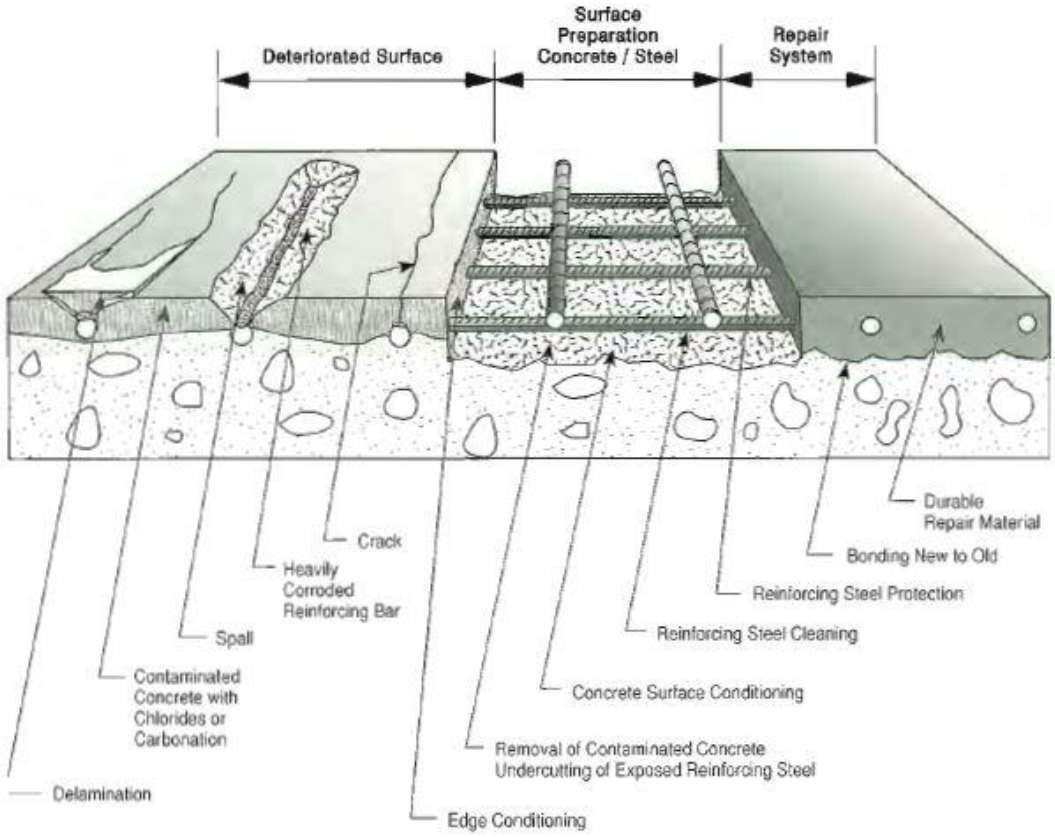
Como método destrutivo propõe-se a remoção do concreto carbonatado das peças atingidas através do uso de ferramentas comuns e de grande utilização na engenharia civil, a remoção das camadas de cobrimento e primárias das peças não trazem grandes dificuldades, observando-se que concreto carbonatado não apresenta muita resistência devido ao seu baixo nível de pH. As Figuras 26 e 27 ilustram o processo de reparo localizado em peças estruturais que apresentam quadro de corrosão da armadura longitudinal. Cabe ressaltar que o processo poderá ser utilizado não somente para as vigas, como também, para os pilares e lajes que apresentaram o mesmo tipo de manifestação patológica.

Figura 26 – Etapas para realização de processo de reparo estrutural localizado.



Fonte: MEDEIROS (2008, p. 01).

Figura 27 – Processo de reparo localizado em laje de concreto armado com quadro de fissuração causado por corrosão da armadura.



Fonte: EMMONS (1994, p. 99).

Analisando o gráfico de mecanismos de ocorrência previamente apresentado mostrou-se necessária a realização de um plano de ações interventivas que vise minimizar as principais causas geradoras de umidade na edificação, tendo em vista o número de patologias decorrentes da ação direta dos elevados níveis do teor de umidade no edifício.

Considerando que o elevado número de manifestações patológicas causadas por umidade excessiva apresenta-se nos mais variados sistemas construtivos da edificação e que tais patologias ocorreram pela falta de limpeza e manutenção adequada, optou-se pela elaboração de um plano de limpezas periódicas nas áreas que apresentaram elementos danificados. Primeiramente propôs-se a remoção das manchas causadas por formação de fungos e bolor através da limpeza das sacadas com utilização de produtos à base de cloro e esfregões, além das manchas nos pisos, a limpeza das manchas nos revestimentos e pinturas pode ser feita através do mesmo processo, sempre havendo cuidado para não agravar o nível de deterioração dos elementos.

