

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MATHEUS FAJARDO BORTOLI

**PERÍCIA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL QUE SOFREU RECALQUE
DIFERENCIAL: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TOLEDO
2018**

MATHEUS FAJARDO BORTOLI

**PERÍCIA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL QUE SOFREU RECALQUE
DIFERENCIAL: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Lucia Bressiani

TOLEDO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 171

Perícia de um edifício residencial que sofreu recalque diferencial: estudo de caso

por

Matheus Fajardo Bortoli

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 9h10 do dia **14 de novembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim
(UTFPR – TD)

Prof^a. Dr^a. Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)

Prof^a. Dr^a. Lucia Bressiani
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof. *Fulvio* Natercio Feiber
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por ter me guiado por todo o caminho percorrido até hoje, pela força e superação para a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais por terem me proporcionado todas as oportunidades possíveis para que eu pudesse chegar aonde cheguei hoje. Sempre dando o maior apoio possível e todas as condições que estavam ao seu alcance, e me colocando como prioridade em qualquer ocasião.

Ao meu irmão, por ter acompanhado as minhas conquistas até hoje, sempre dando força e suporte quando necessário. Por estar ao meu lado nos dias bons e ruins, me fazendo companhia nas madrugadas enquanto estudávamos.

À minha namorada, a qual conheci durante essa fase da minha vida, por ter acompanhado grande parte da minha trajetória acadêmica, em especial no período da pesquisa, sempre me amparando e me dando conselhos para extrair o melhor de mim. Obrigado por estar ao meu lado e se fazer sempre presente em minha vida.

À toda a minha família, em especial à minha avó e minha madrinha, que sempre estiveram presentes e abdicavam da minha presença nos finais de semana em família, quando necessitava dedicar meu tempo ao curso de Engenharia.

À minha orientadora, por ter me acolhido como seu orientando, sempre aconselhando e mostrando o melhor caminho a se seguir, tanto na pesquisa, como na vida profissional. Pelo carinho e profissionalismo admirável durante toda a pesquisa.

À todos os professores que fizeram parte da minha graduação, sempre dando o seu melhor para que o conhecimento chegasse à mim e meus colegas de graduação.

Não menos importante, agradecer à todos os amigos de longa data e aos que fiz durante esses 5 anos de graduação, os quais puderam acompanhar e fazer parte da minha vida, me fazendo crescer pessoal e profissionalmente, os quais levarei comigo para sempre.

E claro, agradecer a Atlético Raposa, a qual me fez amadurecer e ampliar minha visão profissional, e que me proporcionou vários momentos inesquecíveis que levarei para a vida.

RESUMO

BORTOLI, Matheus Fajardo. **Perícia de um edifício residencial que sofreu recalque diferencial**: estudo de caso. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2018.

Este trabalho apresenta um estudo de caso de uma perícia realizada em um edifício que sofreu recalque diferencial, na cidade de Toledo – Paraná. Para isso, foram analisadas as consequências provocadas na edificação em função do recalque sofrido. Os procedimentos metodológicos contemplaram a identificação das patologias por meio de levantamento in loco e análise das possíveis causas de acordo com a literatura e análise do laudo pericial. Com isso, foi possível gerar o mapa de danos das fissuras da parte interna e externa da edificação. Da mesma forma, foi verificado o tipo de reforço de fundação utilizado comparando com outros métodos apresentados na literatura. Como resultados tem-se que as fissuras encontradas em 45° localizadas tanto em ambientes internos como em áreas comuns, podem ter sido ocasionadas devido ao recalque. Foram encontradas também fissuras horizontais, as quais pelas suas características se deveram por tração e compressão do concreto. Já se tratando das patologias encontradas no pavimento térreo, as anomalias na base dos pilares, a rachadura vertical em um dos pilares e a rachadura no muro de divisa foram causados pelo movimento negativo do solo, ou seja, pelo recalque diferencial. E quanto ao reforço de fundação, durante as diligências analisou-se que o método empregado para o reforço foi o de estacas mega através de macacos hidráulicos. Onde os macacos serviram de instrumento para inserir as estacas no solo, trazendo então a estabilidade da estrutura novamente. Tal método foi utilizado, visto que ele permite ser utilizado em solos com presença de água, como também não ocasiona vibrações no solo. Pontos esses muito importantes para o caso em análise. Outros métodos foram apresentados como forma de comparação, como estacas metálicas, de madeira, de betão armado e microestacas, porém nenhum desses atendem as necessidades do caso em questão. De modo a confirmar a escolha correta do método empregado no edifício.

Palavras-chave: Recalque diferencial, fissuras, mapeamento, reparos, reforço de fundação.

ABSTRACT

BORTOLI, Matheus Fajardo. **Expertise of a residential building that underwent differential repression: a case study.** 2018. 61 f. Completion of course work (University Graduation) – Civil Engineering. Technological Federal University of Paraná. Toledo, 2018.

This research is a case study of an experimente carried out in a buiding that underwent differential repression, in the city of Toledo – Paraná. For this, it were analyzed the consequences of building up as a result of the repression suffered. The methodological procedures contemplated the identification of the pathologies by means of an on-site survey and analysis of the possible causes according to the literature and analysis of the forensic report. With this, it was possible to generate the damage map of the fissures inside and outside the building. In the same way, the type of foundation reinforcement used was verified comparing with other methods presented in the literature. As a result, the fissures found in 45° located in both internal and common areas may have been caused due to repression. Horizontal fissures were also found, which due to their characteristics were due to traction and compression of the concrete. As for the pathologies found on the ground floor, the anomalies at the base of the pillars, the vertical crack in one of the pillars and the crack in the wall were caused by the negative movement of the soil, ie, by differential repression. As for the foundation reinforcement, during the diligences it was analyzed that the method used for the reinforcement was that of mega stakes through hydraulic jacks. Where these objects served as an instrument to insert the stakes into the soil, bringing the stability of the structure again. This method was used, since it allows to be used in soils with presence of water, as well as does not cause vibrations in the soil. These points are very important for the case analysis. Other methods have been presented as a form of comparison, such as metal stakes, wood stakes, reinforced concrete and micro-stakes, but none of them meet the needs of the case in question. In order to confirm the correct choice of method used in the building.

Keywords: Differential repression, fissures, mapping, repairs, foundation reinforcement.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter)..... | 19 |
| Figura 2 – Tipos e suas respectivas porcentagens de incidência de fissuras sem gavidade em concreto armado | 21 |
| Figura 3 – Tipos e suas respectivas porcentagens de incidência de fissuras de grau moderado em concreto armado..... | 21 |
| Figura 4 – Tipos e suas respectivas porcentagens de incidência de fissuras graves em concreto armado..... | 22 |
| Figura 5 – Imagem de satélite localizando o Residencial Primavera | 31 |
| Figura 6 – Imagem de satélite localizando o Residencial Primavera | 32 |
| Figura 7 – Planta baixa do pavimento tipo do Residencial Primavera..... | 33 |
| Figura 8 – Edifício Residencial Primavera no dia em que foi embargado | 33 |
| Figura 9 – Vista da edificação no cruzamento das Ruas Primavera e Pedro dos Santos Ramos | 34 |
| Figura 10 – Fluxograma da pesquisa..... | 34 |
| Figura 11 – Exemplo de Mapa de Danos | 36 |
| Figura 12 – Medições das fissuras encontradas no edifício..... | 40 |
| Figura 13 – Quantitativo de fissuras por tipologia nos cômodos..... | 41 |
| Figura 14 – Exemplo de fissuras | 42 |
| Figura 15 – Mapeamento de fissuras na parede com janela dos quartos | 43 |
| Figura 16 – Mapeamento de fissuras na parede da porta de entrada da sala..... | 43 |
| Figura 17 – Esquema da incidência de fissuras conforme a distância da extremidade crítica do recalque | 44 |
| Figura 18 – Mapeamento de fissuras da fachada sul do edifício | 46 |
| Figura 19 – Fachada sul do edifício residencial. | 47 |
| Figura 20 – Fachada sul do edifício residencial | 47 |
| Figura 21 – Mapeamento de fissuras da fachada leste do edifício..... | 48 |
| Figura 22 – Fachada leste do edifício residencial. | 48 |
| Figura 23 – Fissuras encontradas nos corredores dos apartamentos..... | 50 |
| Figura 24 – Piso do pavimento térreo (garagem)..... | 51 |
| Figura 25 – Análise da abertura do pilar no pavimento térreo | 51 |
| Figura 26 – Fissuras encontradas no muro de divisa | 52 |
| Figura 27 – Abertura para realizar o reforço..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 28 – Peças de concreto para reforço | 56 |
| Figura 29 – Reforço de fundação | 56 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Quadro classificatório da patologia através da espessura da abertura .. | 20 |
| Quadro 2 – Classificação conforme as causas de fissuração..... | 23 |
| Quadro 3 – Análises finais de alguns pontos específicos. | 39 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| NBR | Norma Brasileira |
| SPT | Sistema de Processamento de Transações |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 15 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 15 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos..... | 15 |
| 1.3 | DELIMITAÇÃO DA PESQUISA..... | 15 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 16 |
| 2.1 | PATOLOGIAS..... | 16 |
| 2.1.1 | Tipos de Patologia..... | 20 |
| 2.1.1.1 | Fissuras, trincas e rachaduras..... | 20 |
| 2.1.1.2 | Patologias em alvenarias..... | 25 |
| 2.1.1.3 | Patologias em fundações..... | 28 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1 | MÉTODO DE PESQUISA..... | 30 |
| 3.2 | IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DE PESQUISA..... | 31 |
| 3.3 | ETAPAS DA PESQUISA..... | 34 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 38 |
| 4.1 | ANÁLISE DO LAUDO PERICIAL..... | 38 |
| 4.2 | LEVANTAMENTO DAS FISSURAS IN LOCO..... | 40 |
| 4.2.1 | Análise das Fissuras Quanto à Classificação..... | 40 |
| 4.2.2 | Análise Quantitativa de Patologias Internas dos Apartamentos por Ambiente..... | 41 |
| 4.2.3 | Análise das Fissuras Quanto à Extensão da Patologia..... | 44 |
| 4.2.4 | Mapeamento das Fissuras nas Fachadas Externas..... | 45 |
| 4.2.5 | Análise das Patologias em outros Locais da Edificação..... | 49 |
| 4.4 | RECUPERAÇÃO DAS FISSURAS ENCONTRADAS IN LOCO..... | 53 |
| 4.5 | SOLUÇÕES PARA O RECALQUE DIFERENCIAL..... | 54 |
| 4.5.1 | Solução Executada no Edifício..... | 55 |
| 4.5.2 | Outras Soluções de Reforço de Fundação..... | 56 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 58 |
| 5.1 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 59 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| REFERÊNCIAS | 60 |
|--------------------------|-----------|

1 INTRODUÇÃO

A estrutura é o componente principal de uma edificação. Ela é responsável por garantir a estabilidade da construção, a qual é submetida a diversos tipos de esforços e carregamentos, todos transferidos para a fundação, que quando corretamente dimensionada garante a funcionalidade da estrutura.

Acreditava-se que as estruturas de concreto eram infinitamente duráveis, mito este que já se comprovou não ser real, segundo Vieira (2016). Tal fato era tomado como verdade uma vez que as estruturas eram superdimensionadas às suas finalidades e projeções. E deste modo, acabavam por resistir a muito tempo sem sofrerem qualquer tipo de agressões e anomalias. Porém, as construções com o passar da sua vida, vão adquirindo desgastes e acabam não atingindo sua vida útil sem pelo menos alguma deterioração.

E assim como na medicina, a engenharia também realiza estudo das doenças, ciência essa denominada de “Patologia”. Na engenharia, chamada de “Patologia das Construções”, tem como objetivo o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequências dos problemas que podem vir a interferir na vida útil e finalidade de uma edificação.

Valente, Silva e Calixto (2009) citam que a realidade da construção civil no Brasil apresenta um grande número de edificações com patologias. As quais são devidas, na maioria dos casos, a uma combinação de fatores correlatos, podendo ter sua origem deficiências nas etapas de planejamento, projeto, execução, uso ou manutenção dos edifícios.

De acordo com a definição do Conselho Técnico em Engenharia de Avaliações da Sociedade Americana de Engenheiros Civis (1999 apud VALENTE, 2008), as falhas apresentadas nas edificações são definidas como uma diferença inaceitável entre o desempenho observado e o esperado durante o desenvolvimento de um projeto.

O surgimento de problemas patológicos em uma estrutura, por sua vez, está relacionado a diversos fatores, sendo muitas vezes decorrência de um conjunto destes, que acabam por desencadear em anomalias na edificação (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

A importância do conhecimento desses fatores se dá uma vez que é necessário o conhecimento do real diagnóstico da anomalia apresentada em uma

estrutura, para que, a partir desta, seja aplicado um correto tratamento a fim de se agir de forma eficiente, proporcionando uma recuperação adequada às manifestações apresentadas.

Neste sentido, este trabalho apresenta um estudo de caso de uma perícia realizada em um edifício que sofreu recalque diferencial. Tratando-se das patologias decorrentes dos recalques diferenciais, estas comprometem não só a segurança e estabilidade da estrutura, mas também podem vir a resultar em demandas judiciais entre construtores e proprietários. E em casos dessas anomalias interferirem em construções vizinhas, podem envolver também os moradores dessas edificações próximas.

Por isso, a área da engenharia civil com ênfase na perícia é de grande importância. Seja tanto na esfera extrajudicial, através de vistorias cautelares, como na esfera judicial, onde é necessário se realizar a perícia por um profissional da área de engenharia civil para auxiliar os juízes em suas decisões.

