

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
ENGENHARIA CIVIL**

**ANA GABRIELA FREITAS MORAIS
VINÍCIUS NOLASCO DOS PASSOS**

**ESTUDO DE CASO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DE SUBSOLO DE
EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO - MG**

OURO BRANCO – MG

2019

ANA GABRIELA FREITAS MORAIS
VINÍCIUS NOLASCO DOS PASSOS

**ESTUDO DE CASO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DE SUBSOLO DE
EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO - MG**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Tales Moreira de Oliveira

OURO BRANCO – MG

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANA GABRIELA FREITAS MORAIS
VINÍCIUS NOLASCO DOS PASSOS

ESTUDO DE CASO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DE SUBSOLO DE EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO - MG

Trabalho de Conclusão do Curso em 19/12/2019 perante a seguinte Comissão
Julgadora:

Prof. Dr. Tales Moreira de Oliveira

Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil,
Computação e Humanidades

Prof. Dr. Leandro Neves Duarte

Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil,
Computação e Humanidades

Prof. Dr. Paulo Roberto Borges

Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil,
Computação e Humanidades

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos conduziu durante toda essa trajetória sendo para nós fonte de força e perseverança nas dificuldades.

Aos nossos familiares por serem os principais incentivadores de nossos sonhos, por todo amor e compreensão em todos os momentos dessa jornada.

Aos grandes amigos que a UFSJ nos deu, pelo companheirismo ao longo de todos esses anos, por sempre nos encorajar e não nos permitir desistir. Ouro Branco não seria um lar sem vocês.

À empresa júnior do curso de Engenharia Civil, Ideal Consultoria Júnior, pelo suporte e confiança em nosso trabalho e por contribuir com nossa formação.

Aos estimados componentes da banca examinadora, Prof. Dr. Leandro e Prof. Dr. Paulo, nosso agradecimento pela disponibilidade e pelas experiências compartilhadas ao lecionarem.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. Tales Moreira de Oliveira, agradecemos a oportunidade de desenvolver esse estudo e também a disponibilidade em compartilhar tanto conhecimento ao longo de nossa formação.

RESUMO

O presente estudo revelou as manifestações patológicas nos pavimentos de subsolo de estacionamento de um edifício comercial situado no município de Ouro Branco, MG. As principais falhas identificadas no local de estudo foram fissuras em lajes, vigas, paredes e pisos. A análise das anomalias foi realizada através da metodologia proposta por Lichtenstein (1985), que prevê três fases: levantamento de subsídios, realizado através de vistoria do local e registro fotográfico com a elaboração do mapeamento de falhas; diagnóstico da situação, nesse estudo sendo feito por meio de hipótese de causa; e definição de conduta, onde é apresentada a definição de ações para reparo e recuperação dos componentes afligidos da estrutura. O estudo de caso foi realizado de maneira inteiramente teórica pelo fato de nenhum ensaio ter sido realizado no local, dessa forma as referências bibliográficas alimentam todas as análises. Chegou-se ao entendimento que as precoces falhas apresentadas pela edificação têm relação direta com negligências nas fases de projeto e execução, quando não foi realizada sondagem do solo e houve incoerências entre projeto e execução.

Palavras-chave: Patologia das construções. Manifestações Patológicas. Fissuração.

ABSTRACT

The present study revealed the pathological manifestations in the underground parking lot pavements of a commercial building located in the municipality of Ouro Branco, MG. The main faults identified in the study site were cracks in slabs, beams, walls and floors. The anomalies were analyzed using the methodology proposed by Lichtenstein (1985), which predicts three phases: survey of subsidies, carried out through site survey and photographic record with the elaboration of fault mapping; diagnosis of the situation, in this study being made through hypothesis of cause; and definition of conduct, where the definition of actions for repair and recovery of distressed components of the structure is presented. The case study was carried out entirely theoretically because no essay was performed on site, thus the bibliographic references feed all analyzes. It was understood that the early flaws presented by the building are directly related to negligence in the design and execution phases, when no soil survey was performed and there were inconsistencies between design and execution.

Keywords: Pathology of constructions. Pathological manifestations. Cracking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Quadro de relação de causas dos problemas patológicos através de diferentes pesquisadores.	15
Figura 2 - Principais mecanismos de fissuração em concreto.....	17
Figura 3 - Representação de fissura devido ao momento negativo em laje.....	18
Figura 4 - Representação de fissura devido ao momento positivo em laje.	18
Figura 5 - Representação de fissura devido ao momento volvente em laje.	18
Figura 6 - Configurações de fissuras em função da solicitação predominante.	19
Figura 7 - Representação de situações de fissuração por falha na resistência.....	19
Figura 8 - Fissuração por recalque de fundações.	20
Figura 9 - Fissura em laje.....	23
Figura 10 - Fissura em viga.....	24
Figura 11 - Fissura em parede.	24
Figura 12 - Fissura em piso.....	25
Figura 13 - Procedimento investigativo adotado	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.2 OBJETIVO GERAL.....	10
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	10
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
2.2 CONCEITO DE DESEMPENHO NAS CONSTRUÇÕES	12
2.3 DETERIORAÇÃO DE ELEMENTOS DE CONCRETO.....	13
2.4 FISSURAÇÃO	16
2.4.1 Considerações sobre fissuras em lajes	17
2.4.2 Considerações sobre fissuras em vigas.....	18
2.4.3 Considerações sobre fissuras em paredes de alvenaria	20
2.4.4 Considerações sobre fissuras em pisos de concreto	20
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS.....	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	22
3.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ESTUDADAS.....	22
3.3 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	25
3.3.1 Levantamento de subsídios	26
3.3.2 Diagnóstico da situação	27
3.3.3 Definição de conduta	27
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	27
4.1 FISSURAS EM LAJES	28

4.1.1	Descrição	28
4.1.2	Hipótese de causa	28
4.1.3	Conduta	28
4.2	FISSURAS EM VIGAS	29
4.2.1	Descrição	29
4.2.2	Hipótese de causa	29
4.2.3	Conduta	29
4.3	FISSURAS EM PAREDES	30
4.3.1	Descrição	30
4.3.2	Hipótese de causa	30
4.3.3	Conduta	30
4.4	FISSURAS EM PISO.....	31
4.4.1	Descrição	31
4.4.2	Hipótese de causa	31
4.4.3	Conduta	31
4.5	INEXISTÊNCIA DE ANÁLISE PRELIMINAR DO SOLO	32
4.6	INCOERÊNCIA ENTRE PROJETO E EXECUÇÃO	32
4.7	TENTATIVA DE REPARO EM VIGAS COM FISSURAÇÃO CRÍTICA.....	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
	APÊNDICE A – MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	36
	APÊNDICE B – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A evolução da construção civil ao longo dos anos acompanha a crescente demanda de obras cada vez mais eficientes em termos de desempenho e funcionalidade. A preocupação com a qualidade do produto final é também matéria de pesquisas e impulsiona a busca por novas tecnologias e novos materiais que proporcionem às edificações ganhos em aspectos socioambientais e econômicos.