Com intuito de manter os níveis de limpeza e umidade satisfatórios, que causem sensação de conforto e não mantenham o ambiente insalubre, bem como, freiem os mecanismos geradores de patologias, foi elaborado um quadro de limpezas quinzenais para os ambientes que apresentam manifestações patológicas causadas por umidade excessiva apresentado no Anexo 22. O quadro foi elaborado levando-se em consideração uma equipe de três funcionários, cada um, responsável pela limpeza de dois pavimentos da edificação. O quadro ainda foi organizado através do escalonamento dos funcionários por pavimento, para não haver injustiças, sendo que alguns pavimentos do edifício estão mais suscetíveis a umidades excessivas, e/ou possuem sacadas ou não. A equipe deverá efetuar a limpeza atendo-se aos pontos que apresentarem contato direto com umidade, como por exemplo, a Figura 28, procurando deixar o local seco e livre de agentes causadores de patologias por umidade excessiva.

Figura 28 – Laje interna do quarto pavimento, suscetível à umidade por goteiras.

Fonte: Autor, 2015.

Ainda procurando frear os mecanismos geradores de manifestações patológicas de uma maneira abrupta geral, agindo diretamente na natureza do problema, foi elaborado um projeto de reforma da cobertura da edificação, com intenção de minimizar as goteiras e infiltrações causadas por problemas com os materiais utilizados na cobertura do edifício. A Figura 29 e Anexos 23 e 24 ilustram um panorama geral dos problemas apresentados pela cobertura da edificação.

Os reparos realizados na cobertura da edificação ocorrerão através da substituição apenas dos elementos com desempenho comprometido, desta forma, evidencia-se a reposição das telhas de aluzinco, bem como, parte das cumeeiras e rufos.

Figura 29 – Vista panorâmica da cobertura do edifício.

Fonte: Autor, 2015.

Após vistoria realizada na cobertura da edificação constatou-se a necessidade de substituição de alguns dos materiais empregados na sua construção que já não atendem os requisitos mínimos de desempenho especificados e comprometem a funcionalidade do telhado. Neste mesmo momento ainda foram realizadas medições necessárias para graficação da planta baixa da cobertura do edifício com intuito de gerar dados palpáveis para formulação de um plano de intervenção detalhado, com a quantidade de cada item necessária para realização dos reparos localizados e formatação de uma planilha orçamentária. A partir da medição e graficação da planta baixa da cobertura da edificação, geraram-se os dados necessários quanto ao quantitativo de materiais para realização dos reparos na cobertura do edifício, juntamente com uma planilha orçamentária nos padrões SINAPI/SINDUSCON, apresentados na Tabela 4 disposta a seguir:

Tabela 4 – Planilha de quantitativo de materiais e orçamento para realização dos reparos na cobertura do edifício.

DISCRIMINAÇÃO	UN	QUANT	VALOR	TOTAL ITEM	SINAPI
Retirada de telha em zinco.	m²	5,24	R$ 337,40	R$ 1.167,98	72231
Remoção de calhas.	m	2,99	R$ 36,50	R$ 109,14	85383
Telha aluzinco (5mm).	m²	57,70	R$ 337,40	R$ 19.467,98	84038
Calha chapa galvanizada corte 50.	m	50,25	R$ 36,50	R$ 1.834,13	72105
Cumeeira.	m	48,69	R$ 13,15	R$ 640,27	75220
Rufo corte 25.	m	24,93	R$ 57,00	R$ 1.421,01	72107
Algeroz aluzinco corte 30.	m	46,00	R$ 25,20	R$ 1.159,20	Pesquisa
Algeroz aluzinco corte 25.	m	13,00	R$ 23,85	R$ 310,05	Pesquisa
Impermeabilização com manta asfáltica protegida com filme de alumínio gofrado, espessura 3mm.	m²	304,00	R$ 64,27	R$ 19.538,08	73753/1
Mão de obra limpeza/retirada calhas e instalação algerozes.	un.	1,00	R$ 680,00	R$ 680,00	Pesquisa
VALOR TOTAL DOS REPAROS					**R$ 46.337,84**

Fonte: Autor, 2015.

Para realização dos reparos na cobertura do edifício faz-se necessária a contratação de uma equipe de trabalho especializada em reformas e construção de telhados com experiência na área para a realização do serviço via processo licitatório conforme preveem as leis estaduais vigentes.

Analisando os níveis de manifestações patológicas catalogadas nos revestimentos argamassados (27,06%) e nas pinturas (19,89%) do edifício fez-se necessária a formulação de um plano de intervenção para estes sistemas construtivos elaborando-se uma série de ações de recuperação por reparos diretos localizados.