1.1 JUSTIFICATIVA

A engenharia legal é um ramo da engenharia pouco conhecida, tanto por leigos como por profissionais. Esse viés da engenharia tem ligação direta com a área jurídica na solução de eventos colapsados de natureza técnica de modo a instruir a justiça na elucidação de causas, tanto em âmbito civil como criminal. Deste modo o estudo a cerca do problema envolvendo o edifício busca aprofundar e demonstrar os estudos necessários a cerca desse viés da engenharia.

O profissional que atua na engenharia legal deverá estar capacitado a realizar perícias, que são consideradas como prova técnica nos processos. Os três tipos de prova utilizada em Direito são: Documental, Testemunhal e Pericial.

Cada caso de perícia é único e deve ser sempre estudado a fundo. De modo que se encontre suas causas, danos e colapsos, como também se conheça suas particularidades. Por isso, a importância de que todos os casos de manifestações patológicas sejam estudados.

Uma das causas de patologias com maior significância é o recalque diferencial. O recalque ou assentamento é o termo designado na engenharia civil para caracterizar o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um

rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

Segundo Franco e Niedemeyer (2017), nas pequenas construções no Brasil, muitas vezes por questões econômicas, se opta por contratar qualquer profissional sem qualificação específica, para a execução e acompanhamento de uma edificação. Tal tarefa além de não ter acompanhamento de um profissional técnico habilitado e capacitado para tal função, não oferece a segurança mínima necessária tratando-se de estabilidade e durabilidade da obra.

Os mesmos autores ainda complementam acerca da falta de conhecimento sobre processos patológicos pelos profissionais atuantes na área da construção civil. É necessário o aprofundamento nesse ramo da engenharia, de modo que informações com relações às manifestações patológicas sejam mais frequentes para identificação, avaliação e apresentação de soluções para tais problemas.

Ou seja, a área em questão é de suma importância, visto que ela trata e busca correções e prevenções das anomalias surgidas em qualquer etapa da obra. A atividade pericial é um mecanismo para identificar os problemas e suas causas e serve para estipular medidas de manutenção preventiva e corretiva, de modo a se aumentar a durabilidade das estruturas.

Além disso, eventos como o recalque diferencial na Torre de Pisa auxiliam no desenvolvimento e aperfeiçoamento da área, mas ainda hoje, existe uma carência de profissionais que sejam especializados na área. Em vista disso, há necessidade de exploração do tema para que haja um aprimoramento cada vez maior sobre essa ciência.

Nesse sentido, o estudo em questão apresenta a análise de um caso de perícia no Edifício Residencial Primavera, na cidade de Toledo, Paraná, que sofreu recalque diferencial no ano de 2017. O estudo buscou identificar as consequências geradas pelo recalque sofrido, a fim de tratá-las, e recuperar a durabilidade prevista em projeto. Da mesma forma, buscou analisar a solução aplicada para o reforço da fundação, comparando com outras possíveis soluções pertinentes ao caso.

Vale destacar que casos como o analisado são singulares para a engenharia já que as manifestações apresentadas na estrutura foram causadas após um recalque diferencial. Deste modo, a proposta dessa pesquisa é contribuir com a disseminação de informações sobre análises periciais, bem como identificação das patologias causadas por recalques diferenciais em uma situação real.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é efetuar uma análise da perícia realizada em um edifício da cidade de Toledo, o qual sofreu recalque diferencial.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Analisar o Laudo Pericial do Edifício Residencial Primavera;
- Realizar o levantamento de fissuras da edificação;
- Aplicação da metodologia denominada Mapa de Danos para a análise das fissuras;
- Registrar todas as fissuras, em função de suas características e particularidades e analisar se existe um padrão de ocorrência;
- Apresentar métodos de correção para as manifestações patológicas identificadas na edificação;
- Analisar o método utilizado para reforço da fundação.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa está delimitada no levantamento das fissuras presentes no Edifício Residencial Primavera, localizado no Jardim La Salle, na cidade de Toledo, uma vez que esse tipo de patologia está diretamente relacionada com recalques diferenciais.

Além disso, foi analisado o Laudo Pericial realizado após a edificação ter perdido sua estabilidade, a fim de verificar as causas das fissuras encontradas, bem como o método utilizado para reforço da fundação da edificação. Vale ressaltar que foi realizada apenas a análise do laudo e identificação das fissuras no local. Ou seja, em nenhum momento foram realizados ensaios a fim de serem levantadas informações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo são apresentados os conceitos existentes na literatura referentes ao tema e problematização da pesquisa. Desta forma foi possível fazer as análises e comparações das patologias encontradas no edifício para com a literatura acerca do assunto abordado.

2.1 PATOLOGIAS

A palavra Patologia, do grego, significa (páthos, doença, e logos, estudo), e é comumente aplicada em diversas áreas e ramos da ciência. Tratando-se desta nas áreas de Ciências Biológicas, é tida como os estudos sintomáticos relacionados às alterações estruturais e funcionais das células, dos tecidos e dos órgãos, provocados por doenças. Já na engenharia, as doenças nas edificações têm foco no estudo de danos e eventos ocasionados nas edificações, assim como alterações causadas na mesma (OLIVEIRA, 2012).

Conforme citado por Souza e Ripper (1998), desde os primórdios da civilização o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades. E, desta forma, a humanidade acumulou ao longo dos séculos diversos métodos científicos de tecnologias que pudessem ser aprimoradas com relação à construção, abrangendo a concepção, o cálculo, análise e detalhamento das estruturas.

E, mesmo assim, segundo os mesmos autores, existem várias limitações que impedem o livre desenvolvimento científico e tecnológico, e também falhas involuntárias e casos de imperícia. Constata-se, então, que algumas edificações acabam tendo um desempenho que não seja satisfeito quando analisadas levando em conta a finalidade para a qual foi executada.

As patologias nas edificações são causadas por diferentes motivos e em diferentes momentos. Conforme Helene (1992, p. 19):

A patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. (HELENE, 1992, p. 19)

Na maioria dos casos, os problemas patológicos apresentam manifestação externa característica, de modo que a partir dessa manifestação possa-se analisar a natureza de tal anomalia, a provável origem e os fenômenos que ocasionaram tal evento patológico. Do mesmo modo que é possível se analisar e constatar possíveis consequências de tal circunstância. Esses sintomas, também conhecidos como lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, são estudados, descritos e classificados através de um diagnóstico visual (HELENE, 1992).

Os sintomas mais comuns se tratando de estruturas de concreto, ainda conforme o mesmo autor, são as fissuras, as eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, a corrosão de armaduras e os ninhos de concretagem.

No caso de paredes de alvenaria, elas geralmente apresentam um bom comportamento quando se tratam de solicitações de compressão, porém não apresentam o mesmo comportamento com solicitações de tração, flexão e cisalhamento. Quanto à fissuração, as tensões de tração e de cisalhamento são consideradas as causas de quase a totalidade desse tipo de patologia.

Tratando-se de fundações, segundo Caputo (2012), toda edificação tem propensão a ter deslocamentos verticais, conhecidos como recalques. Isso pode se dar durante a execução ou após a conclusão da mesma, uma vez que, por um intervalo de tempo, ocorre o equilíbrio entre o carregamento aplicado (peso da edificação) e o solo atingido. Essa movimentação até o equilíbrio pode provocar diversos tipos de falhas, como o deslocamento de pisos, trincas e desaprumos da construção.

Além do conhecimento dos sintomas do problema patológico, conforme Helene (1992) é necessário que se conheça o mecanismo do mesmo. Uma vez que toda patologia ocorre a partir de um mecanismo. E, conhecer o mecanismo do problema é essencial para que uma solução seja aplicada, de modo que tanto o causador da patologia seja extinta, como a solução para tal diagnóstico seja aplicado corretamente.

O processo que envolve toda a construção e uso de uma edificação pode ser segmentado em cinco etapas, sendo elas planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes fora do canteiro, execução propriamente dita e uso. Sendo as quatro primeiras etapas com tempos curtos, em média menos de dois anos, e a

última etapa a mais longa de todas, onde envolve a utilização e manutenção da estrutura (HELENE, 1992).

A NBR 6118 (ABNT, 2003) possibilitou, após sua nova versão, um aumento significativo na vida útil das estruturas, em decorrência do emprego de maiores coeficientes de segurança, a fim de retardar o surgimento de manifestações patológicas. De modo que, o surgimento das normas regulamentadoras em projeto e a execução à risca do mesmo prevenirão anomalias construtivas e aumentarão a durabilidade. Contudo, a durabilidade de uma estrutura depende, além das considerações de projeto estipuladas pela norma, da execução de cada etapa da construção. Como, por exemplo, o uso de espaçadores para garantir o cobrimento das armaduras e a vibração adequada ao adensamento durante a concretagem. Procedimentos que, quando mal empregados, podem originar diversas patologias de execução, afetando significativamente a durabilidade e podendo comprometer a finalidade do empreendimento.

Cremonini (1988) também expõe que a origem de uma patologia pode ter origem em qualquer etapa do processo construtivo de uma edificação. Além disso, que a sua incidência está diretamente ligada com o nível do controle de qualidade que é aplicado e seguido em cada uma das etapas.

O mesmo autor cita também, que as causas das patologias da construção civil podem ser tanto externas como internas. Segundo ele, as causas externas são as geradas por agentes nocivos do meio ambiente, ao passo que as internas são as geradas em decorrência de algum processo construtivo. Ou seja, essas podem ser classificadas como congênitas quando são originadas na fase de planejamento e projeto, construtivas quando são originadas na etapa de construção ou ainda classificadas como uso quando há uma má utilização da estrutura, não sendo condizente com a sua finalidade ou por falta de manutenção da mesma.

Segundo Lichtenstein (1986) e Cremonini (1988) o diagnóstico das manifestações patológicas é a ligação obtida entre as causas do problema para com os efeitos que normalmente são tidos em decorrência da anomalia na edificação. O objetivo desta etapa, então, é caracterizar o trabalho a ser desenvolvido para que o problema seja sanado, de modo a determinar os meios a serem utilizados, como as consequências passíveis de se ocorrerem.

Deste modo, o diagnóstico de um problema patológico em construção pode ser definido como o apontamento origem, causa e natureza da inconformidade.

E que, para que o diagnóstico seja efetivo, deve-se coletar o máximo de informações possíveis a cerca do fato em estudo. Para que, se conheça o problema e com isso se indique uma solução, ou em casos de casos mais complexos, um estudo mais aprofundado sobre os possíveis tratamentos para tal patologia (CREMONINI, 1988).

Helene (1992) afirma que as correções em patologias serão mais efetivas, duráveis, baratas e fácil de executar, quanto mais cedo elas forem executadas. Essa afirmação, ainda, tem uma demonstração pela denominada “Lei de Sitter”, a qual apresenta os custos crescendo de acordo com uma progressão geométrica.

Essa lei é dividida em quatro períodos, dentro das etapas de construção e uso, correspondidos pelo projeto, a execução em si, a manutenção preventiva aplicada antes dos três primeiros anos e a manutenção corretiva aplicada após o surgimento das anomalias, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter)



Fonte: Sitter, 1984 apud Helene, 1992.

Adiar uma intervenção de um período para o outro, de acordo com Sitter (1984 apud MORISSETE, 2011), significa aumentar na proporção de cinco vezes o custo da manutenção do problema. Ou seja, tratar uma patologia na fase de execução associa-se a um custo 25 vezes maior que a manutenção de uma patologia encontrada na fase de projeto. Do mesmo modo que uma manutenção corretiva pode custar 125 vezes mais que uma medida tomada na fase de projeto. Medidas essas, que independente da fase, teriam a mesma durabilidade e funcionalidade.

2.1.1 Tipos de Patologia

Toda edificação é passível de perda de desempenho durante sua vida útil de projeto, e tal perda pode evoluir de forma natural ou então ser acelerado por diversas causas externas. As causas podem ter origem em qualquer uma das etapas do processo construtivo, dentre as mais diversas maneiras de manifestações patológicas (CREMONINI, 1988).

2.1.1.1 Fissuras, trincas e rachaduras

Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais (OLIVEIRA, 2012).

Deste modo, o mesmo autor defende que, caso os materiais sofram um esforço maior que a resistência do elemento, isso acarretará numa falha a qual dará origem a uma abertura. Essa abertura será categorizada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha, dependendo da espessura da mesma, como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Quadro classificatório da patologia através da espessura da abertura

| Anomalia | Aberturas (mm) |
|-----------------|-----------------------|
| Fissura | Até 0,5 |
| Trinca | De 0,5 a 1,5 |
| Rachadura | De 1,5 a 5,0 |
| Fenda | De 5,0 a 10,0 |
| Brecha | Acima de 10,0 |

Fonte: Oliveira, 2012, p. 10.

De acordo com Holanda Junior (2002), as matérias primas utilizadas para produzir blocos e tijolos, como a cerâmica e o concreto, são materiais de natureza frágil e baixa resistência à tração. Além disso, a argamassa utilizada para assentamento, também possui as mesmas características. Desse modo, considerando a alvenaria como o conjunto desses materiais, esta também terá as mesmas características. Ou seja, a alvenaria também possui baixa resistência e apresenta fragilidade, o que explica a frequência de aberturas em sua estrutura.