Outra face da construção civil é, com certa frequência, relatada nos noticiários: falhas e anomalias nas estruturas que em alguns casos chegam a atingir o colapso total. As indesejadas consequências dessas ocorrências envolvem danos materiais, culturais e até mesmo perdas de vidas.

Segundo Thomaz (2002), no cenário brasileiro, acidentes e desabamentos são desdobramentos da busca indiscriminada pelo lucro, por imposições do modelo econômico, pressões políticas quanto a prazos, normalizações técnicas insuficientes ou inadequadas, falhas no planejamento, déficits no acompanhamento técnico das obras e mão de obra não capacitada.

O estudo da patologia nas construções civis se mostra como ferramenta para compreender os mecanismos e a relação causal de manifestações patológicas que geram mais que o desconforto do usuário, como também a perda de funcionalidade da edificação.

A escolha do enfoque desse trabalho é justificada pela necessidade de ser construído o embasamento teórico a respeito da ciência da patologia nas construções na formação técnica de engenheiros civis. Por meio da exposição das manifestações patológicas de um empreendimento comercial, o estudo de caso constitui uma base teórica de considerações a respeito dos processos de fissuração em componentes da estrutura.

A relevância de desse estudo de caso se dá pela importância e notoriedade do empreendimento no município de Ouro Branco - MG. O curioso fato de as manifestações patológicas acometerem precocemente a edificação, que ainda se encontra em processo construtivo, evidencia a necessidade da pesquisa acerca das falhas e anomalias da edificação.

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo a identificação e análise, através da revisão da literatura, das manifestações patológicas e das hipóteses de prováveis causas das fissurações dos elementos em pavimentos de subsolo de edificação comercial, em estrutura em concreto armado, localizada na cidade de Ouro Branco - MG.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as manifestações patológicas nos pavimentos de subsolo em estudo;
- Analisar as fissuras em elementos da estrutura;
- Sugerir procedimento de reparo e recuperação dos elementos estruturais.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O estudo de caso apresentado nesse trabalho foi desenvolvido de forma estritamente teórica, dessa forma, não foram realizados quaisquer ensaios experimentais para verificação da integridade da estrutura. As manifestações patológicas foram identificadas por inspeção visual no local e registradas por fotografia para que as análises fossem realizadas.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 consiste na introdução e justificativa do trabalho, definição dos objetivos gerais e específicos do estudo e exposição das delimitações e da estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 é constituído pela revisão bibliográfica acerca do tema de patologia nas construções. São apresentadas considerações sobre esse campo de estudo, o conceito de desempenho, vida útil e durabilidade de edificações, um panorama sobre a deterioração de elementos de concreto armado e considerações gerais sobre a recuperação de estruturas.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia do trabalho que abrange a caracterização do local de estudo, as manifestações patológicas estudadas e os métodos de investigação e de análise dos resultados.

O Capítulo 4 é composto pelos resultados do estudo e discussões acerca dos dados levantados.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões, sugestões e previsões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo sobre patologia na engenharia civil retrata uma interface com as ciências médicas no que diz respeito as terminologias e sistemáticas adotadas. Um ponto de partida desse pensamento é o comparativo entre edificação e corpo humano, onde a estrutura equivale ao esqueleto, a alvenaria pode ser interpretada como a musculatura, o revestimento como a pele e as instalações prediais equivalem ao sistema circulatório. (SILVA, 2011)

Dessa forma, se estabelece uma relação de equivalência também quando as edificações apresentam problemas que venham a comprometer sua saúde (desempenho). Através de uma correta anamnese e da verificação dos sintomas (manifestações patológicas), é feito o diagnóstico da doença (anomalia). A partir de então, é indicado o tratamento por meio de medicamento (especificação de materiais) ou intervenção cirúrgica (procedimento de recuperação do elemento). É comum na prática médica solicitar exames ao paciente e se tratando de edificações realizar os ensaios específicos é tão importante quanto para a assertividade do diagnóstico. (SILVA, 2011)

Cada edificação tem sua determinada predisposição a sofrer diminuição de desempenho em função de agentes agressivos. Nesse conteúdo, a intensidade da atuação desses agentes pode determinar se o edifício é imune ou não a danos. Existem ainda, características intrínsecas das edificações que podem, por sua vez, favorecer o processo de degradação na atuação de agentes agressivos. (LICHTENSTEIN, 1985)

O campo de estudo acerca da ciência da patologia das estruturas engloba a identificação e conhecimento das anomalias através da pesquisa de sua gênese, manifestações e ocorrência de falhas dos sistemas. Essa disciplina se relaciona diretamente com a capacidade de desempenho das edificações pela necessidade que há de manter e recuperar estruturas já existentes. Essa interface revela que o zelo do estudo patológico vem desde a concepção do projeto e se estende pela execução e vida útil das construções. (SOUZA e RIPPER, 2009)

Situações por vezes negligenciadas por projetistas e construtores são responsáveis pela incapacidade da edificação de atingir os requisitos básicos de desempenho, durabilidade e vida útil. Desconsiderar características relacionadas ao teor de álcalis no cimento ou a agressividade do ambiente da estrutura por exemplo, compromete a sanidade das estruturas de concreto armado, material de construção mais utilizado em território nacional. Manifestações patológicas nesses elementos interferem na capacidade resistente da estrutura e podem ocasionar colapso parcial ou total da construção. (SANTOS, 2012)

Deve-se ainda considerar que a morte da estrutura, ou seja, sua ruína, pode acarretar em perdas de vidas humanas além de significativas perdas financeiras. Estima-se que no Brasil o custo anual com problemas relacionados a corrosão de armaduras represente uma parcela de 3,5 % do Produto Interno Bruto do país. (SILVA, 2011)

2.2 CONCEITO DE DESEMPENHO NAS CONSTRUÇÕES

O conceito de desempenho nas construções está relacionado a aspectos relativos às exigências do usuário na concepção da obra, aos cuidados durante a fase de utilização e às condições de exposição do ambiente com o qual a edificação se associa ao longo de sua vida útil. (POSSAN e DEMOLINE, 2013)