Tanto para os revestimentos argamassados quanto para as pinturas, o grau da alternativa de intervenção deverá ser conforme o nível dos agravos e o tipo de patologia apresentada no local. A fim de facilitar o entendimento deste fator, elaborou-se uma tabela que apresenta o tipo de patologia catalogada nos dois sistemas construtivos e uma possível solução para o determinado problema.

Tabela 5 – Alternativas de intervenção para os revestimentos de argamassa e pinturas do edifício.

TIPO DE PATOLOGIA	ALTERNATIVA DE INTERVENÇÃO
Fissuras mapeadas causadas por retração da argamassa de base	Renovação completa do revestimento; Renovação da pintura.
Fissuras verticais causadas por movimentações higroscópicas	Renovação completa do revestimento; Estabilização dos níveis de umidade com atuação direta através de limpeza periódica.
Fissuras horizontais	Renovação completa do revestimento após hidratação da cal base da argamassa
Deslocamento em placa	Renovação completa do revestimento; Aplicação de chapisco com argamassa de traço adequado para aumento da aderência
Vesículas	Renovação da camada de reboco; Estabilização dos níveis de umidade.
Desagregação da pintura e revestimento	Renovação da camada de reboco; Renovação da pintura.
Bolhas e saponificação da pintura	Renovação da pintura; Aplicação de fundo preparador na massa corrida; Estabilização dos níveis de umidade presentes no local.
Eflorescências	Limpeza das manchas sem aplicação de produtos com base ácida.
Fungos e bolor	Limpeza da superfície com uso de escovas e produtos à base de cloro; Secagem da superfície; Eliminação da infiltração de umidade.

Fonte: Autor, 2015.

Através da análise das alternativas de intervenção propostas para cada sistema construtivo que apresentou patologias na edificação, gerou-se uma sequência seguindo uma ordem de importância para realização dos reparos conforme o nível dos agravos, atribuições estruturais do elemento danificado, ação contínua das causas geradoras sobre as manifestações existentes, facilidade na execução dos reparos, disponibilidade de ferramentas e materiais necessários na região onde se encontra o edifício.

Desta forma, conforme a ordem dos fatores citados acima, primeiramente optou-se pela prioridade quanto à aplicação das alternativas de intervenção propostas para as vigas de concreto armado do edifício, por se tratar de um sistema construtivo com atribuições estruturais, causar sensação de desconforto aos usuários do edifício, possuir mecanismos de ocorrência atuantes e ativos sobre os pontos que apresentaram patologias, além do fato, de que os reparos localizados propostos para as vigas são aplicáveis para os demais elementos estruturais, como as lajes e pilares, podendo ser realizados para todos os demais elementos que apresentaram patologias na forma de fissuras/desagregação do concreto por expansão volumétrica decorrente de efeitos da corrosão das barras de aço.

A alternativa de intervenção seguinte aos reparos estruturais seguindo a mesma ordem de importância citada foi a aplicação do plano de ações interventivas para o sistema de impermeabilizações do edifício, através da realização dos reparos na cobertura e impermeabilização das sacadas por aplicação de produtos impermeabilizantes como emulsão asfáltica ou mantas asfálticas nos locais mais afetados pela umidade excessiva, além do quadro de limpezas periódicas elaborado, com intenção de manter o teor de umidade estabilizado periodicamente nas áreas suscetíveis a tal agente causador de patologias. A realização de um projeto adequado e funcional de impermeabilização para o edifício levou em consideração o fato de os níveis elevados de umidade apresentados pela edificação serem agentes que atuam diretamente nos demais sistemas construtivos, causando o aumento dos agravos das demais patologias.

Como terceiro sistema construtivo para aplicação das ações interventivas propostas, têm-se os revestimentos argamassados e as pinturas da edificação,

podendo o plano de ações interventivas ser aplicado simultaneamente através da remoção da pintura e camadas do revestimento de argamassa nos locais de maior degradação, realizando-se a renovação completa destes elementos, executando-os corretamente a fim de satisfazer os novos critérios de desempenho dispostos na norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013).

Por se tratar de alternativas de intervenção que atuarão praticamente em todos os sistemas construtivos componentes da edificação e englobam um elevado valor financeiro, além de não haver possibilidade de cessão temporária das atividades realizadas no edifício, por suas atribuições funcionais, propõe-se que a realização das ações corretivas e reparos sejam realizados da forma sistemática proposta, realizando análises da engenharia financeiro-orçamentária de cada patologia de forma isolada, tendo em vista a necessidade de arrecadação de verbas para que a realização dos reparos propostos ocorra de forma gradativa.