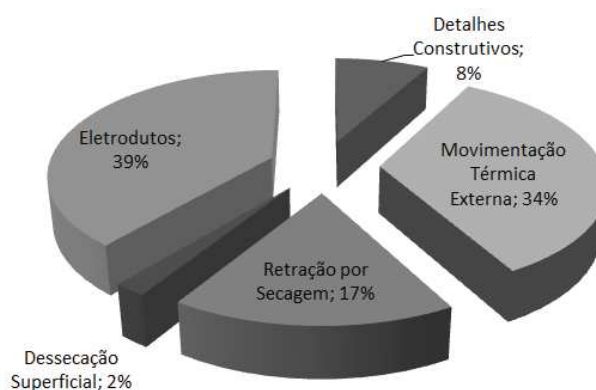
Segundo Thomaz (1998), as trincas podem surgir de forma congênita logo no começo da construção, e não necessariamente apenas após a fase de uso. Ao se

deparar, então, com a anomalia, os profissionais da área devem aplicar medidas que solucionem o problema, uma vez que tais movimentações são involuntárias. Além disso, muitas vezes os projetos de uma edificação possuem incompatibilizações ou são mal detalhados. O que faz com que muitas manobras e improvisos precisam ser aplicados para que os possíveis danos sejam minimizados ou então sanados.

A posição das fissuras nos elementos estruturais, assim como a sua abertura, sua trajetória e seus espaçamentos, podem indicar a causa ou as causas que as motivaram (ALVES, 2009).

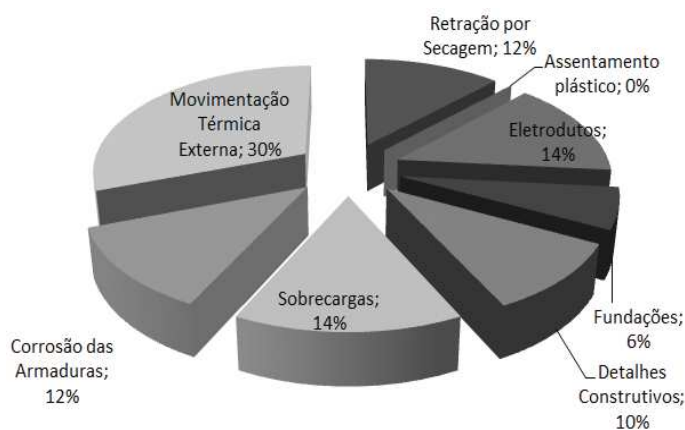
Em pesquisa feita por Dal Molin (1988), foi realizado o levantamento de fissuras consideradas em estruturas de concreto armado, de modo a categorizar as principais causas com as suas respectivas frequências, como mostram as Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 – Tipos e suas respectivas porcentagens de incidência de fissuras sem gravidade em concreto armado



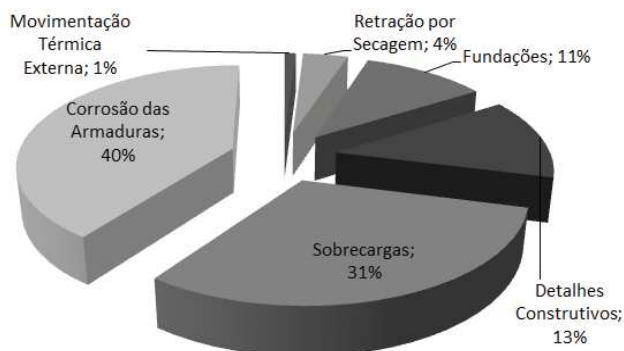
Fonte: Dal Molin, 1988.

Figura 3 – Tipos e suas respectivas porcentagens de incidência de fissuras de grau moderado em concreto armado



Fonte: Dal Molin, 1988.

Figura 4 – Tipos e suas respectivas porcentagens de incidência de fissuras graves em concreto armado



Fonte: Dal Molin, 1988.

Segundo o levantamento em campo realizado pelo autor, considerando as incidências de fissuras sem gravidade em concreto armado apresentados na Figura 2, os problemas giram na sua predominância em eletrodutos e movimentação térmica externa. Sendo 39% no primeiro caso e 34% no segundo. Já em casos de incidência de fissuras as ações predominantes, apresentados na Figura 3 são movimentação térmica externa com 30% e eletrodutos e sobrecargas com 14% em cada tipo. E por fim, os casos de incidência de fissuras graves em concreto armado apresentados na Figura 4, os principais problemas tem relação com corrosão de armadura, responsáveis por 40% e sobrecargas, responsáveis por 31%.

Tendo como base as estatísticas de Dal Molin (1988), assim como outros estudos realizados pelo autor, em sua literatura as fissuras foram divididas em dois grupos, o primeiro englobando as fissuras devidas aos materiais constituintes ou então falhas construtivas. Ao passo que o segundo grupo engloba as fissuras decorrentes de cargas estruturais.

As fissuras podem ser classificadas, levando em conta o que o autor buscou em suas pesquisas em campo e como definiu a separação de cada caso da anomalia. Deste modo, o Quadro 2 apresenta uma classificação das classificações das fissuras com seus respectivos autores.

Quadro 2 – Classificação conforme as causas de fissuração

| AUTOR | CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS |
|-------------------------|---|
| DAL MOLIN (1988) | <ul style="list-style-type: none"> -Materiais constituintes ou falhas construtivas. - Cargas estruturais. |
| THOMAZ (1998) | <ul style="list-style-type: none"> - Movimentação térmica. - Movimentação higroscópica. - Atuação de sobrecarga. - Deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado. - Recalque de fundação. -Retração de produtos à base de cimento. - Alterações químicas dos materiais de construção. |
| DUARTE (1998) | <ul style="list-style-type: none"> - Excessivo carregamento de compressão. - Variação de temperatura. - Retração. - Deformação de elemento da estrutura de concreto. - Recalques de fundações. - Reações químicas. - Detalhes construtivos incorretos. |

Fonte: Thomaz,1998; Duarte, 1998; Alves, 2009.

Como supracitado, cada autor segue uma linha em sua literatura para separar cada tipo da anomalia de acordo com suas causas. E de acordo com Thomaz (1998), as fissuras podem ser classificadas de acordo com sete causas.

a) Fissuras causadas por movimentações térmicas.

Os materiais e elementos que constituem uma obra sofrem variações de temperatura, tanto no quesito diário como de sazonalidade. Essas variações podem acarretar em variações dimensionais tanto compressivas como expansivas. Deste modo, dependendo da frequência e grau de incidência das oscilações térmicas, as propriedades físicas dos materiais e elementos podem não suportar tais ações, acarretando, por sua vez fissuras.

Além disso, as trincas podem ser originadas através de movimentações diferenciais dos materiais, que podem ser causadas por: juntas compostas por materiais com coeficientes de dilatações diferentes; exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas; gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo elemento estrutural.

b) Fissuras causadas por movimentações higroscópicas.

As mudanças higroscópicas causadas nos materiais e elementos de uma estrutura provocam alterações dimensionais, quando estes possuem características porosas. O aumento da umidade pode causar expansão do conjunto, e a diminuição

dela, a contração. E, quando o sistema possui restrições à essas movimentações, provoca-se, por conseguinte, fissuras. A umidade por advir da produção dos componentes, da execução da obra, de fenômenos meteorológicos, ou então através do solo.

c) Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas.

As fissuras podem ocorrer em elementos estruturais de uma edificação, como em pilares, vigas e lajes, pela atuação das sobrecargas. Isso pode se dever pelo fato desses elementos estruturais terem tido falhas na sua execução. Ou também, pela estrutura estar recebendo uma sobrecarga acima da calculada em projeto. Em alguns casos ainda, pode haver a existência de sobrecarga em elementos não estruturais, pela deformação da estrutura resistente do edifício, como também pela sua má utilização.

d) Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado.

De forma geral, não se tem observado problemas graves advindos de deformações causadas por solicitações de compressão, cisalhamento ou torção. Porém, a existência de flechas em componentes fletidos tem ocasionado graves transtornos às edificações. Verificando-se, então, problemas de compressão de caixilhos, empoçamento de água em vigas-calha ou lajes de cobertura, destacamento de pisos cerâmicos e ocorrência de trincas em paredes, em função da deformação de componentes estruturais.

e) Fissuras causadas por recalques de fundação.

As fundações de edifícios, até pouco tempo atrás, eram sempre dimensionadas levando em consideração o critério de ruptura do solo. Porém, do mesmo modo que as edificações iam ganhando esbeltez e altura, os cálculos em questão passaram a levar em consideração o recalque e não mais a ruptura.

De acordo com Melo (1975 apud THOMAZ, 1998), os cálculos para fundações só têm o critério de ruptura como condicionante nos casos de argilas de baixa plasticidade. Ao passo que em argilas de alta plasticidade são condicionados pelo critério de recalque quando se diz em cálculo para o dimensionamento de fundações. Nos demais tipos de solo, como siltes, areias e solos com altos

coeficientes de atrito interno, o condicionante de ruptura pode ser tido apenas para sapatas muito pequenas.

Tratando-se de trincas então, elas são causadas principalmente pelo recalque diferencial, quando uma estrutura possui recalques em proporções diferentes, de modo que haja o surgimento da patologia.

f) Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção.

Os materiais de construção podem sofrer alterações químicas indesejáveis, de modo que, por consequência, suas funções não sejam compatíveis com a necessária. Tal fator pode ocasionar alguns problemas na estrutura, entre eles a fissuração dos componentes.

A hidratação tardia da cal pode apresentar teores consideráveis de óxidos livres de cal e magnésio. A existência, então, de componentes ou elementos com cales mal hidratadas, podem ocasionar problemas, caso a estrutura vir a sofrer uma umidificação ao longo de sua vida útil. Isso ocorre, pois esses óxidos, em contato com a água ocasionarão uma expansão no seu volume em até 100%, ocasionando então fissuras.

Poderá ocorrer também ataque por sulfatos. A reação de alumínio tricálcico, elemento encontrado nos cimentos, com sulfatos podem causar uma reação de grande expansão. Desta forma, a inserção de sulfatos, seja pelo solo, água contaminada, ou até mesmo por materiais ou elementos compostos por argila, podem causar tal reação.

A corrosão de armaduras é outro exemplo de alteração química de material. Este caso pode vir a ocorrer quando o cobrimento da armadura não é calculada ou então executada corretamente. Ou também, quando o concreto está aerado. Nesses casos, a estrutura com presença de umidade pode acabar ocasionando a corrosão da armadura do elemento.

2.1.1.2 Patologias em alvenarias

As alvenarias são elementos de vedação em uma estrutura. Sua principal finalidade, segundo Deutsch (2011), é a separação de espaços e compartimentos de uma edificação. Além dessa, há casos em que a alvenaria também tem função

estrutural. E, em todos os casos, as alvenarias são compostas de elementos inertes ligados por um tipo de argamassa.

Ainda segundo o mesmo autor, os problemas geralmente encontrados nas patologias verificadas em alvenarias tem relação ao prumo, à massa de ligação de má qualidade, ou então à falta de amarração.

Verçoza (1991) complementa que defeitos de execução como paredes fora de prumo, fiadas fora de nível e falta de amarração não podem ser reparadas, tendo que ser demolidas.

O mesmo autor defende que, além dos defeitos de execução, a eflorescência, o bolor, mofo e limo, a criptoflorescência, a gelividade e manchas de gordura, graxas ou óleos também são patologias comuns a todas as alvenarias.

Conforme Oliveira (2001), as patologias em paredes podem ser subdivididas em de vedação e estrutural. E, algumas das manifestações patológicas podem ser apresentadas em ambos os tipos de alvenaria.

a) Patologia nas alvenarias de vedação

De acordo com Oliveira (2001, p. 8):

O aparecimento de trincas nas paredes de alvenaria indica um estado de deformação excessiva dos elementos estruturais e comprometimento da durabilidade e/ou estanqueidade à água do edifício, trazendo descontentamento (eventualmente pânico) ao usuário pela possibilidade de ruína dos elementos fissurados. (OLIVEIRA, 2001, p. 8)

Deste modo, em casos de patologias em alvenarias de vedação é feita a análise para certificar-se quais as causas e possíveis danos futuros que a anomalia pode vir a ocasionar na estrutura. Para que, desta forma, possa-se definir se a manifestação pode comprometer a segurança estrutural e a estanqueidade, ou então se é apenas de cunho estético. E mesmo nesse caso, deve ser reparada e cuidada (OLIVEIRA, 2001).

Segundo a autora, não se têm observado comumente problemas graves decorrentes de deformações promovidas por solicitações de compressão (pilares), cisalhamento ou torção.

A mesma autora defende ainda que quanto à ocorrência de flechas em componentes fletidos, há frequência em graves transtornos aos edifícios, provenientes das flechas desenvolvidas em componentes estruturais. E, esse fator

pode vir a causar diversos problemas, dentre eles a ocorrência de fissuras em paredes. Porém, o surgimento e agravamento das fissuras não são apenas em função da grandeza da flecha, como também das características dos elementos compositores da alvenaria, como as dimensões dos blocos, o tipo de junta aplicada na parede, composição dos materiais de assentamento, e das dimensões e localização dos vãos inseridos na parede.

b) Patologia nas alvenarias estruturais

Grimm (1988 apud OLIVEIRA, 2001) cita que em casos de edificações em alvenaria estrutural, a fissura é, se não a mais, uma das mais frequentes manifestações que causa perda de desempenho e pode ser ocasionada por diversos fatores como retração da argamassa, deformação de outras estruturas de concreto, recalque da fundação, entre outros.

A evolução da tecnologia do concreto armado trouxe modificações na construção de edificações. Ou seja, as estruturas de concreto se tornaram cada vez mais flexíveis com esse avanço, de modo que se tem aços com maior limite de elasticidade, cimentos com de melhor qualidade, como também, o aperfeiçoamento de métodos para cálculos das estruturas. E isso exige, por consequência, uma análise mais criteriosa das suas deformações e consequências causadas por tal fenômeno (THOMAZ, 1998).