Atrelado a este conceito está a durabilidade da edificação, expressa pela distribuição de vida útil dos seus componentes. Não sendo a durabilidade uma qualidade intrínseca dos materiais, planejar as minúcias de um projeto de forma que proporcione maior proteção dos elementos contra fatores de degradação podem aumentar sua vida útil. (JOHN *et al.*, 2002)

A vida útil da edificação pode ser definida como a medida de tempo de durabilidade ou o período de tempo medido a partir do início da utilização até que seu

desempenho não atenda as demandas dos usuários. A estimativa da vida útil se relaciona diretamente com a previsão de ações de manutenção dos elementos e sistemas componentes da construção. Uma vez que, realizadas no intervalo determinado acionam um incremento na vida útil projetada da edificação. (POSSAN e DEMOLINE, 2013)

O desempenho de uma edificação pode ser entendido como o seu comportamento em uso ao longo de sua vida útil. Requisitos como os de vedação, térmicos, de umidade e de acústica são exemplificados no corpo da ISO 6241 (1984) e são considerados referências para a consideração de quais requisitos de desempenho devem ser atendidos nas edificações. (BORGES, 2008)

É de grande importância salientar que o um desempenho insatisfatório não determina a inutilização de uma edificação. Deve haver intervenção técnica com o objetivo de reabilitar a estrutura e recuperar sua utilização. O desempenho satisfatório da estrutura é obtido quando as condições de segurança em relação aos estados limites último e de utilização são atendidas. Entre essas condições, estão os critérios de rigidez, estabilidade, aspectos estéticos e de conforto termoacústico por exemplo. (REIS, 2001)

A NBR 15575 - Edificações habitacionais – Desempenho (2013) é o primeiro texto no Brasil que rege o controle de qualidade dos produtos da construção civil, além de estabelecer critérios técnicos para a utilização das edificações. A Norma brasileira de desempenho das edificações é um significativo passo para a criação de um ambiente favorável à aplicação do conceito de desempenho na prática da engenharia brasileira. Sendo esse conceito aplicado, espera-se que vícios construtivos e defeitos do sistema, ou provenientes da má utilização dos sistemas, sejam, por sua vez, minimizados. (BORGES, 2008)

2.3 DETERIORAÇÃO DE ELEMENTOS DE CONCRETO

O processo de deterioração dos elementos de concreto pode se dar por causas inerentes às estruturas, chamadas de causas intrínsecas ou externas ao corpo estrutural, chamadas de causas extrínsecas. A correta análise das causas proporcionará uma reparação assertiva e diminui a possibilidade de reincidência das patologias. (SOUZA e RIPPER, 2009)

Dentre as causas intrínsecas estão relacionadas as falhas humanas durante a construção ou durante a utilização e causas naturais. As falhas humanas durante a construção dizem respeito a deficiências de concretagem, seja no transporte, lançamento ou adensamento do concreto; a inadequação de escoramentos e formas; deficiências nas armaduras, mau posicionamento, cobrimento insuficiente ou má interpretação do projeto são também exemplos de conduta incorreta; utilização incorreta dos materiais com uso de resistências diferentes das especificadas ou dosagem incorreta de aditivos e por fim a inexistência de controle de qualidade. Durante a utilização dos usuários, as causas intrínsecas dizem respeito exclusivamente a falta de manutenção programada nos elementos estruturais que com o decorrer da vida útil venham a se deteriorar podendo perder as capacidades resistivas e utilitárias para as quais foram projetados. Já as causas naturais podem ser em decorrência da porosidade natural do concreto, de causas químicas como a presença de cloretos, sais e água, de causas físicas como insolação e variação de temperatura e de causas biológicas. (SOUZA e RIPPER, 2009)

No que tange as causas extrínsecas a relação se dá por falhas humanas durante o projeto e a utilização e por meio de ações mecânicas, físicas, químicas e biológicas. A modelagem inadequada da estrutura, má avaliação dos carregamentos e incorreção na interação solo-estrutura são exemplos de falhas humanas durante a fase de elaboração do projeto. Durante a utilização são comuns falhas como alterações estruturais, sobrecargas exageradas ou ainda alteração das condições do terreno de fundação. Entre as ações mecânicas observa-se choque de veículos, recalque das fundações e ações imprevisíveis. Já entre as ações físicas, variação de temperatura, insolação e atuação da água são exemplos de causas de falhas. As ações químicas são comumente observadas em ambientes industriais enquanto as biológicas são tradicionais em grandes centros urbanos. (SOUZA e RIPPER, 2009)

O resultado da atuação de agentes intrínsecos ou extrínsecos na estrutura é a deterioração dos elementos de concreto. Os processos físicos que ilustram essas ocorrências são: fissuração, desagregação, carbonatação, perda de aderência e desgaste do concreto. Tomando sob o olhar o processo de fissuração, trata-se das manifestações patológicas mais comuns dentre os elementos de concreto e é responsável pelo alarde de leigos e usuários sobre a irregularidade no elemento. (SOUZA e RIPPER, 2009)

As anomalias são resultado de falhas durante os processos da construção civil, seja na execução das etapas do processo ou pela falha no controle de qualidade das atividades. (SOUZA e RIPPER, 2009)

Existem pesquisas de diversos autores nesse campo com o objetivo de relacionar as patologias a uma falha específica do processo. O quadro na Figura 1 a seguir apresenta a análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto segundo pesquisadores de diferentes localidades.

Figura 1 - Quadro de relação de causas dos problemas patológicos através de diferentes pesquisadores.

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	⇐ 49 ⇒		
C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	⇐ 40 ⇒		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteadó Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	⇐ 88 ⇒			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968 - 1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	⇐ 40 ⇒		16
Jean Blévet (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

A discordância entre os dados apresentados pode ser justificada por fatores culturais e geográficos das localidades onde as pesquisas foram realizadas, além de existir dificuldade na atribuição de uma única causa raiz para certas patologias. As lacunas observadas nos dados dos pesquisadores D. E. Allen e Jean Blévet se justificam pelo fato de não haver um padrão universal na classificação das causas das patologias. Observa-se ainda que o somatório das porcentagens de D. E. Allen,

B.R.E.A.S., Dov Kaminetzky é superior a cem, evidenciando a interseção de causas comuns para as patologias.