5 CONCLUSÕES

As patologias da construção civil podem ter suas origens em qualquer uma das etapas do processo denominado construção civil. Devido a tal fator nota-se a importância do controle, padronização e qualidade na execução dos serviços que constituem o processo como um todo. A importância dos métodos de controle de qualidade e referências normativas que garantam os níveis de desempenho, vida útil e durabilidade de edifícios são fundamentais, como por exemplo, a norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013), bem como, normas que servem como mecanismos de defesa para os responsáveis técnicos e usuários da edificação como a NBR 14037 (ABNT, 2013), com intuito de gerar documentos pertinentes para execução e manutenção dos elementos construtivos.

A assimilação dos dados de manifestações patológicas coletados na edificação quando traçado um comparativo com as principais manifestações patológicas ocorridas no estado do Rio Grande do Sul é evidente, se analisado que as patologias da edificação investigada se apresentaram em sua grande maioria na forma de fissuras e causadas pela umidade excessiva.

Por se tratar de um edifício corporativo/comercial com elevado fluxo de pessoas diariamente, mostra-se fundamental a realização dos reparos e ações interventivas propostas pelo trabalho, a fim de estabilizar os níveis de desempenho dos elementos construtivos que apresentaram patologias aumentando a vida útil da edificação. A importância de realização de manutenções periódicas nos elementos

após a realização das ações interventivas também se mostra uma das principais ferramentas para colaboração com o não surgimento de manifestações patológicas futuras no edifício.

Ainda pôde-se concluir que a investigação patológica de um edifício para posterior formulação de um plano de ações interventivas envolve uma série de decisões técnicas e não lineares, havendo necessidade de entendimento dos fenômenos como um todo para que a decisão tomada seja a mais adequada conforme o quadro de patologias apresentado.

Como sugestão para um trabalho futuro, pode ser realizada a engenharia financeira dos reparos propostos, realizando-se a análise dos custos das alternativas de intervenção propostas e até que ponto a sua realização vale a pena tendo em vista se tratar de um edifício de administração pública municipal.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** – Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro. 2013.

_____**. NBR 7200** – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro. 1998.

_____**. NBR 14037** – Manual de uso, operação e manutenção das edificações. Rio de Janeiro. 2013.

_____**. NBR 5674** – Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro. 1999.

_____**. NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

_____**. NBR 6122** – Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro. 2010.

_____**. NBR 13749** – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro. 2013.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais:** Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. 2ª ed. Brasília, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CORRÊA, Ederson Souza. **Patologias decorrentes de alvenaria estrutural.** Pará, 2010. Disponível em: <http://www.unama.br/graduacao/engenhariacivil/tccs/2010/PATOLOGIAS-DECORRENTES-ALVENARIA-ESTRUTURAL.pdf>. Acesso em: 15 maio de 2015.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre:** Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 01 maio de 2015.

CUNHA, Danilo J. Evangelista. **Análise de fissuração em vigas de concreto armado**. Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2011/Danilo_Jorge_Analise%20de%20Fissuracao%20em%20Vigas%20de%20Concreto%20Armado.pdf>. Acesso em: 22 maio 2015.

DAL MOLIN, Denise C. Coitinho. **Fissuras em estruturas de concreto armado:** Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 01 maio de 2015.

DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções.** Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

EMMONS, Peter H. **Concrete repair and maintenance illustrated.** Kingston, R. S. Means Company, Inc., 1994.

FIGUEIREDO, Enio J. Pazzini. **Terapia das construções de concreto:** Metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto. Porto Alegre, 1989. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 01 maio de 2015.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicosanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto.** Curitiba, 2007. Disponível em: <www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-29.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2015.

HELENE, Paulo R. Do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

LAPA, José Silva, **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto.** Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf>. Acesso em: 01 maio de 2015.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil:** Causas e soluções para danos e prejuízos em obras. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

MEDEIROS, Marcelo H. F. Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos. **Revista digital AECweb**, Brasília. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1>. Acesso em: 22 de outubro de 2015.

MOREIRA, Christian. **Realcalinização de estruturas de concreto carbonatado com utilização de gel saturado de solução alcalina.** Goiânia, 2006. Disponível em:<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=115180>. Acesso em: 18 de outubro de 2015.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma:** Inspeção dos sete postos de saúde. Santa Catarina, 2011. Disponível

em:<http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/151/Daniel%20Nazario.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 de março de 2015.

PINA, Gregório Lobo de. **Patologia nas habitações populares.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006577.pdf>. Acesso em: 28 março de 2015.

RAMIRES, Lucas D. **Estudo teórico-experimental de reforço para construções de alvenaria empregando revestimento de argamassa armada.** Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12549/000628705.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 maio de 2015.

RESENDE, Maurício M.; BARROS, Mércio M. S. B; MEDEIROS, Jonas S. **A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios.** São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/5/5a/Artigo_revestimento.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2015.