A existência de cargas uniformemente distribuídas não previstas em projetos, os sobrecarregamentos, podem causar fissuras em paredes de alvenaria estrutural. Essas anomalias se apresentam verticalmente e são provenientes da deformação transversal da argamassa de assentamento, e em casos mais graves, dos próprios blocos de alvenaria por flexão local (OLIVEIRA, 2001).

A mesma autora cita que as fissuras causadas pela existência das sobrecargas ocorrem pela solicitação excessiva da estrutura em alvenaria. E muitas vezes há concentração de esforços em algumas regiões por não existir elementos que façam a distribuições desses esforços. Em casos de paredes com esquadrias que não possuem vergas e contravergas, ou que existem, mas de modo inadequado, as fissuras serão apresentadas inclinadas nos cantos dessas aberturas. Uma vez que são nessas regiões que se concentrarão as tensões.

2.1.1.3 Patologias em fundações

As fundações são causas muito frequentes de rachaduras e outras lesões em prédios. Por isso também é frequente atribuir-se às fundações defeitos que não são causadas por elas (VERÇOZA, 1991).

As manifestações em fundações, assim como na edificação de um modo geral, podem ocorrer em qualquer fase da obra. As patologias em fundações são as deformações ocasionadas devido ao movimento da estrutura do solo. As quais, por sua vez, podem ser ocasionadas nas fases de:

- Investigação do subsolo;
- Análise e projeto das fundações;
- Execução das fundações;
- Eventos pós-conclusão das fundações;
- Degradação dos materiais constituintes das fundações. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008)

O problema mais comum é o chamado recalque diferencial. De acordo com Verçoza (1991), o fato é que na prática, o terreno muitas vezes não possui uma homogeneidade. De modo que, algumas estacas possam estar em um ponto do terreno onde a resistência do solo é maior ou menor do que a resistência encontrada na estaca vizinha. Esse fato, faz com que haja, por mais que mínimos, recalques em diferentes alturas. E, com isso, a viga que une essas estacas, quando esse fenômeno ocorre, sofre um abaulamento.

O abaulamento, por sua vez, ainda segundo o mesmo autor, vem a causar uma abertura em ângulo na parede sobreposta a essa viga. Ou seja, a fissura terá uma abertura tanto maior, quanto mais alto o nível da parede. E, além disso, é possível que a viga de fundação não mostre a lesão a olho nu, e que esta apareça somente na alvenaria.

Os danos causados pela patologia das fundações são divididos, por Milititski, Consoli e Schnaid (2008), em três grupos. Os Danos Arquitetônicos ou Estéticos são aqueles que comprometem a estética, mas não a estrutura do edifício, como por exemplo, trincas em paredes e desaprumos. Os Danos Funcionais são os que de algum modo atrapalha na funcionalidade do prédio, causando o mau funcionamento das instalações prediais, como o rompimento de instalações hidráulicas e sanitárias,

por exemplo. Há também os Danos Estruturais, os quais comprometem a estabilidade da estrutura, de modo que se necessite de reforços para que a mesma não venha ao colapso.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta o desenvolvimento metodológico, que por sua vez tem a finalidade de auxiliar no cumprimento dos objetivos propostos anteriormente. Ou seja, a metodologia tem como função apresentar as etapas para a análise das fissuras ocasionadas pelo recalque diferencial do edifício do estudo de caso, bem como análise de soluções de reparo para o caso.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia utilizada para a elaboração do presente trabalho possui duas etapas: revisão de literatura e estudo de caso.

A primeira se deu pela análise e interpretação de publicações tanto em âmbito nacional como internacional, por meio de livros, artigos de periódicos e congressos, teses, dissertações e normas. E como forma de complementação foram utilizados sites e outros materiais a fim de se compreender conceitos e outras informações pertinentes ao tema estudado.

A segunda etapa, que se refere a realização do estudo de caso, contou com a coleta de dados em campo e análise documental. Estas etapas englobam desde a análise do Laudo Pericial do Residencial Primavera, como o levantamento de fissuras do edifício em estudo e a realização do Mapa de Danos através desse levantamento. Também são apresentadas soluções de reparo para os danos ocasionados a partir do recalque diferencial e análise da medida corretiva implantada na obra para reforço da fundação.

De acordo com Santos (2000 apud ZUCHETTI, 2015), as pesquisas podem ser caracterizadas segundo os objetivos, e os procedimentos de coleta, ou então, segundo as fontes utilizadas na coleta de dados. E se tratando do estudo de caso, este é classificado como experimental de caráter exploratório.

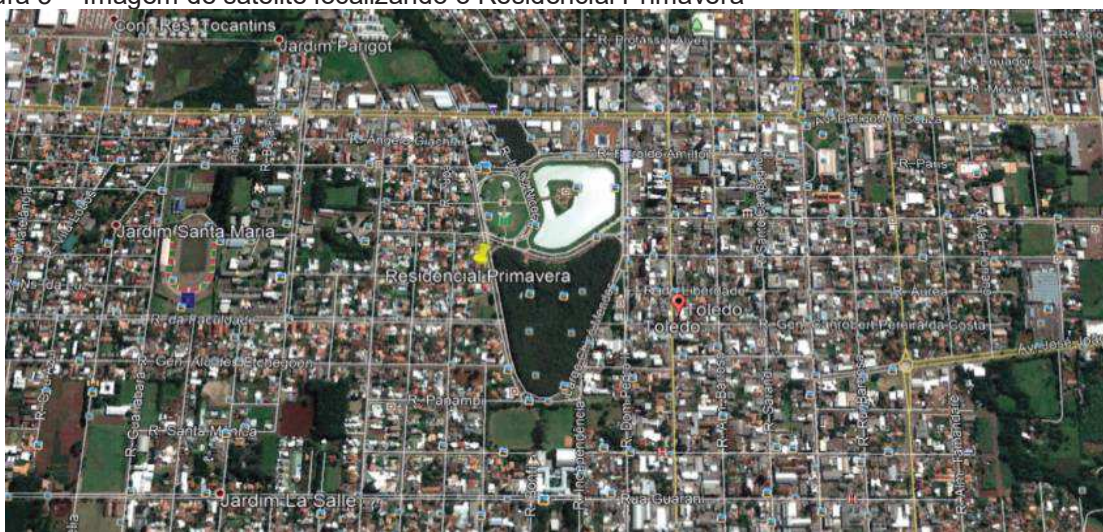
Segundo Prodanov e Freitas (2013), o estudo de caso é classificado assim porque possui como finalidade desenvolver mais informações acerca do assunto o qual será investigado. Isso possibilita a definição e delimitação da pesquisa, de modo que se fixem os objetivos do mesmo ou se formulem hipóteses e se desenvolvam novos enfoques para o tema estudado.

Deste modo, as duas etapas do trabalho se relacionam quando os dados obtidos na coleta são dados como matéria prima para o estudo e entendimento destes para com a literatura. E com esses entendimentos e análises chegam-se às conclusões a respeito dos dados obtidos em campo para com as manifestações patológicas catalogadas nas literaturas (SANTOS, 2000 apud ZUCHETTI, 2015).

3.2 IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DE PESQUISA

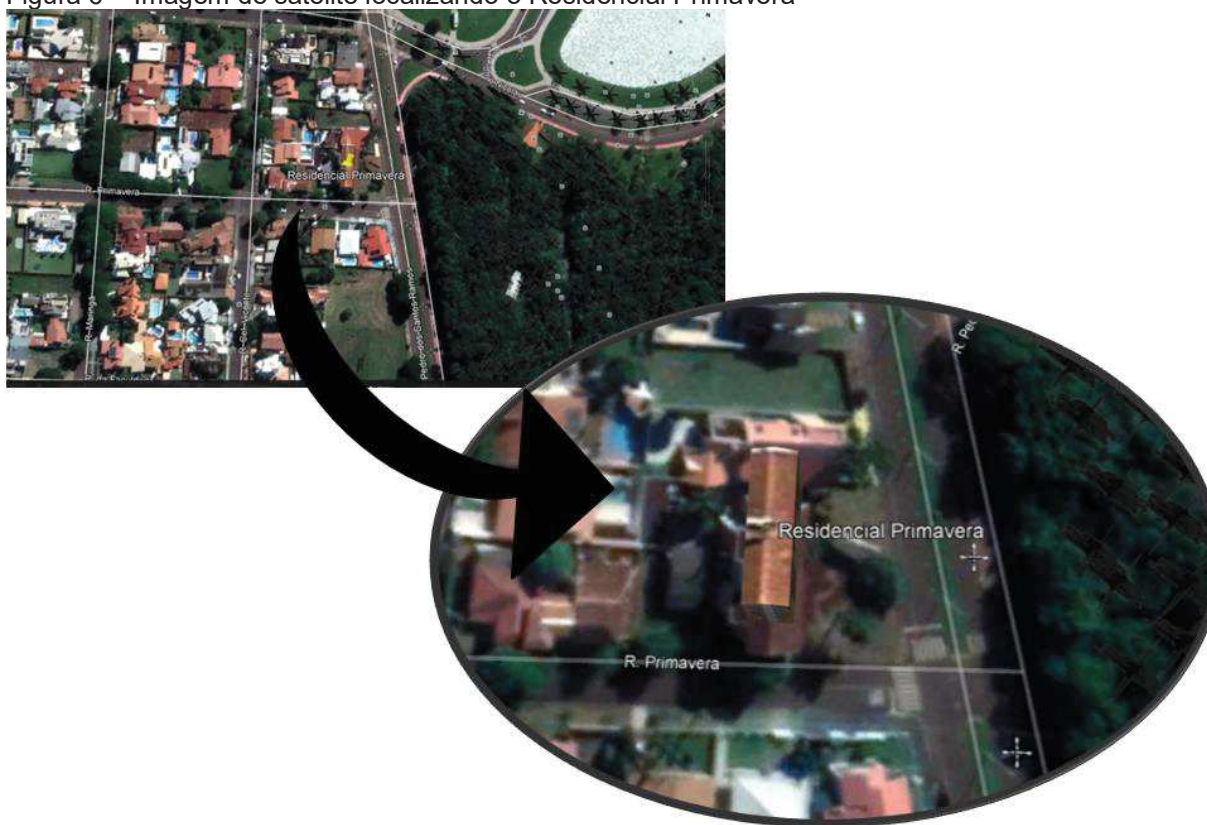
A edificação estudada na pesquisa trata-se do Edifício Residencial Primavera, localizado na Rua Primavera, 218, Jardim La Salle. Encontra-se localizado sobre o Lote 14, na Quadra 1021 do Loteamento Cividini, na cidade de Toledo – PR, com área de 495 m². As Figuras 5 e 6 mostram imagens captadas por satélites da localização do edifício.

Figura 5 – Imagem de satélite localizando o Residencial Primavera



Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 6 – Imagem de satélite localizando o Residencial Primavera

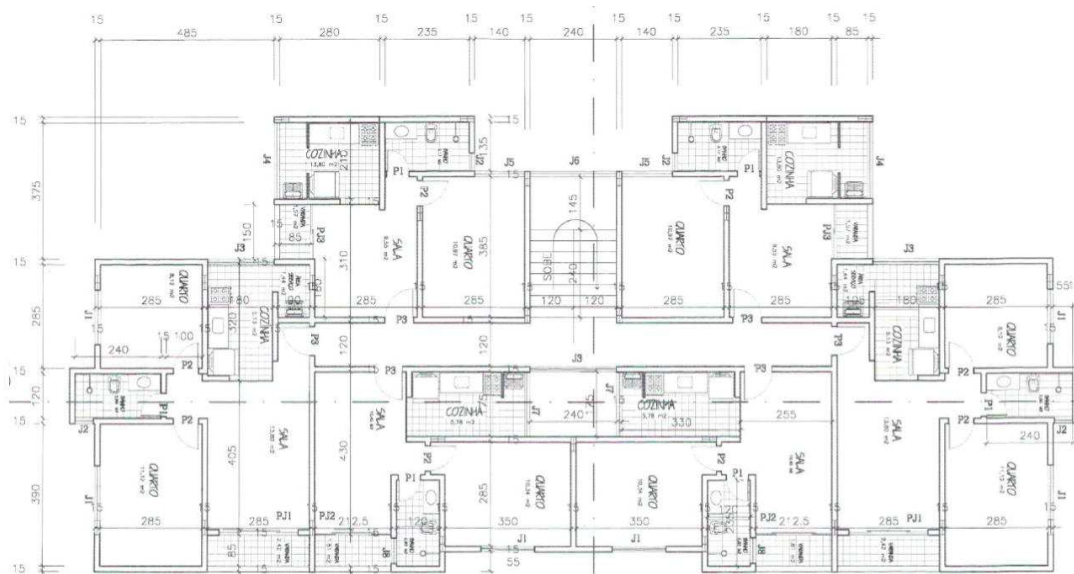


Fonte: Google Earth, 2018.

Em relação à região onde se encontra a edificação, é de uso predominantemente residencial. Além disso, as edificações da região em questão tratam-se na sua maioria de edificações de um ou dois pavimentos, tendo como padrão construtivo o médio a alto.

O edifício possui quatro pavimentos, sendo o pavimento térreo composto pela garagem e os outros três pavimentos superiores com seis apartamentos em cada. A área aproximada construída da edificação de 1.115,36 m². A Figura 7 apresenta a planta baixa do pavimento tipo do residencial.

Figura 7 – Planta baixa do pavimento tipo do Residencial Primavera



Fonte: Laudo de Estabilidade Estrutural do Edifício Residencial Primavera, 2017.