As principais falhas relacionadas a etapa de projeto são a má definição dos esforços solicitantes ou do modelo analítico estrutural, a falta de compatibilização entre os projetos, a especificação incoerente dos materiais, detalhamento insuficiente ou detalhes construtivos inexequíveis, falta de convenções na representação do projeto e erros de dimensionamento. Na etapa de execução as falhas podem ser das mais diversas naturezas, se destacam as falhas advindas da falta de qualificação da mão de obra, seja a executora ou a fiscalizadora e o emprego de materiais e componentes de baixa qualidade. Já as patologias geradas na fase de uso da edificação são decorrentes da utilização errônea ou da ausência de um plano de manutenção adequado para a estrutura. De maneira geral, é possível resumir as falhas em suas gêneses preponderantemente em duas ocasiões: falta de qualificação técnica ou desconhecimento da matéria e motivações econômicas, que acarretam na tomada de decisão que nem sempre prioriza a qualidade final do produto. (SOUZA e RIPPER, 2009)

2.4 FISSURAÇÃO

Há uma crescente evolução histórica dos materiais e tecnologias na construção civil o que permite que as estruturas de concreto sejam cada vez mais arrojadas devido às novas exigências de funcionalidade. Por outro lado, apesar dos sofisticados métodos computacionais de cálculo estrutural e do emprego de materiais tecnológicos, a fissuração excessiva em componentes de concreto continua sendo uma constante no meio civil. (FILHO e CARMONA, 2013)

A Figura 2 relaciona as fissuras recorrentes em concreto através do mecanismo de falha, suas causas principais e secundárias, o período de aparecimento e exemplos de ocorrências.

Figura 2 - Principais mecanismos de fissuração em concreto.

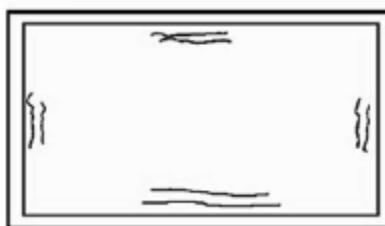
Estado do concreto	Mecanismo		Causas Principais	Causas Secundárias	Período de Aparecimento	Exemplos
Fresco	Assentamento plástico		Excesso de exsudação	Secagem/dessecamento rápido	10 min. a 3 horas	- Sobre a armaduras em lajes e vigas - Em arco no topo de pilares
	Retração plástica		Secagem/dessecamento rápido	Exsudação	30 min. a 6 horas	- Sobre a armaduras em lajes - Em placas de piso
	Movimento de fôrmas		Escoramento insuficiente	Lançamento inadequado	Imediato	- Em laterais de vigas e paredes
Endurecido	Fenômeno físico	Retração por secagem	Cura inadequada	Cura inadequada	Semanas ou meses	- Em vigas de grande altura - Em lajes
	Fenômeno térmico	Variação sazonal de temperatura	Falta de juntas de movimentação	Falta de juntas de movimentação	1 dia ou semanas	- Verticais em muros
		Calor de hidratação	Excesso de compostos com reações exotérmicas	Lançamento inadequado	Acima de 3 meses	- Em grandes volumes de concreto
	Fenômeno químico	Corrosão de armaduras	Concreto poroso, ambiente muito agressivo	Concreto poroso, ambiente muito agressivo	Acima de 3 meses	- Paralelas às armaduras principais
		Retração álcali-agregado	Agregados reativos	Excesso de álcalis no cimento	Acima de 5 meses	- Tipo "mapa"
		Formação de etringita/taumasita	Excesso de sulfatos no cimento ou no ambiente	Porosidade do concreto	Acima de 1 ano	- Tipo "mapa"
	Estrutural	Cargas de projeto	Projeto inadequado	Ações excepcionais	Após carregadas	- Inclínadas de cisalhamento - Verticais de torção
Deformação lenta		Concreto de baixa resistência	Cargas acima das previstas	Acima de 6 meses	- Verticais em balanço	

Fonte: FILHO; CARMONA (2013)

2.4.1 Considerações sobre fissuras em lajes

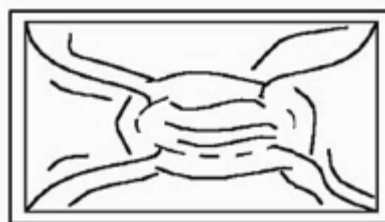
As falhas na capacidade resistente das lajes que tipicamente provocam fissuração estão exemplificadas na Figura 3, 4 e 5. Dentre as fissuras que acometem a face inferior das lajes, a primeira representação exemplifica fissura por esmagamento do concreto, consequência da espessura reduzida da laje que não resiste de maneira satisfatória aos momentos negativos. A segunda representação apresenta fissura por flexão, ocasionada pela insuficiência de armadura em regiões de momento fletor positivo. A terceira representação diz respeito a deficiência de armaduras para combate dos momentos volventes nas lajes.

Figura 3 - Representação de fissura devido ao momento negativo em laje.



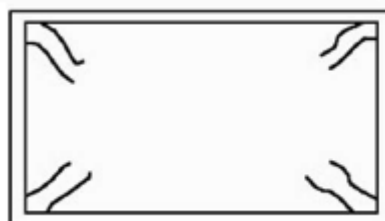
Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

Figura 4 - Representação de fissura devido ao momento positivo em laje.



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

Figura 5 - Representação de fissura devido ao momento volvente em laje.



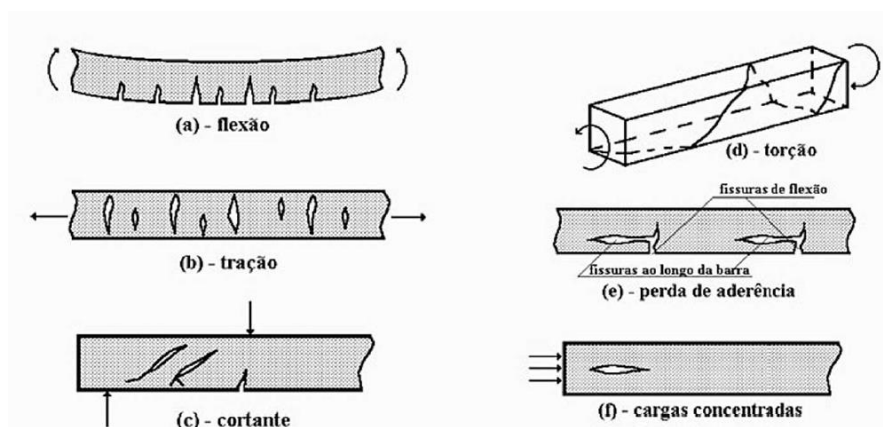
Fonte: SOUZA; RIPPER (1998) adaptado pelos autores

2.4.2 Considerações sobre fissuras em vigas

As fissuras em vigas de concreto armado podem ser diferenciadas devido ao carregamento, em região de tracionadas, causadas por ações diretas dos esforços de tração, flexão ou cisalhamento ou ainda causadas por deformações impostas, tais como variação de temperatura, retração e recalque diferenciais. (CUNHA, 2011 *apud* MASSARDO *et al.*, 2015)

A Figura 6 apresenta algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante.