SAMPIERI, Roberto H.**Metodología de la investigación.** Cidade do México, 2006. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/miguelsantiagolopezzuleta/metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006>. Acesso em: 30 de maio de 2015.

SANTOS FILHO, Vamberto M.; SPOSTO, Rosa M.; MELO, Jéssica S. **Ferramenta para projeto de vedações verticais externas com base nas exigências da norma de desempenho.** Goiânia, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufg.br/index.php/reec/article/view/28169/16831>. Acesso em: 05 de outubro de 2015.

SANTOS, Luiz C. **Pesquisa documental:** Um procedimento metodológico. 2000, São Paulo. Disponível em: http://www.lcsantos.pro.br/arquivos/32_PESQUISA_DOCUMENTAL01042010-175228.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2015.

SANTUCCI, Jô. Patologia e desempenho das construções. **Crea-RS – Conselho em revista**, Porto Alegre, n. 107, p. 26-31, abr. 2015.

SILVEIRA, Débora R. D. Da; AZEVEDO, Eline S. De; SOUZA, Deyse M. O. De; GOUVINHAS, Reidson P. **Qualidade na construção civil:** Um estudo de caso em uma empresa da construção civil do Rio Grande do Norte. Natal, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR21_0969.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2015.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.pos.demc.ufmg.br/2015/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>. Acesso em: 08 de abril de 2015.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.

TAGUCHI, Mário K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** Curitiba, 2010. Disponível em: <www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0137.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2015.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifício:** Causas, prevenção e recuperação. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1989.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife, 2003. Disponível em: <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2015.

ZARZAR, Fuad. C. Jr. **Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseada no método dos fatores.** Recife, 2007. Disponível em: < http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=176>. Acesso em: 07 de setembro de 2015.

ANEXOS

Anexo 1 – Levantamento quantitativo de patologias catalogadas na edificação.

Patologia	Característica	Número de ocorrências por pavimento					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
Desagregação do concreto	Perca do teor aglomerante do cimento	1	1	0	5	1	2
	Ações/alterações químicas	1	1	0	1	2	0
	Quebras	1	4	0	2	2	1
Desagregação argamassa revestimento	Expansão da argamassa de assentamento	2	4	0	3	0	1
	Retração da argamassa	0	0	0	0	0	3
	Umidade ascendente	0	0	0	2	5	4
	Hidratação retardada	2	1	1	1	1	0
Exposição da armadura	Oxidação da armadura	0	2	5	11	8	7
	Não apresenta oxidação	3	2	0	7	0	1
Fissuras nos revestimentos	Fissura horizontal	2	5	3	3	3	3
	Fissuras por retração	5	8	1	4	2	5
	Movimentação higroscópica	2	2	2	6	3	2
Fissuras em vigas	Fissuras por flexão	1	0	0	0	0	2
	Fissuras por torção	1	0	0	1	1	0
	Fissuras por retração	3	6	1	3	5	3
Fissuras em pilares	Fissuras e lascamento devido à corrosão das armaduras	0	0	4	3	0	1
	Fissuras por expansão do material	0	0	3	1	1	1
Fissuras em lajes	Movimentação térmica	0	2	2	2	1	1
	Umidade ascendente	5	2	1	1	1	0
	Falta de cobrimento	1	1	3	0	0	0
Fissuras em alvenaria de vedação	Deformação excessiva laje	4	2	0	0	1	3
	Movimentação térmica	2	0	4	0	3	0
	Atuação de sobrecarga	0	1	0	0	0	0
	Recalques excessivos	3	0	0	0	0	0
	Fissuras por retração	2	3	1	1	4	2

Perca de pintura	Descascamento	13	6	5	7	5	3
	Bolhas	0	0	1	3	4	2
	Manchas	5	2	2	4	4	1
Formação de mofo e bolor	Vesículas e eflorescências	1	1	1	5	8	0
	Falta de limpeza	0	1	1	1	1	0
	Umidade ascendente	3	4	1	3	3	2
	Vazamentos e acúmulo de água	0	2	2	2	2	0

Fonte: Autor, 2015.