A escolha do Residencial Primavera para estudo da pesquisa, se deu pelo mesmo ter sofrido um recalque diferencial em decorrência de fortes chuvas. Com isso, o edifício foi isolado e interditado pela Coordenadoria Regional de Defesa e Proteção Civil de Toledo, no dia 31 de outubro do mesmo ano. Com isso, uma empresa foi requisitada para realizar o processo de perícia da edificação, a fim de se apurar as causas e possíveis soluções de reforços ou outras soluções. As Figura 8 e 9 apresentam imagens do residencial.

Figura 8 – Edifício Residencial Primavera no dia em que foi embargado



Fonte: Autoria própria, 2017.

Figura 9 – Vista da edificação no cruzamento das Ruas Primavera e Pedro dos Santos Ramos



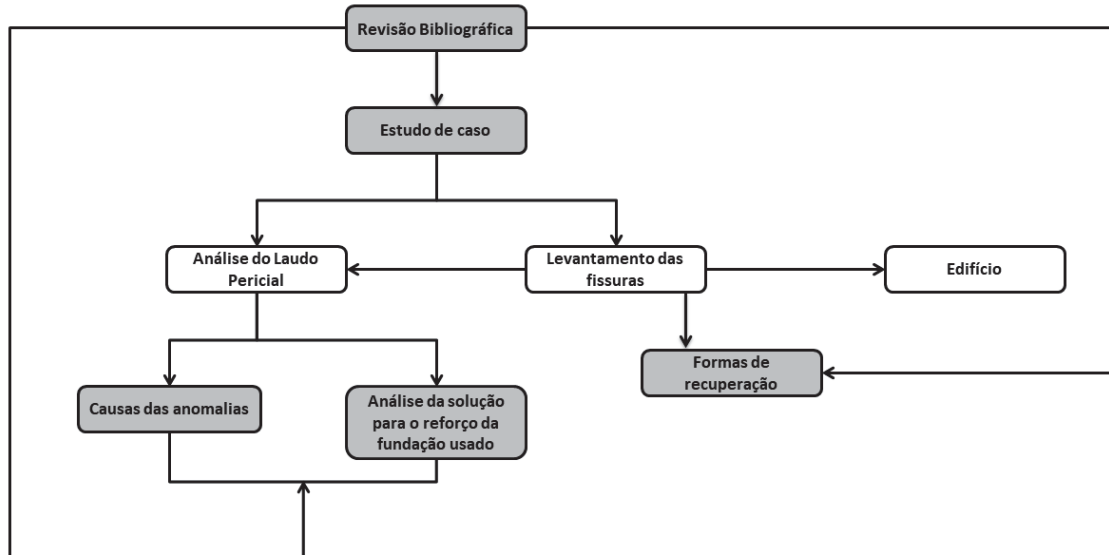
Fonte: Autoria própria, 2017.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa, como supracitado, engloba duas etapas. Essas etapas são iniciadas de formas distintas e, posteriormente, seus resultados serão utilizados para o mesmo fim.

A Figura 10 apresenta o fluxograma com as etapas da pesquisa.

Figura 10 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autoria própria, 2018.

Cada uma das etapas é descrita a seguir.

a) Revisão Bibliográfica

A Revisão Bibliográfica contempla o levantamento de características, tipos, origens, causas e consequências do ponto mais relevante acerca do problema encontrado no edifício em estudo: Patologias. Uma vez que com o edifício tendo entrado em instabilidade, várias manifestações patológicas apareceram.

b) Análise do Laudo Pericial

Com o incidente do Residencial Primavera, fez-se necessário a avaliação estrutural da edificação, o monitoramento dos deslocamentos estruturais, como também a determinação das prováveis causas da ocorrência das anomalias e manifestações patológicas.

Desta forma, foi analisado o Laudo Pericial para verificar todos os problemas levantados, bem como possíveis causas. Da mesma forma, o objetivo foi verificar o tipo de reforço de fundação utilizado.

c) Levantamento das anomalias e identificação das possíveis causas

De modo a se analisar e classificar a fundo as patologias do edifício em estudo, foi feito o levantamento de todas as fissuras encontradas na edificação, de modo a classificá-las e distingui-las de acordo com a literatura estudada. Esse levantamento foi realizado com a medição da abertura de fissuras, como também foi realizado o registro fotográfico para a realização de outros procedimentos da pesquisa. Além disso, foi identificado o local de cada uma das fissuras, para que pudessem ser analisadas posteriormente como um conjunto.

Com esse levantamento de fissuras foi realizado a metodologia do mapa de danos, para melhor visualização de todas as fissuras existentes.

De acordo com Tinoco (2009), o Mapa de Danos é um documento do tipo gráfico-fotográfico, que tem como objetivo sintetizar o resultado das investigações sobre as alterações estruturais e funcionais nos materiais, nas técnicas, nos sistemas e componentes construtivos. No caso do estudo, o Mapa de Danos foi utilizado para demarcar as fissuras encontradas nas fachadas externas e mapear as áreas de maior incidência em paredes onde houve recorrência da patologia tratada na pesquisa.

A Figura 11 apresenta um exemplo de mapa de danos de uma edificação.

Figura 11 – Exemplo de Mapa de Danos



Fonte: Tinoco, 2009.

Além da identificação das fissuras, foi identificado no local outras anomalias que poderiam ser decorrentes do recalque diferencial.

Para identificar as causas das anomalias foi utilizada a literatura sobre o assunto, bem como o Laudo Pericial.

d) Formas de recuperação das anomalias

A partir da análise do Laudo Pericial e levantamento das fissuras pelo Mapa de Danos e da comparação das patologias com a literatura, foram apresentadas as possíveis soluções para tratamento das fissuras e outros danos encontrados no edifício, com o auxílio da literatura.

O objetivo desta etapa foi apresentar soluções para os problemas decorrentes do recalque diferencial, tanto nas manifestações patológicas encontradas na edificação, como também soluções de reparo de danos estruturais como um todo, de modo a recuperar a segurança, estabilidade, estética e funcionalidade da estrutura.

e) Análise da solução para o reforço da fundação

A última etapa da pesquisa consistiu na análise da solução utilizada para recuperação da estrutura, comparando com as soluções apresentadas na literatura com a solução utilizada no edifício do estudo de caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo atual apresenta os resultados e as discussões pertinentes ao assunto, obtidos através da coleta e análise de dados e informações coletados de acordo com o capítulo anterior.

4.1 ANÁLISE DO LAUDO PERICIAL

O laudo técnico do Edifício Residencial Primavera teve como objetivo avaliar a estrutura da edificação, analisando os deslocamentos estruturais e as possíveis causas das patologias encontradas *in loco*. Através de diligências foi realizado um levantamento fotográfico mostrando os tipos de fissuras encontradas, assim como se realizou a análise do projeto arquitetônico e estrutural para verificação da estabilidade.

Com essas análises, o laudo constata que as patologias foram causadas por mais de um fator, visto que se encontraram várias anomalias. E de acordo com o laudo técnico, as possíveis causas devido a cada tipo de patologia encontrada são as seguintes:

- Fissuras em 45° na alvenaria são características de possíveis recalques;
- Fissuras transversais e sequenciais em viga são características de tração e/ou compressão;
- Fissuras longitudinais na alvenaria, paralelas ao piso são características de flexão excessiva da viga de sustentação;
- Fissuras longitudinais nas lajes são características de flexão excessiva;
- Fissuras nas bordas das lajes, localizadas próximas aos pilares, sugerem problemas referentes à armadura de bordo ou recalque e retração hidráulica/contração térmica;
- Fissuras transversais nos pilares são características de recalque;
- Fissuras longitudinais na alvenaria das marquises são características de flexão excessiva na viga de sustentação.

De modo a se analisar o solo do local, foram realizadas sondagens do tipo Sistema de Processamento de Transações (S.P.T.) para que se obtivessem as

características de solo para auxílio no entendimento do recalque diferencial. E com esses ensaios, visualizou-se que na camada de 5,50 metros abaixo do nível de terreno, existe presença de água. Isso comprova a inviabilidade de execução de estacas escavadas, como foi realizada, visto que o furo da escavação deve permanecer livre, e na presença de água, isto não é possível. Deste modo, verificou-se erro já no projeto de fundação do edifício.

Com o auxílio de equipamentos como estação total, nível óptico e trena a laser, foram realizadas medições quanto ao recalque diferencial do prédio, onde constatou-se um desaprumo máximo de aproximadamente 30 centímetros. Desaprumo esse que gerou uma inclinação de cerca de 5,61% no piso.

Quando foi requerida a equipe para a elaboração do laudo técnico, foi solicitado também o escoramento metálico de toda a estrutura. Com isso, pode-se analisar durante algumas vistorias, que após o escoramento não foram mais constatados deslocamentos significativos da estrutura.

Com essas e outras análises realizadas com o intuito de extrair todos os cuidados necessários para com a edificação, foram elaboradas algumas recomendações finais pelos profissionais, as quais estão expostas no Quadro 3.

Quadro 3 – Análises finais de alguns pontos específicos

| Pontos de análise | Análise |
|-------------------------------|---|
| Habitação | Em hipótese alguma o edifício deve ser ocupado novamente antes do reforço de fundação ser realizado. Mesmo o residencial possuindo um escoramento metálico, este serve como uma “alternativa” para o mesmo não vir a ruína. Aparentemente, a estrutura está estável com o escoramento metálico, mas este não garante a segurança da obra. |
| Projeto de estabilização | Deve ser contratado um projeto específico de reforço de fundações, de modo que o objetivo seja estabilizar a edificação e recompor a situação inicial para uso e habitação. |
| Escoramento do muro de divisa | O muro de divisa, por estar instável, deve ser travado com urgência, de modo a se evitar o rompimento do mesmo. Esta situação, caso ocorra, pode vir a desestabilizar o solo de suporte da edificação, podendo ocasionar novos colapsos do solo, e por consequência à ruína da edificação. |
| Estabilização da fundação | O reforço da fundação pode ser executado através de estacas metálicas, sendo cravadas ao redor da fundação existente, devendo ser solidarizada ao bloco existente. |
| Restauração da estrutura | A restauração da estrutura deverá ser estudada criteriosamente, de modo a se analisar todos os custos para a estabilização e nivelamento da estrutura como o estado inicial. |

Fonte: Autoria própria, 2018.

Esses seis pontos de análise foram os pontos mais relevantes identificados no Laudo Pericial.

4.2 LEVANTAMENTO DAS FISSURAS IN LOCO

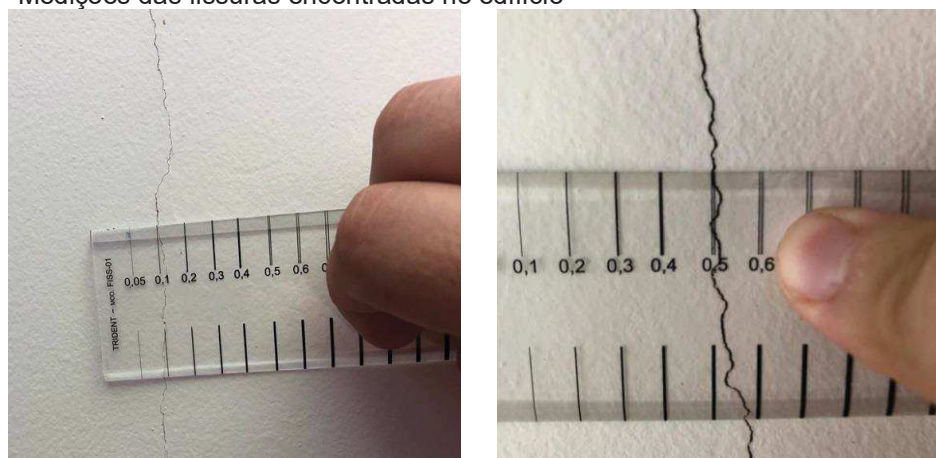
A fim de se realizar o mapeamento das fissuras, assim como conhecer a classificação das anomalias em questão, foi realizado o levantamento das mesmas no Edifício Residencial Primavera. Foram registradas imagens das fissuras, fez-se a medição e realizou-se o quantitativo das mesmas para efetuar as análises.

4.2.1 Análise das Fissuras Quanto à Classificação

Para identificar as patologias quanto à sua classificação, de acordo com Oliveira (2012), utilizou-se um fissurômetro da marca Trident para levantamento das espessuras das mesmas. Com isso, pode-se fazer a análise das aberturas de acordo com a classificação de Oliveira (2012), apresentado no Quadro 1 presente no capítulo de Revisão Bibliográfica, o qual apresenta uma classificação em função da espessura da abertura da anomalia.

Constatou-se que todas as aberturas internas causadas pelo recalque diferencial do edifício são classificadas como fissuras, uma vez que estas possuem uma abertura inferior à 0,5mm, como mostram a Figura 12.

Figura 12 – Medições das fissuras encontradas no edifício



(a) exemplo de fissura de 0,1mm

(b) exemplo de fissura de 0,5mm

Fonte: Autoria própria, 2018.