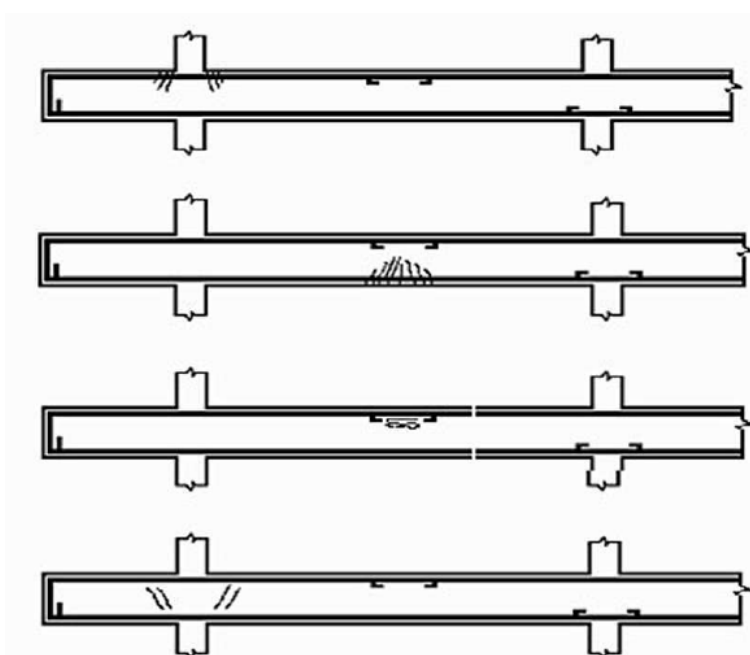
Figura 6 - Configurações de fissuras em função da solicitação predominante.



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

A Figura 7 apresenta quatro situações de fissuração por incapacidade resistente do elemento estrutural. A primeira representação é de fissura por flexão na região de momento fletor negativo da viga. A segunda representação é também de fissura por flexão, por sua vez, em região de momento positivo da viga. Ambas as fissuras de flexão são causadas pela insuficiência de aço na seção. Já a terceira representação apresenta fissura por esmagamento do concreto, causada pela insuficiência da armadura de compressão. Por fim, a quarta representação é de fissuração por cisalhamento, consequência da insuficiência de estribos para combater o esforço cortante na viga.

Figura 7 - Representação de situações de fissuração por falha na resistência.



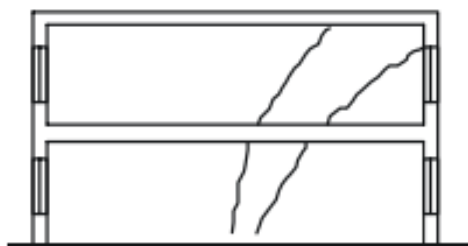
Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

2.4.3 Considerações sobre fissuras em paredes de alvenaria

As fissuras em paredes de alvenarias tendem a surgir devido a movimentação da própria parede ou dos demais elementos constituintes da estrutura. A causa dessa movimentação pode ser sobrecargas na estrutura, variações de temperatura, retração, expansão por umidade, deformações elásticas, deformação lenta, recalques de fundação, reações químicas, detalhes construtivos, corrosão das armaduras, congelamento, vibrações, ação do vento, ação do fogo, choques, explosões, terremotos entre outras. (MAGALHÃES, 2004)

A Figura 8 apresenta a representação fissuração típica por recalque de fundações, sendo características desse tipo de fissura sua orientação predominantemente inclinada e a tendência de se localizar próximas ao pavimento térreo. (MAGALHÃES, 2004)

Figura 8 - Fissuração por recalque de fundações.



Fonte: MAGALHÃES (2004).

2.4.4 Considerações sobre fissuras em pisos de concreto

A fissuração em pisos de concreto é propiciada quando existem restrições internas ou externas às variações volumétricas do concreto. As variações de temperatura, retração plástica e por secagem, aplicação de sobrecargas e assentamento do solo de fundação estão relacionadas ao processo de fissuração desses elementos. (MULLER, 2014)

As tipologias de fissuras precoces em pisos de concreto podem ser divididas em: fissuras por retração plástica, por assentamento plástico do concreto e craqueladas. Já as fissuras devido a restrições podem ser dos tipos: fissuras por retração hidráulica ou por retração térmica. (MULLER, 2014)

Fissuras de retração plástica apresentam aberturas relativamente grandes e profundidade. As fissuras por assentamento plástico ocorrem sobre partes ou componentes já endurecidos do próprio concreto ou sobre barras e formas. As fissuras craqueladas tem o aspecto semelhante a lama seca, são superficiais e ocorrem em pavimentos que recebem acabamento polido. As fissuras por retração hidráulica são as de maior potencial de danos aos pavimentos e estão relacionadas ao processo natural de evaporação da água excedente da hidratação do cimento. Por fim, as fissuras por retração térmica ocorrem pela reação a variação diária de temperatura quando não são executadas juntas de dilatação. (MULLER, 2014)

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS

É necessário avaliar e detalhar as manifestações patológicas em determinada construção antes de se efetuar a recuperação estrutural, inspeções preliminares devem ser realizadas para este fim. Se tratando de componentes de concreto armado, o termo recuperação é utilizado para definir a regressão da integridade dos elementos estruturais. A recomposição da geometria, juntamente com o tratamento adequado do substrato deteriorado e das armaduras fazem parte do processo de recuperação. (RESENDE, 2018)

Alguns aspectos devem ser levados em consideração em um projeto de recuperação. Em primeiro lugar devem ser avaliadas as condições da estrutura que passará por reparo, analisadas as soluções viáveis e a necessidade de proteção adicional. Estes aspectos são balizados por parâmetros sociais, artísticos ou econômicos que interferem na praticabilidade das ações. (REIS, 2001)