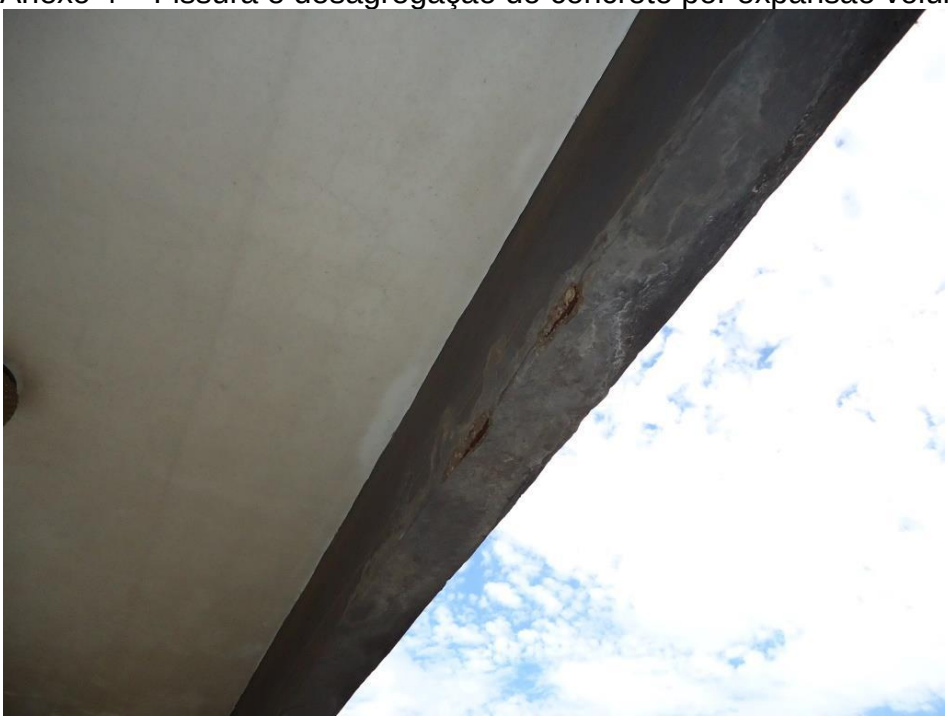
Anexo 2 – Desagregação do concreto por carbonatação decorrente de produtos de oxidação e expansão volumétrica das armaduras.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 3 – Fissura em viga por corrosão/expansão da armadura.

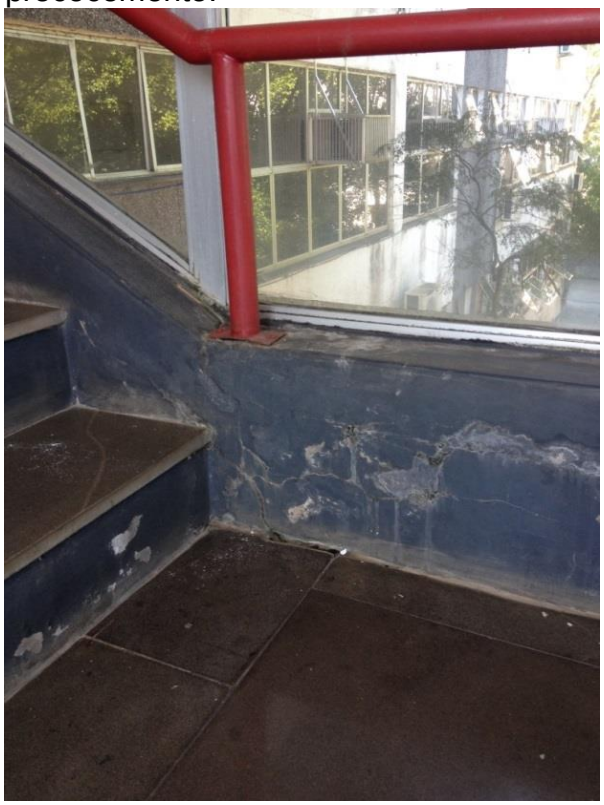
Fonte: Autor, 2015.

Anexo 4 – Fissura e desagregação do concreto por expansão volumétrica.



Fonte: Autor, 2015.

Anexo 5 – Fissura causada por movimentações flexão em viga descimbrada precocemente.



Fonte: Autor, 2015.

Anexo 6 – Fissura causada por falta de contraverga.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 7 – Fissura causada por falta de contraverga.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 8 – Fissuras e descolamento do revestimento externo no peitoril da sacada do quinto pavimento, presença constante de água.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 9 – Fissuras e desagregação do concreto por sucessivos ciclos de umedecimento e secagem.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 10 – Fissuras e acúmulo de água da sacada do terceiro pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 11 – Desagregação da pintura externa na sacada do quarto pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 12 – Bolhas e saponificação na pintura em laje externa do quinto pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 13 – Bolhas, manchas e saponificação da pintura interna do quinto pavimento

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 14 – Fissura paralela à laje na circulação do primeiro pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 15 – Fissura paralela à laje na parede do banheiro no primeiro pavimento.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 16 – Armadura da laje do terceiro pavimento exposta por falta de cobrimento adequado e expansão volumétrica por corrosão.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 17 – Desagregação do concreto por expansão volumétrica das armaduras.

Fonte: Autor, 2015.