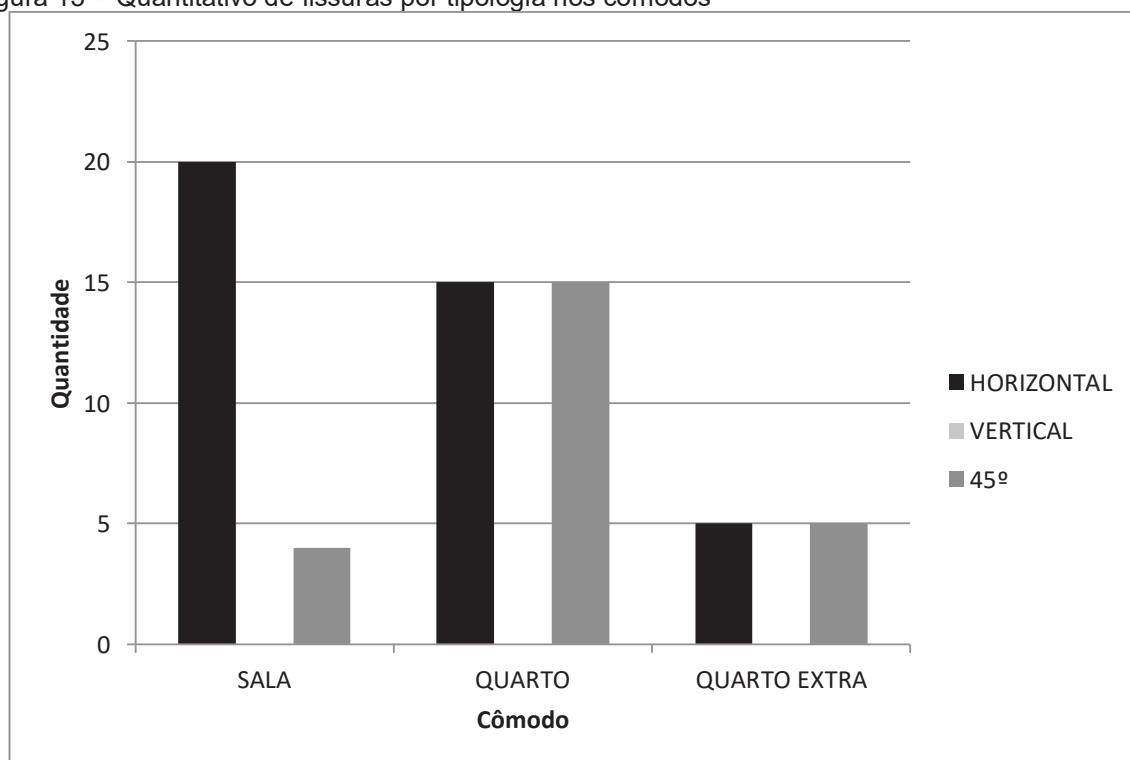
De acordo com a Figura 12, é possível perceber-se que as aberturas das anomalias encontradas possuem espessuras muito finas, caracterizando-as como fissuras, de acordo com Oliveira (2012). Salvo algumas patologias encontradas em muro e pilar, que possuem aberturas maiores e estão identificadas neste capítulo, em discussões das análises das patologias em alguns locais da edificação.

4.2.2 Análise Quantitativa de Patologias Internas dos Apartamentos por Ambiente

Com base no levantamento de fissuras, foi possível perceber que estas apresentaram-se nas mesmas regiões, com as mesmas características.

A Figura 13 apresenta o quantitativo das fissuras por tipo, referentes às quantidades totais do prédio, por cômodo.

Figura 13 – Quantitativo de fissuras por tipologia nos cômodos



Fonte: Autoria própria, 2018.

O fato do gráfico não conter nenhuma fissura nos cômodos de cozinha e banheiro foi porque ambos os ambientes possuem azulejos em suas paredes, impossibilitando a verificação de existência das mesmas.

A quantidade inferior de fissuras referentes ao 2º quarto se dá pelo motivo de existir apenas dois apartamentos por andar com dois quartos, tendo então, os demais apartamentos, apenas um quarto.

Verifica-se, de acordo com os dados apresentados, que o cômodo “sala” possui predominância em fissuras horizontais, onde estas apresentavam-se acompanhando a extremidade inferior da viga. Ao passo que os quartos apresentaram quantidades similares de fissuras horizontais e 45°, onde as primeiras apresentavam localização igual a das fissuras encontradas na sala, e as segundas, encontravam-se predominantemente ao redor das janelas.

A Figura 14 apresenta casos de fissuras encontradas no interior de um dos apartamentos do edifício, onde a Figura 14 (a) apresenta uma fissura a 45°, ao passo que a Figura 14 (b) apresenta uma fissura horizontal.

Figura 14 – Exemplo de fissuras



(a) exemplo de fissura a 45°



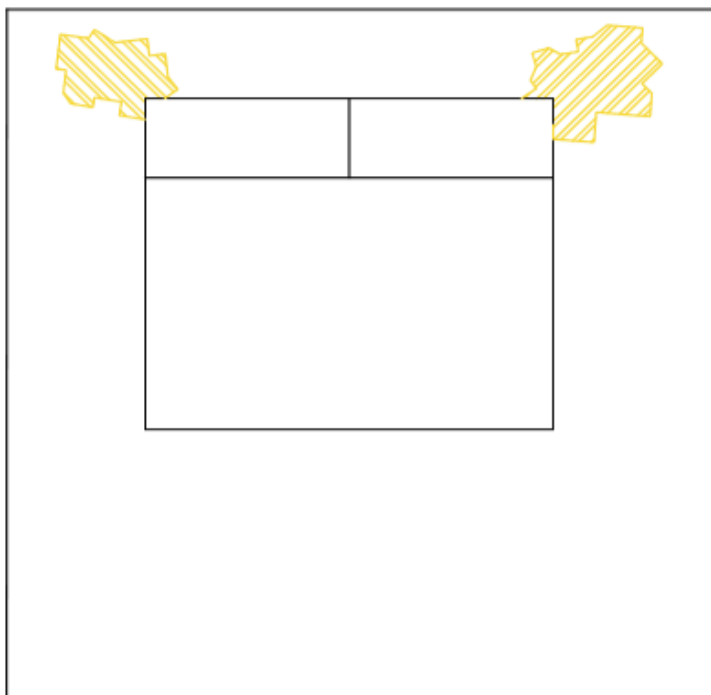
(b) exemplo de fissura horizontal

Fonte: Autoria própria, 2018.

De modo a mapear graficamente as fissuras encontradas na parte interna do edifício, escolheu-se paredes onde houve predominância das mesmas, de modo a identificar a localização das patologias em questão.

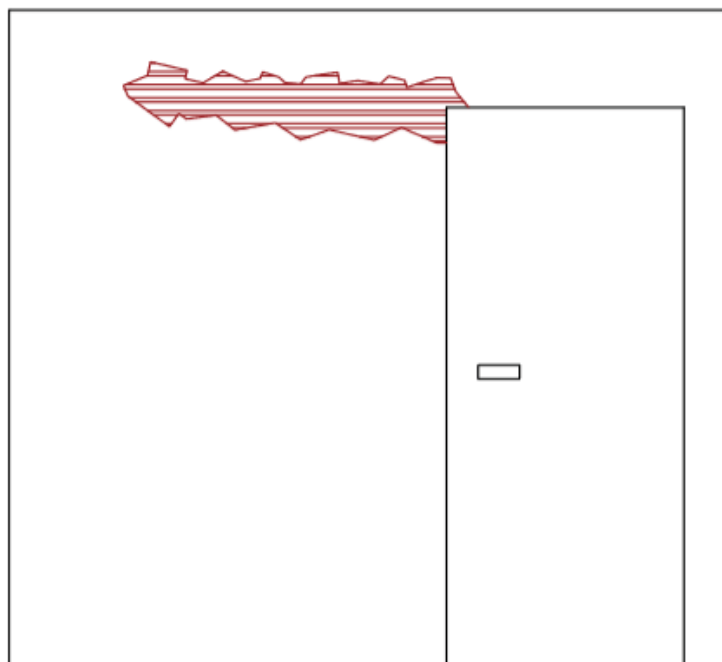
A predominância das fissuras inclinadas e horizontais se deu nas paredes como indicado nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Mapeamento de fissuras na parede com janela dos quartos



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 16 – Mapeamento de fissuras na parede da porta de entrada da sala



Fonte: Autoria própria, 2018.

Com isso pôde-se constatar que as fissuras em 45° foram encontradas na região das esquadrias. Já as fissuras horizontais estão localizadas na maioria na parede contendo a porta de entrada dos apartamentos.

Todos os apartamentos apresentaram um padrão na incidência das patologias, onde as fissuras se encontraram nas mesmas áreas e com as mesmas características.

4.2.3 Análise das Fissuras Quanto à Extensão da Patologia

Ao realizar o levantamento das fissuras encontradas no local de estudo, analisou-se também, além da orientação de sua incidência, o alongamento das mesmas, analisando-se a sua extensão. Essa análise foi realizada de modo a identificar tendências ou sequências das fissuras com as intensidades geradas pelo recalque diferencial.

Percebeu-se que, visualmente, as fissuras tinham dimensões e espessuras menores, quanto mais longe estavam do ponto crítico do recalque diferencial, que ocorreu na fachada leste do edifício. Ou seja, quanto mais alto o cômodo se encontra, e mais longe da extremidade leste do terreno, menores foram as fissuras encontradas.

A Figura 17 esquematiza a incidência das fissuras causadas pelo recalque diferencial em questão. Onde a área em vermelho apresenta os locais de incidências com danos de maior proporção, ao passo que os pontos em verde apresentam os locais de incidências com danos de menor proporção.

Figura 17 – Esquema da incidência de fissuras conforme a distância da extremidade crítica do recalque



Fonte: Autoria própria, 2018.

Com relação à origem das fissuras encontradas nos ambientes internos das edificações, de acordo com Thomaz (1998), podem ser destacadas as seguintes considerações:

- As fissuras em 45° na alvenaria podem ser originadas a partir de recalques diferenciais, e geralmente inclinam-se em direção ao ponto de maior recalque. Tal situação foi analisada próxima às esquadrias de janelas e portas, onde as fissuras possuíam uma regularidade como explicitada pela literatura.
- As fissuras horizontais caracterizam situações de tração e compressão do concreto, de acordo com o autor e também destacadas no laudo da perícia realizado.

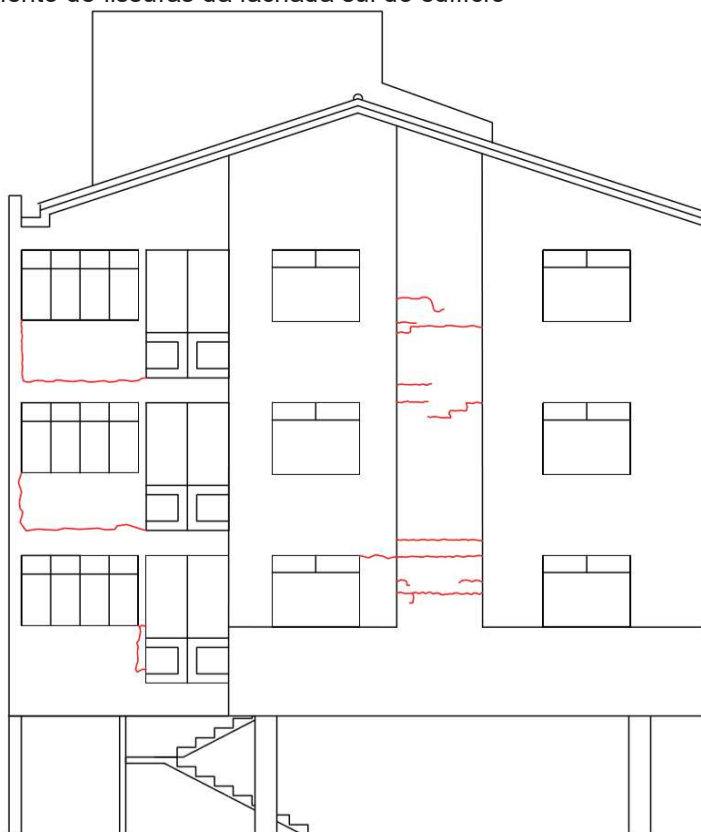
4.2.4 Mapeamento das Fissuras nas Fachadas Externas

Durante as diligências realizou-se também o levantamento das fissuras nas fachadas da edificação, onde é possível se notar a similaridade da incidência das patologias. Ou seja, elas aparecem com as mesmas características e disposições.

Deste modo, buscou-se representar graficamente duas fachadas da edificação a fim de mapear as fissuras encontradas, de modo a representar todas elas e analisá-las posteriormente. Para isso, utilizou-se as fachadas sul e leste do edifício residencial. As demais fachadas apresentaram o mesmo comportamento.

A Figura 18 apresenta o mapeamento da fachada sul do edifício.