O serviço de reforço pode ser necessário na recuperação em ocasiões em que a funcionalidade da estrutura é alterada, provocando um excedente da carga de utilização ou em casos críticos em que os danos na estrutura comprometem sua sustentação. Nessas ocasiões, devem ser realizados cálculos estruturais para o emprego correto do reforço. (SOUZA e RIPPER, 2009)

O monitoramento de estruturas recuperadas apresenta resultados de grande relevância para que sejam estabelecidos critérios mínimos de desempenho para a recuperação de estruturas. Por outro lado, a diversidade de anomalias e de ocorrências dificulta a elaboração de normas para reforço e recuperação na construção civil. (REIS, 2001)

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em uma edificação comercial localizada na cidade de Ouro Branco, Minas Gerais. O empreendimento contabiliza 5600 metros quadrados de área, sendo que atualmente compreende dois pavimentos subsolo de estacionamento e um pavimento de lojas. É planejada a execução de mais dois pavimentos, um de uso comercial e o segundo de uso residencial. A sequência construtiva dos próximos pavimentos foi interrompida até que fossem tomadas providências preventivas de modo a preservar a segurança dos ocupantes da edificação frente as falhas apresentadas pela estrutura.

O pavimento de lojas do edifício e o estacionamento foram abertos ao público em 7 de setembro de 2019 e desde então tem apresentado manifestações patológicas. Com o objetivo de identificar e analisar as anomalias recorrentes nos dois pavimentos de subsolo, foi realizado o estudo de caso dessa edificação.

Foi matéria desse estudo o projeto estrutural executivo da edificação, a partir do qual observou-se que existem divergências entre o projeto e o que foi executado no que diz respeito ao posicionamento de elementos estruturais.

Por meio de entrevista informal, o proprietário do empreendimento informou que não foi realizada sondagem do terreno para a construção do edifício.

3.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ESTUDADAS

A inspeção visual nos pavimentos de estacionamento evidenciou que o nível de subsolo -1 apresenta, de maneira geral, fissuras em vigas, parede e piso. Enquanto o nível de subsolo – 2 apresenta maior incidência de fissuras em lajes, parede e piso.

Em ambos os pavimentos se observou a incidência de mofo na alvenaria de vedação e em alguns casos houve ocorrência também em lajes. Houve ainda, pontos de furos em lajes para passagem de tubulação hidráulica e sanitária com exposição da armadura com manifestação de oxidação. É importante ressaltar que as demais manifestações patológicas não foram estudadas nesse trabalho, cujo o foco é voltado para a fissuração de elementos.

É recorrente na literatura a diferenciação entre fissuras de acordo com a abertura, abrangência e profundidade, não é de interesse nesse estudo utilizar de terminologias distintas para esta falha, sendo utilizado apenas o termo fissura para caracterizar essa manifestação patológica.

A seguir são apresentados exemplares das manifestações patológicas de maior incidência na edificação. Foi realizado o registro fotográfico de 36 lajes que apresentaram fissuras, sendo uma no pavimento de subsolo de nível -1 e as demais no subsolo de nível -2. A Figura 9 exemplifica a ocorrência dessa falha, observa-se uma fissura na região central da laje com ocorrência de manchas amareladas.

Figura 9 - Fissura em laje.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A Figura 10 apresenta fissura em viga na região de apoio e é um exemplar das fissuras encontradas nas vigas da edificação, todas as incidências dessa falha foram observadas no pavimento de subsolo de nível -1. São no total 59 ocorrências em vigas longitudinais e transversais da estrutura.

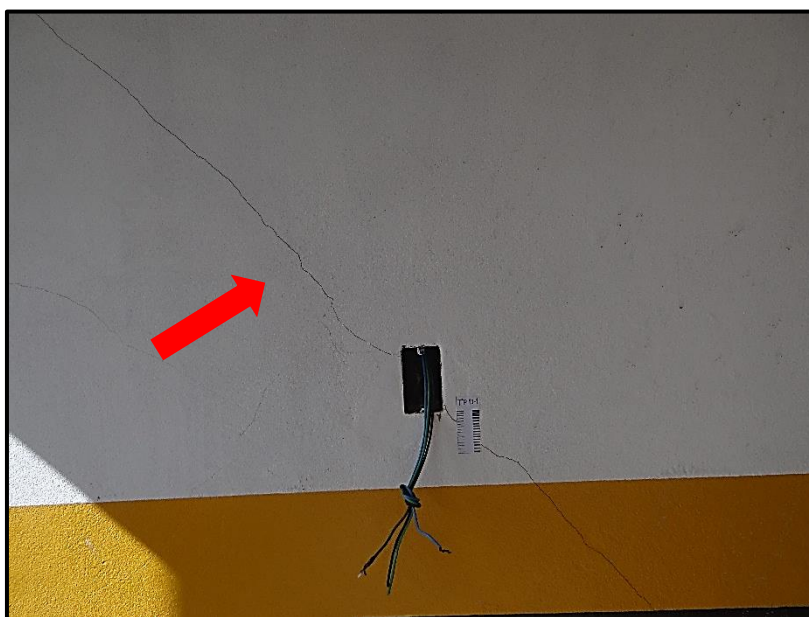
Figura 10 - Fissura em viga.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Há registro de fissuras em paredes de ambos os pavimentos de subsolo, sendo mais recorrentes nas paredes do nível -1. Foram documentadas 18 paredes com presença de uma ou mais fissuras. A Figura 11 é um exemplo típico da anomalia encontrada, fissuração inclinada na região central das paredes.

Figura 11 - Fissura em parede.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O piso de ambos os pavimentos apresenta fissuração ao longo de sua área. A Figura 12 representa um trecho de piso do nível de subsolo -2 onde ocorre fissuras que também foram observadas em diversas outras regiões.

Figura 12 - Fissura em piso.



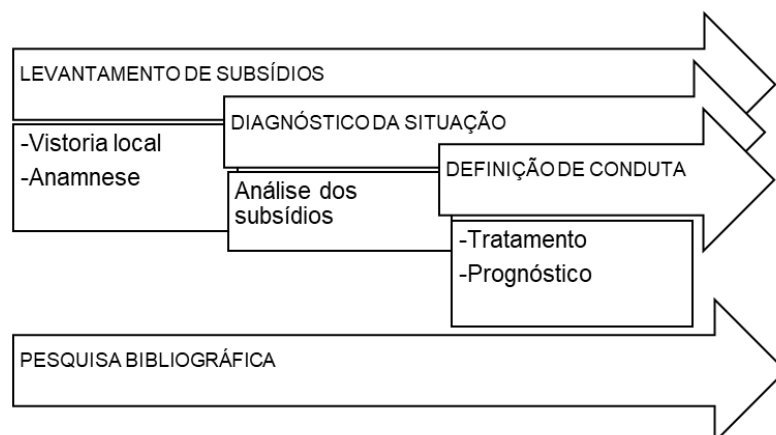
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

3.3 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

O método de investigação segue o procedimento proposto por Lichtenstein (1985). A justificativa da escolha do método se dá pelo reconhecimento e aceitação além de existir exemplos práticos para a pesquisa.