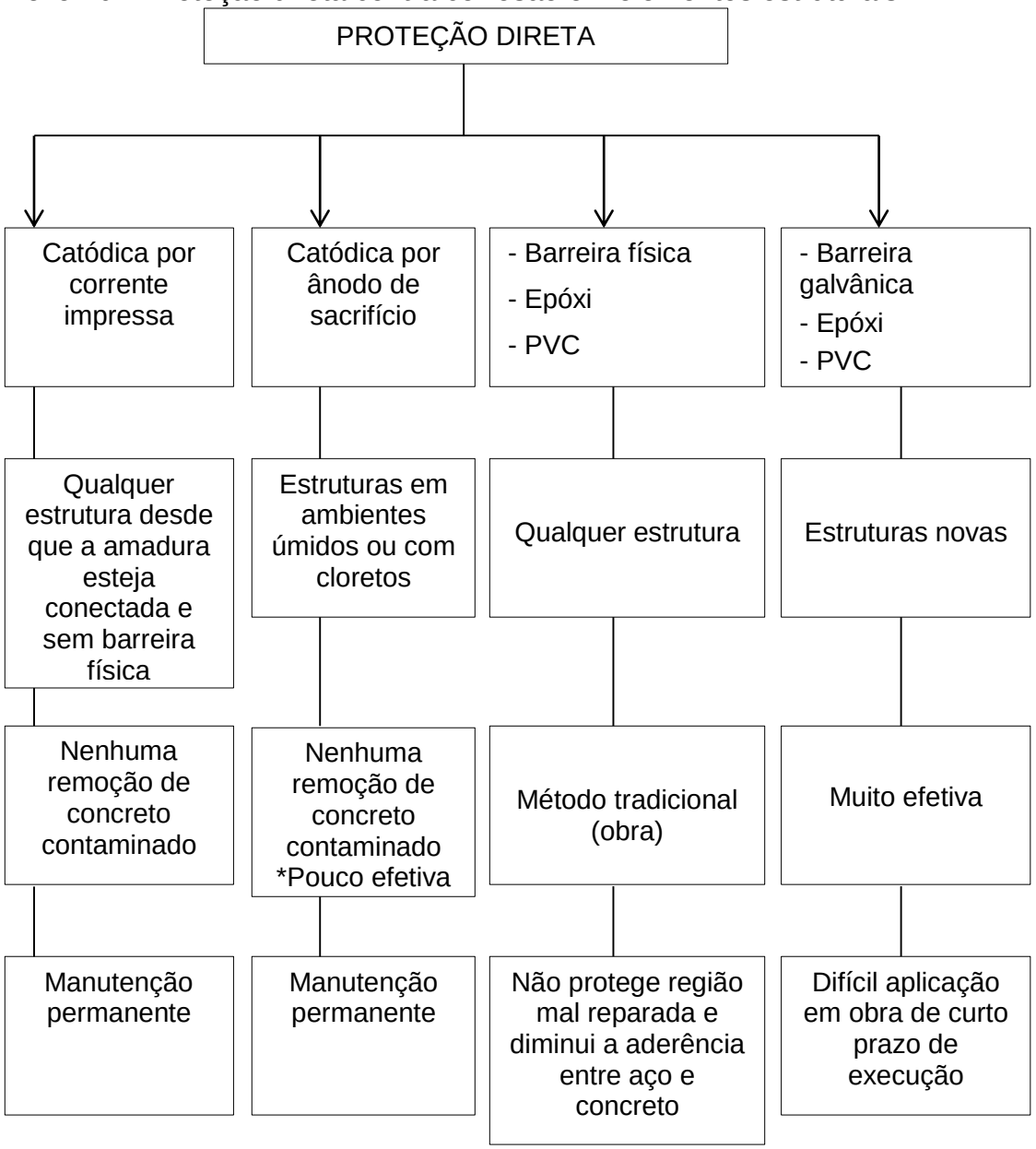
Anexo 18 – Desagregação do concreto por expansão volumétrica das armaduras.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 19 – Manchas de bolor em piso da sacada do quinto pavimento.