Figura 18 – Mapeamento de fissuras da fachada sul do edifício



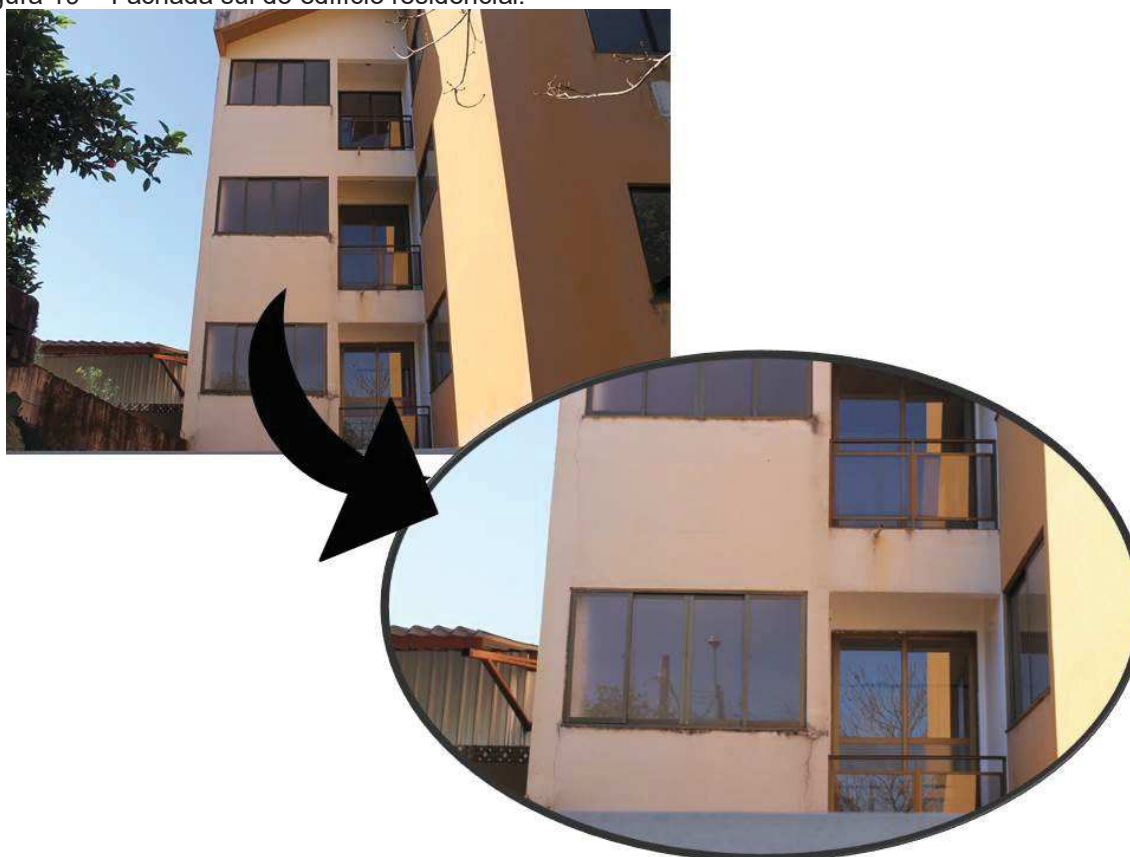
Fonte: Autoria própria, 2018.

É notória a uniformidade da patologia encontrada na fachada sul, uma vez que as fissuras horizontais tendem a acompanhar as extremidades superiores e inferiores das vigas estruturais do edifício. De modo que, quase na sua totalidade isso se deve pela junção do concreto (viga estrutural) para com a alvenaria. Isso pode ocorrer, de acordo com Thomaz (1998), pelo fato das movimentações térmicas desses materiais se darem de formas diferentes. O que pode ter ocasionado além das fissuras horizontais, as fissuras verticais apresentadas na Figura 18 acima.

Quanto às fissuras verticais encontradas na fachada, essas podem terem sido causadas também pela junção de elementos como o concreto para com a alvenaria. De modo que surgissem os mesmos danos citados acima.

Foi constatado também que a fachada apresenta alguns aspectos de umidade e infiltração, demonstrando que as mesmas já se encontravam na fachada antes da ocorrência do recalque. Ao redor da abertura, pode-se perceber aspectos mais escuros de infiltração e bolor da alvenaria e do revestimento em argamassa (Figuras 19 e 20).

Figura 19 – Fachada sul do edifício residencial.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 20 – Fachada sul do edifício residencial

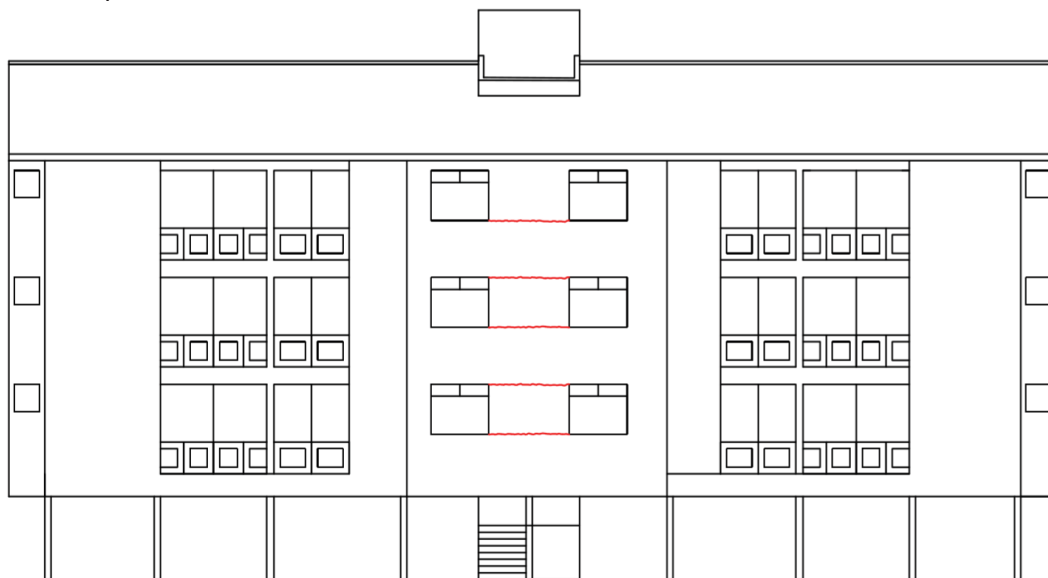


Fonte: Autoria própria, 2018.

A fachada leste também apresentou resultados semelhantes e em menores quantidades, se comparadas às da fachada sul. De modo que as mesmas conclusões são obtidas.

A Figura 21 apresenta o mapeamento das fissuras da fachada leste do edifício, enquanto a Figura 22 apresenta uma imagem desta fachada.

Figura 21 – Mapeamento de fissuras da fachada leste do edifício.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 22 – Fachada leste do edifício residencial.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Com essas análises, realizadas durante as diligências, confirmadas também pelo laudo técnico realizado após o ocorrido, caracterizam-se essas patologias como não sendo causadas pelo recalque diferencial.

Um tipo de indício de fissuras devido ao recalque é quando há presença de esmagamentos localizados, dando aparência de escamas. O que dá indícios de que as tensões de cisalhamento acabam provocando tal anomalia. A fachada sul apresenta, em sua alvenaria, em alguns pontos, aparência de escamas, onde poderiam ser classificadas como fissuras devido ao recalque. Porém, como já analisado previamente, essas fissuras são de espessura muito fina e já com aparência de uma existência maior, descaracterizando, então como causadas pelo recalque. E, por sua vez, as caracterizando como fissuras devido à contínua presença de umidade.

As fissuras horizontais e sequenciais seguindo a parte superior e inferior das vigas, como apresentado no mapa de danos das fachadas anteriormente caracterizam situações de tração e compressão do concreto.

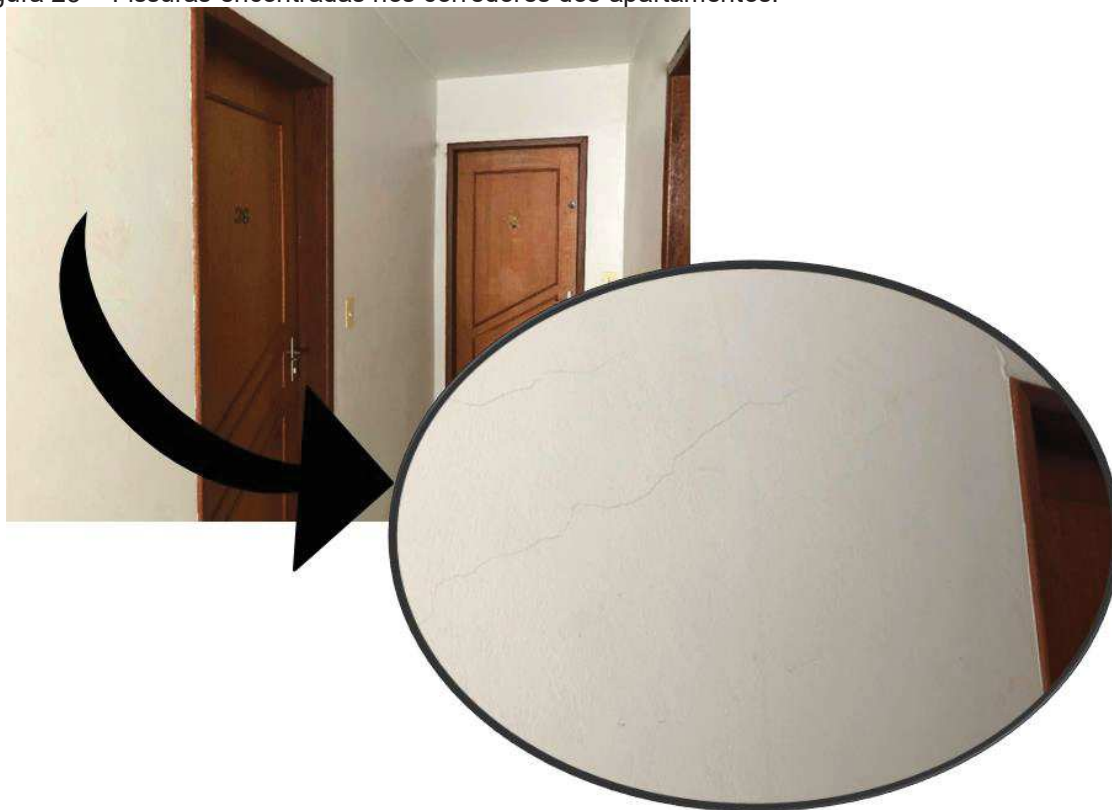
4.2.5 Análise das Patologias em outros Locais da Edificação

Além da análise das fachadas externas e dos ambientes internos dos apartamentos, foram analisados outros pontos da edificação que pudessem mostrar consequências do recalque ocasionado na situação em questão.

a) Áreas comuns internas

Foram constatadas algumas fissuras nos corredores dos três pavimentos. Mais especificamente, fissuras em 45° partindo sempre das portas de entradas dos apartamentos. Porém, não foram encontradas em todas as portas de entrada dos apartamentos. A Figura 23 demonstra um exemplo das fissuras encontradas nos corredores.

Figura 23 – Fissuras encontradas nos corredores dos apartamentos.



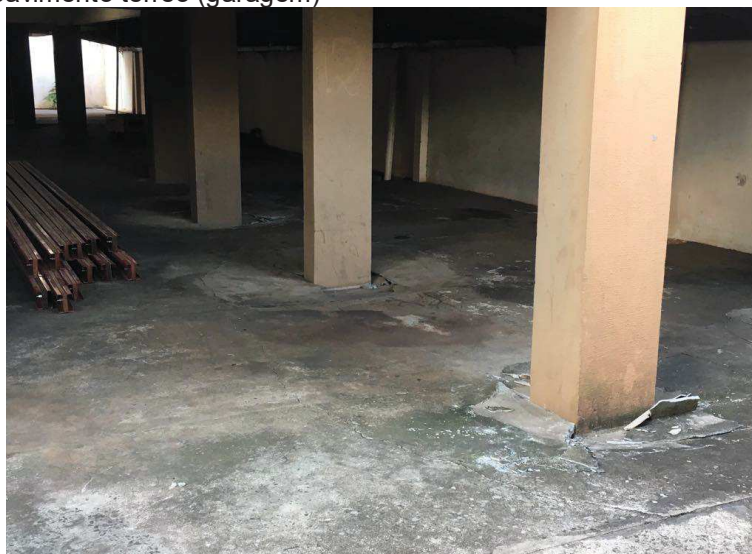
Fonte: Autoria própria, 2018.

As fissuras encontradas nos corredores possuíam características semelhantes às da Figura 23, que por sua vez são semelhantes às fissuras em 45° apresentadas nos ambientes internos aos apartamentos. Ou seja, essas patologias podem ter sido originadas a partir do recalque diferencial.

b) Base dos pilares do pavimento térreo

Após a ocorrência do recalque, o piso entorno às bases dos pilares no pavimento térreo sofreu rachaduras devido à movimentação dos pilares. A forma com que a patologia se apresentou ao redor dos pilares é apresentada na Figura 24.

Figura 24 – Piso do pavimento térreo (garagem)



Fonte: Autoria própria, 2018.

As anomalias originadas nas bases dos pilares se devem pelo movimento negativo que a estrutura do edifício fez durante o recalque diferencial. Fato esse que acabou ocasionando as fissuras no pavimento térreo ao redor dos pilares.

c) Pilares do pavimento térreo

Dos pilares do pavimento térreo, apenas um apresentou anomalias durante as análises realizadas no edifício. O pilar em questão apresentou uma abertura vertical de extensão que pode ser classificada, de acordo com Oliveira (2012), como rachadura, ou seja, 3mm (Figura 25).

Figura 25 – Análise da abertura do pilar no pavimento térreo



Fonte: Autoria própria, 2018.

No caso da rachadura deste pilar, esta pode ter sido originada pelo recalque diferencial. O fato de apenas um pilar apresentar tal patologia pode ser explicado pelo pilar estar sobre um ponto crítico do recalque. Ou seja, na situação do recalque, o local onde se encontrava esse pilar, pode ter vindo a ter uma movimentação negativa superior e mais brusca que as demais, que pode ter ocasionado uma sollicitação de tensões maiores, vindo a causar tal anomalia. Além disso, o laudo pericial também apresenta tal patologia como sendo causada pelo recalque.

d) Muro leste de divisa com o terreno baldio

O muro de divisa do edifício com o terreno baldio, na lateral leste do terreno, possui algumas rachaduras verticais, acompanhando as juntas de assentamento da alvenaria (Figura 26). O muro encontra-se na extremidade de maior recalque diferencial do terreno.

Figura 26 – Fissuras encontradas no muro de divisa



Fonte: Autoria própria, 2018.

Esta rachadura pode ser configurada como devido ao recalque. De acordo com Thomaz (1998), locais que sofrem recalque diferencial causam rachaduras, fendas ou brechas nos muros conforme apresentado no muro em questão. Onde a disposição desta é acompanhando a junção argamassada da alvenaria.