A metodologia proposta por Lichtenstein (1985) é composta genericamente de três etapas: Levantamento de subsídios, Diagnóstico da situação e Definição de conduta. A Figura 13 exemplifica o procedimento investigativo adotado neste estudo de caso.

Figura 13 - Procedimento investigativo adotado



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

3.3.1 Levantamento de subsídios

Na fase de Levantamento de subsídios são obtidas e organizadas todas as informações necessárias para o entendimento do problema. Em geral, a vistoria do local inicia este procedimento, a partir de ensaios rápidos de campo, em algumas situações, é possível determinar o diagnóstico. Na sequência do procedimento, informações acerca da história do edifício e do problema devem ser levantados, de forma a realizar a anamnese da situação. Ensaios complementares podem ser necessários para que se estabeleça o diagnóstico correto da anomalia. (LICHTENSTEIN, 1985)

Os principais subsídios desse estudo foram levantados por vistoria do local e anamnese. Por meio de entrevista informal constatou-se que a principal queixa dos usuários se dá pela fissuração dos componentes da estrutura. O levantamento das fissuras e o registro fotográfico foram elaborados a partir da vistoria e integram os subsídios levantados juntamente com o projeto executivo da edificação. A inspeção visual foi realizada no dia 30 de outubro de 2019 e foi elaborado um croqui de mapeamento das patologias de forma a facilitar a localização das falhas e a análise da recorrência destas na estrutura. Nos dias 20 e 21 de novembro de 2019 foi realizado o levantamento fotográfico a fim de documentar as anomalias.

Já a pesquisa bibliográfica foi o ponto de partida do estudo e realizada paralelamente as demais sequências do processo uma vez que, a partir dessa pesquisa, é que as análises puderam ser realizadas. Salienta-se que este estudo não contempla ensaios, portanto, os resultados são obtidos de maneira puramente teórica.

3.3.2 Diagnóstico da situação

O Diagnóstico da situação revela o entendimento da relação causa e efeito dos fenômenos observados. A categorização dos subsídios levantados leva a elaboração de um quadro de entendimento de como a edificação trabalha, sendo que estes dados isolados não conferem confiabilidade na interpretação das anomalias. O procedimento de elaboração de hipóteses progressivamente de afunila em direção ao diagnóstico de acordo com a redução de incertezas alcançada com o progresso do levantamento de dados. (LICHTENSTEIN, 1985)

As hipóteses de causas apresentadas nesse trabalho levam em consideração os aspectos construtivos, as incoerências observadas na vistoria do local e os subsídios da anamnese, que somados aos referenciais teóricas representam as possíveis causas das manifestações patológicas observadas.

3.3.3 Definição de conduta

A Definição de conduta é a prescrição do que deve ser feito para que os problemas sejam sanados. Ainda antes da definição dessas ações de recuperação, são levantadas hipóteses de prognóstico, ou seja, de evolução das anomalias. (LICHTENSTEIN, 1985)

O prognóstico da fissuração foi elaborado tendo em vista a construção dos novos pavimentos na edificação. Já a definição de conduta foi embasada em métodos consagrados da literatura de recuperação de estruturas de concreto armado.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como colocado por Lapa (2008), em posse do diagnóstico e do prognóstico, a fase seguinte é a elaboração das possíveis intervenções para tratamento das falhas. A escolha de uma determinada intervenção se dá em função de parâmetros como o nível de incerteza sobre possíveis consequências, a relação custo/benefício, a disposição de tecnologia e mão de obra necessárias para execução dos serviços e o grau de risco da manifestação patológica.

Ainda se tratando do conceito de intervenções, é importante diferenciá-las quanto ao seu objetivo, visto que este está relacionado diretamente à escolha da

técnica mais adequada. Denomina-se reparo a correção de pequenos danos e recuperação como o reestabelecimento do desempenho de projeto de uma edificação. Já o reforço é entendido como o incremento de tal desempenho (LAPA, 2008). Outro fator relevante para a escolha da técnica de intervenção a ser utilizada é a semelhança entre as ações preventivas recomendadas e o recurso corretivo adotado, quanto mais estreita for essa relação, maior será a eficiência do reparo. (THOMAZ, 2002)

4.1 FISSURAS EM LAJES

4.1.1 Descrição

Este tipo de manifestação foi encontrado em sua maioria nas lajes no pavimento subsolo de nível -2. Observou-se predominância de fissuras de abertura não superiores a 1,5 mm que interceptam a instalação elétrica de iluminação podendo ou não apresentar manchas amareladas ao longo de seu comprimento.

4.1.2 Hipótese de causa

As fissuras observadas têm recorrência na região central das lajes, dessa forma, podem ser consideradas fissuras causadas pela solicitação de momento fletor positivo nas lajes.

4.1.3 Conduta

- Prognóstico: Entende-se que as fissuras nas lajes já atingiram seu estágio final e que, com a construção dos dois pavimentos superiores, elas não se agravarão, visto que o maior esforço solicitante nas lajes é decorrente do seu peso próprio.
- Tratamento: Uma solução dada como extremamente assertiva é o apicoamento, acompanhado da limpeza, encharcamento e aplicação de concreto não armado na face superior da laje, o que gera o reforço estrutural suficiente para os esforços solicitantes. (SOUZA e RIPPER, 2009)

4.2 FISSURAS EM VIGAS

4.2.1 Descrição

As falhas observadas em vigas foram predominantemente encontradas no pavimento subsolo de nível -1. Existe certa diversidade dessas manifestações nas vigas, considerando a ocorrência de fissuras em regiões centrais de vigas transversais e regiões de encontro com outros elementos em vigas longitudinais. Sendo que, a ocorrência dos casos mais críticos, ou seja, com fissuras de aberturas maiores, foram observadas em regiões das vigas próximas ao apoio.

4.2.2 Hipótese de causa

As fissuras observadas na região central das vigas na parte inferior da peça podem ser consideradas fissuras de flexão. Já as fissuras inclinadas nas regiões de apoio podem ser consideradas fissuras causadas por atuação de esforço cisalhante. Podem ser causas da fissuração: seção insuficiente, excesso de carga, falta de armadura ou armadura disposta de forma incorreta.