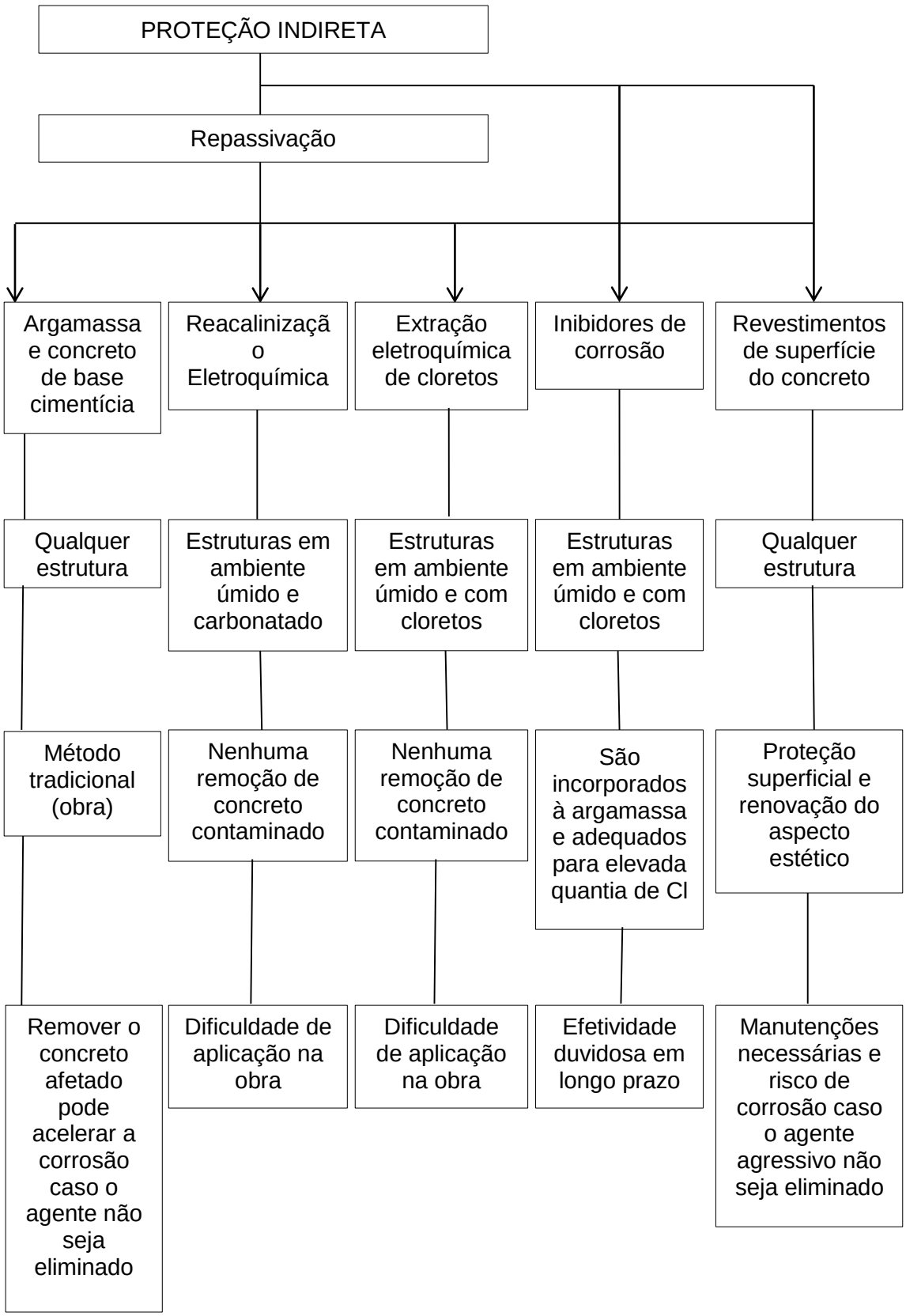
Fonte: Autor, 2015.

Anexo 20 – Proteção direta contra corrosão em elementos estruturais.



Fonte: Adaptado pelo Autor de Helene apud Moreira (2006, p.64).

Anexo 21 – Proteção indireta contra corrosão em elementos estruturais.



Fonte: Adaptado pelo Autor de Helene apud Moreira (2006, p.65).

Anexo 22 – Quadro de limpezas quinzenal para o edifício.

MÊS	FUNCIONÁRIO X	FUNCIONÁRIO Y	FUNCIONÁRIO Z	QUINZENA
Janeiro	1º e 2º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	1ª Q.
	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	2ª Q.
Fevereiro	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	1ª Q.
	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	2ª Q.
Março	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	1ª Q.
	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	2ª Q.
Abril	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1ª Q.
	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	2ª Q.
Maio	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	1ª Q.
	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	2ª Q.
Junho	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	1ª Q.
	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	2ª Q.
Julho	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1ª Q.
	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	2ª Q.
Agosto	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	1ª Q.
	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	2ª Q.
Setembro	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	1ª Q.
	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	2ª Q.
Outubro	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1ª Q.
	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	2ª Q.
Novembro	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	1ª Q.
	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	2ª Q.
Dezembro	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	5º e 6º Pavimentos	1ª Q.
	5º e 6º Pavimentos	3º e 4º Pavimentos	1º e 2º Pavimentos	2ª Q.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 23 – Falhas de execução na impermeabilização do telhado.

Fonte: Autor, 2015.

Anexo 24 – Materiais da cobertura deteriorados e executados com falhas.

Fonte: Autor, 2015.