4.4 RECUPERAÇÃO DAS FISSURAS ENCONTRADAS IN LOCO

Após a análise e conhecimento das causas das fissuras, pode-se então pensar no tratamento das mesmas. As fissuras causadas devido ao recalque, podem vir a ser consideradas ativas, quando o recalque diferencial continua a acontecer na estrutura. De modo que é necessário sanar primeiramente a causa para que a patologia, por conseguinte possa ser tratada e reparada.

No caso do estudo, como o recalque diferencial foi logo notado, buscou-se cessar o mesmo para que danos estruturais maiores não viessem a ser causados. Com isso, foi realizado o escoramento metálico de toda a estrutura para a estagnação do recalque diferencial do prédio. Após todos os estudos, realizou-se o reforço de fundação e com isso, as patologias puderam ser analisadas como ativas ou passivas para o tratamento.

Conforme Souza (1998), tratando-se de uma fissura ativa, esta necessita que sua causadora seja tratada para que a mesma se torne uma fissura passiva, para então poder ser reparada. Visto que uma fissura ativa quando reparada, esta volta a ter abertura, pois o causador continua atuando sobre a patologia.

E como foi realizado o reforço da fundação, as fissuras originadas pelo recalque diferencial estagnaram-se, sendo classificadas então como fissuras passivas.

O primeiro passo do reparo da patologia é a limpeza de impurezas que possam existir na abertura da fissura, como sugere Helene (1992). Deste modo, segundo o autor, se pretende criar uma barreira ao transporte nocivo de líquidos e gases para dentro das fissuras, de modo que se impeça a contaminação do concreto ou até da armadura.

De acordo com Helene (1992) e Souza (1998), a melhor técnica de reparo é a injeção de fissuras, onde se tratando de aberturas superior a 0,1mm, que são os casos encontrados, deve-se ser realizada a injeção de materiais sob baixa pressão. A injeção é uma técnica utilizada que garante um total preenchimento do espaço formado, onde geralmente são inseridos materiais rígidos como epóxi ou grouts. E para que o reparo tenha eficácia, é necessário que um profissional qualificado realize o serviço, de modo que se leve em consideração a qualidade do material utilizado, como a técnica correta da injeção.

As fissuras causadas devido à retração hidráulica, ou seja, devido à umidade, podem ser diagnosticadas devido a vários fatores, dependendo do componente estrutural e o local onde a umidade se encontra na edificação. Tratando-se da umidade em alvenaria externa, percebe-se que as patologias nas fachadas estão mais expostas e sem proteção. De acordo com Thomaz (1998), essa situação se deve aos sucessivos ciclos de umedecimento e secagem dos revestimentos argamassados, que possuem deficiência de impermeabilização. Desta forma, deve-se limpar o local, retirando o revestimento argamassado, de modo que se espere a secagem completa da superfície e insira, então, um novo revestimento com impermeabilização, de modo que sane o problema.

As fissuras devido à tração geralmente se dão pela insuficiência de armadura para a distribuição de cargas concentradas, ou então, pela má disposição da armadura no elemento estrutural. Com isso, é necessário que após a limpeza de impurezas, também se realize a injeção correta de uma resina epóxi na abertura em questão e que, além do reparo da fissura, seja limitada a sobrecarga que influencia no elemento estrutural causador da anomalia. Ou ainda que se realize um reforço da estrutura através de armaduras embutidas ou de chapas metálicas que sejam aderidas ao concreto.

Tratando-se da base dos pilares do pavimento térreo, que ocasionou um conjunto de anomalias, ocasionados também pelo recalque diferencial, dever-se-ia realizar a limpeza do material com a retirada dos elementos soltos. A fim de se realizar um reparo com concreto, recuperando desta forma o contrapiso, e trazendo novamente a finalidade do pavimento.

4.5 SOLUÇÕES PARA O RECALQUE DIFERENCIAL

De acordo com Neves (2010), o reforço da fundação pode ser feita sem ou com aprofundamento. Na primeira situação é realizado um reforço na camada da fundação já existente, ao passo que a segunda utiliza camadas mais profundas para o reforço.

4.5.1 Solução Executada no Edifício

Ao acompanhar o processo de recuperação do edifício como um todo, verificou-se que a solução aplicada para o reforço de fundação do edifício residencial foi o reforço com estacas mega. Este sistema é conhecido também como estacas de reação, onde são colocados cilindros de metal ou concreto ao lado da fundação já existente.

O método consiste em escavação com aberturas de pelo menos 1,00x1,50m e com profundidade ideal para o trabalho ser realizado. A partir desta cota se cravam estacas, com o diâmetro necessário, ao lado da fundação já existente com o auxílio de macaco hidráulico, de modo a se aumentar a resistência da fundação.

A Figura 27 apresenta imagens da abertura realizada ao lado da fundação existente (a) e as estacas de concreto utilizadas para o reforço.

Figura 27 – Abertura para realizar o reforço



(a) profissionais realizando abertura



(b) abertura para realizar o reforço

Fonte: Autoria própria, 2018.

Os principais materiais utilizados para o reforço de fundação são as estacas de concreto que são implantadas no solo como estruturas para complementação da fundação e os macacos hidráulicos, equipamento esse que realiza esse procedimento. Os quais encontram-se na Figura 28.

Figura 28 – Peças de concreto para reforço



(a) estacas de concreto



(b) macacos hidráulicos e peças de concreto.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para realização do reforço no edifício analisado, com a cravação das novas estacas, estas foram ligadas às já existentes por vigas, para que os esforços pudessem ser distribuídos entre todas as estacas (Figura 29).

Figura 29 – Reforço de fundação



(a) realização do reforço



(b) profissionais realizando o reforço de fundação.

Fonte: Autoria própria, 2018.

A Figura 29 demonstra momentos em que o reforço de fundação estava sendo realizado, conforme o método explicado anteriormente.

4.5.2 Outras Soluções de Reforço de Fundação

A escolha do método de reforço deve levar em consideração vários detalhes, como as características do solo local, as características da estrutura em si, como também os requisitos e tipos de situações que cada tipo de método se enquadra.

Neves (2010) e Correia (2014) dividem os tipos de reforços em reforços sem aprofundamento e com aprofundamento.

Como já analisado no laudo, o solo do local possui uma camada com presença de água, o que impossibilita que tipos de reforços sem aprofundamento sejam realizados, uma vez que estes não são executados em solos como encontrado no terreno. Com isso, tem-se a limitando para a situação, a soluções com a aplicação de reforço com aprofundamento.

Com a necessidade de se transferir as cargas para profundidades maiores, de acordo com Neves (2010) e Correia (2014), os tipos de reforços mais usuais tratam-se da execução de estacas metálicas, de madeira ou de betão armado, que são cravadas no solo, ou no caso do betão armado pode também ser moldadas no solo. Além da possibilidade da utilização de microestacas como reforço.

A última solução (microestaca) se destaca das demais pela possibilidade de execução em espaços limitados e com reduzido diâmetro. O que a tornaria uma solução possível, visto que as demais necessitam de espaços maiores para a sua execução, devido aos tamanhos das estacas para reforços e equipamentos para cravação ou escavação. Porém, esta pode ser realizada de modo escavado ou cravado. No modo escavado, pela tipologia do solo, torna o método inviável, ao passo que a cravada gera muita vibração. De modo a tornar a solução inviável.

A inviabilidade de executar o reforço com os métodos apresentados acima confirma a escolha mais adequada da solução aplicada, onde se levou em consideração os pontos importantes do caso em questão.

Foi adotado o sistema que não sofreu interferência pela presença de água numa camada de solo, atingindo a camada abaixo dessa, de maior resistência. Assim como não propagou vibrações de modo a interferir na estabilidade da estrutura e os equipamentos eram compatíveis com o local a ser executado o reparo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como proposta efetuar uma análise pericial no Edifício Residencial Primavera, na cidade de Toledo – Paraná, que sofreu um recalque diferencial em outubro de 2017.

Após o levantamento das fissuras e com base na literatura, juntamente com o histórico do caso e a análise do Laudo Pericial, foi possível estudar cada tipo de fissura encontrada no edifício, buscando cada possível causa e também os possíveis métodos de reparo, levando em consideração as particularidades de cada anomalia.

Através disso, foi possível identificar que por mais que a predominância das patologias analisadas fossem causadas a partir do recalque diferencial, nem todas elas tiveram sua origem a partir desse evento. De modo que através de suas características e análise visual, puderam ter suas possíveis causas determinadas.

Todos os apartamentos apresentaram fissuras, enquadradas assim de acordo com a classificação de Oliveira (2012). Em todos os apartamentos foram encontradas fissuras horizontais, ao passo que em 80% dos apartamentos fissuras em 45° foram encontradas. As fissuras horizontais foram causadas devido às diferentes movimentações térmicas dos elementos de concreto e alvenaria, de modo que a tração e compressão destes elementos pudessem vir a ter ocasionado essas fissuras. Já às com configuração em 45° foram ocasionadas provavelmente pelo recalque diferencial, visto que suas características apontam para tal causa.

As análises em outros locais do edifício também apresentaram patologias do tipo estudado, onde nos corredores do edifício, por exemplo, encontraram-se fissuras da mesma tipologia das fissuras em 45° encontradas dentro dos apartamentos, as quais provavelmente foram ocasionadas pelo mesmo elemento causador. Além de patologias encontradas nas bases dos pilares no pavimento térreo, no muro de divisa sobre o local mais crítico de recalque, como também em um pilar do pavimento térreo. As quais foram classificadas de acordo com Oliveira (2012), como rachaduras, onde possuem aberturas entre 1,5mm e 5mm. Ambas patologias apresentaram características e particularidades que apontam o recalque diferencial como o causador dessas patologias.

E, além da análise das fissuras, fez-se análise do método de reforço de fundação executado na obra, onde fatores como a presença de água em camadas

do solo e a instabilidade da estrutura causada pelo recalque diferencial foram levados em consideração para a escolha do método a ser implantado para a recuperação da obra.

Deste modo, alguns métodos levantados, como reforço com estacas metálicas, de madeira, de betão armado e microestacas, foram descartados, uma vez que seus métodos de execução, quando cravados geram muita vibração no solo, podendo causar perturbações na estrutura. Ao passo que quando executados de forma escavada, no caso do betão armado, torna-se impossibilitado pela presença de água em camadas de solo.

Resultando então, que o método de estacas mega implantado através de macacos hidráulicos, foi o mais propício e adequado para a situação, uma vez que este pode ser executado nas condições e particularidades encontradas no caso em estudo.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de continuidade desta pesquisa, destacam-se os seguintes itens:

- Análise e acompanhamento da estabilidade estrutural após o reforço da fundação;
- Acompanhamento dos impactos nas esferas sociais e econômicos gerados a partir do evento ocorrido;
- Análise e acompanhamento dos locais fissurados, a fim de se comprovar que os mesmos foram de fato causados pelos apontamentos realizados.

REFERÊNCIAS

ALVES, Jader Rodrigues. **Levantamento das manifestações patológicas em fundações e estruturas nas edificações, com até dez anos de idade, executadas no estado de Goiás**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: fundamentos. 6. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CORREIA, João Nuno Duarte. **Reforço de fundações de edifícios**. 2014. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2014.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência das manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre**: recomendações para projeto, execução e manutenção. 1998. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado**: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul. 1988. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DEUTSCH, Simone Feigelson. **Perícias de engenharia**: a apuração dos fatos. São Paulo: LEUD, 2011.

DUARTE, Ronaldo Bastos. **Fissuras em alvenarias**: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: Fundação de Ciência e Tecnologia, 1998. (Boletim Técnico, 25)

FRANCO, Vanessa Naiara Censi; NIEDERMEYER, Francieli Maiara. Manifestações patológicas geradas por recalque de fundações. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ed. 7, Ano 2, v. 1, p. 194-214, out. 2017.

HELENE, Paulo R. L., **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

HOLANDA JÚNIOR, Osvaldo Gomes de. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Patologia das fundações**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. (Boletim Técnico 06/86).

LOVERA, Anderson. **Laudo técnico de engenharia**: laudo de estabilidade estrutural. Obra: Residencial Primavera - Lote nº 14, QUADRA 1021, Lot. Cividini - Toledo / PR. Cascavel: Amplitude Engenharia e Projetos Cívicos e Ambientais, 24 nov. 2017.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cezar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cezar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MORISSETTE, Gregory A. **Developing a predictive model for facility repair costs on United States Air Force installations**. Ohio: Air Force Institute of Technology, 2011. (Graduate Research Project)

NEVES, Manuel João Niza das. **Técnicas de recalçamento e reforço de fundações**: metodologias, dimensionamento e verificações de segurança. 2010. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, Fabiana Lopes de. **Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos**. 2001. 75 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de Freitas. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

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

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios**: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1998.

TINOCO, Jorge Eduardo Lucena. Mapa de danos: recomendações básicas. **Textos para Discussão**, v. 43, Olinda, 2009. (Série 2: Gestão de Restauro)

TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. Inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil. **ALCONPAT Int. Boletín Técnico**, Mérida, México, n. 1, p. 3-15, mar. 2013.

VALENTE, Ana Paula Veloso. **Avaliação da eficácia de alguns processos de recuperação nas edificações do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais**. 2008. 191 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

VALENTE, Ana Paula Veloso; SILVA, Adriano de Paula e; CALIXTO, José Márcio Fonseca. Análise dos processos de recuperação de patologias: trincas e impermeabilização. **Construindo**, Belo Horizonte, v.1, n.2, p.7-11, jul./dez. 2009.

VERÇOZA, Ênio José. **Patologia das edificações**. 10. ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.

VIEIRA, Matheus Assis. Patologias construtivas: conceito, origens e método de tratamento. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 12, p. 1-15, dez. 2016.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil**: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS. 2015. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.