4.2.3 Conduta

- Prognóstico: Analisando as atuais manifestações patológicas encontradas nas vigas e a expansão da edificação, prevista em projeto, as fissuras registradas nestes elementos caracterizam-se como ativas, ou seja, a causa raiz pela sua geração ainda está atuando sobre a estrutura. A conjuntura é ainda mais exacerbada quando considerados os aumentos dos esforços solicitantes oriundos dos dois pavimentos a serem executados. Prevê-se então o avanço das atuais fissuras nas vigas registradas e surgimento de novas manifestações patológicas de mesma natureza em vigas não catalogadas.
- Tratamento: Tomando como principal referência o custo/benefício, para as vigas da edificação que apresentam ambas as fissuras supracitadas, entende-se que o mais adequado é a execução de um reforço de concreto, com adoção de armaduras suplementares e, simultaneamente, aumento da altura da seção transversal da viga

o que proporciona o aumento do braço de alavanca do momento resistente. Essa técnica pode ser aplicada na face superior da viga, o que acarreta em uma saliência no pavimento onde o reforço é aplicado (SOUZA e RIPPER, 2009), ou na base inferior da viga, procedimento este que necessita da remoção parcial do concreto da base da viga ao longo de todo o seu comprimento para que se possa adicionar a armadura suplementar e as fôrmas para posterior concretagem. (THOMAZ, 2002)

4.3 FISSURAS EM PAREDES

4.3.1 Descrição

As fissuras nas paredes foram falhas observadas em ambos os pavimentos de subsolo, sendo majoritárias no subsolo de nível -1. As fissuras são majoritariamente inclinadas ao longo da extensão da parede e se apresentam em configuração paralela uma a outra.

4.3.2 Hipótese de causa

As fissuras observadas têm características de fissuras de recalque das fundações. O recalque pode ser provocado por cargas de trabalho superior à carga admissível do solo, pela falta de homogeneidade do material, por variações no nível freático no terreno ou ainda por influência de cargas na vizinhança.

4.3.3 Conduta

- Prognóstico: Quanto as manifestações registradas nas paredes da edificação, que são em alvenaria, o parecer técnico toma camadas de complexidade mais profundas. A começar pelo fato de não ter sido realizado ensaio para a determinação da resistência do solo, tal como recomenda NBR 6484 (2001), o que é fator relevante para ter acarretado em um dimensionamento impreciso das fundações e conseqüente imprevisibilidade dos recalques sofridos pela estrutura. No mesmo contexto, deve ainda se considerar que dois pavimentos superiores serão executados de forma a representar uma sobrecarga extra ao solo que tende a adensar e, assim, provocar maiores recalques na edificação. Assim, quando

existe a possibilidade da continuação do movimento causado pelo recalque, nenhum método de reparo dos componentes fissurados será suficiente para contê-lo. Qualificam-se então as manifestações patológicas apresentadas nas paredes como ativas e que se tornarão mais graves em função do tempo. (THOMAZ, SOUSA, *et al.*, 2014)

- Tratamento: Nestes casos, quando a manifestação é mais severa, Thomaz apresenta o atirantamento da alvenaria como uma opção de reforço. Enquanto Thomaz *et. al.* (2014) explicita alguns métodos de reparo, tais como: a inserção de juntas que permitam que os elementos atuem como corpos rígidos independentes e o aumento da rigidez das fundações. Para o edifício estudado, valida-se a ideia da aplicação de métodos que permitam que a fundação reforçada atinja camadas de solos com resistências suficientes para dissipar as solicitações da edificação.

4.4 FISSURAS EM PISO

4.4.1 Descrição

O piso de todo o estacionamento em ambos os níveis de pavimento apresenta fissuras de grande abrangência caracterizadas por aberturas não uniformes.

4.4.2 Hipótese de causa

As características da fissuração nos pisos se assemelham a fissuras por retração hidráulica. As causas dessa anomalia em geral são utilização de concreto com elevado fator água cimento ou ainda o emprego inapropriado de aditivos, execução inadequada da cura do concreto e má execução de juntas.

4.4.3 Conduta

- Prognóstico: Ponderando a hipótese de causa das fissuras encontradas nos pisos, pode-se afirmar que o fenômeno descrito como retração já se encerrou e, portanto, o avanço das fissuras pode ser dado como improvável.

- Tratamento: Por se tratar de fissuras que não comprometem a estabilidade da estrutura no geral, a recuperação dos pisos pode ser restringida a aplicação de argamassa, epoxídica ou não, nas fissuras, a fim de preenchê-las por completo.

Através das análises de hipóteses de causas para as manifestações patológicas, algumas inferências são inerentes aos resultados obtidos.

4.5 INEXISTÊNCIA DE ANÁLISE PRELIMINAR DO SOLO

A inexistência de ensaio de sondagem prévia do solo para a construção do empreendimento é responsável pela indeterminação das características resistentes do terreno. Tal incerteza gera inconsistências no projeto estrutural da edificação que pode, na pior das hipóteses, ter sido subdimensionado em função da atribuição de resistência ao solo superior ao valor real. Além dos parâmetros de resistência, outro aspecto desconhecido do solo é o seu comportamento frente a recalques, sendo estes potenciais causadores de fissuração nas edificações.

4.6 INCOERÊNCIA ENTRE PROJETO E EXECUÇÃO

Com base na análise das manifestações patológicas observadas e das suas recorrências entre os elementos da estrutura é possível inferir que o fato de a execução da edificação não ser fidedigna ao projeto executivo ocasionou uma redistribuição dos esforços não prevista durante o cálculo estrutural. Esta redistribuição dos esforços pode ser interpretada como sobrecargas em alguns elementos da estrutura, que por sua vez, apresentaram anomalias.

4.7 TENTATIVA DE REPARO EM VIGAS COM FISSURAÇÃO CRÍTICA

A ocorrência mais crítica de anomalias foi observada em vigas longitudinais, em região de encontro com o apoio. Nesses pontos da edificação, foi realizada uma tentativa de reparo através da construção de uma espécie de mão francesa no pilar de apoio da viga fissurada, além de se fazer uso de argamassa no fechamento das fissuras. Tal prática não tem efetividade técnica comprovada uma vez que a hipótese

de falha desse elemento é devido a atuação de esforço cisalhante e o componente construído, por sua vez, não desempenha papel na dissipação dessa solicitação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou as manifestações patológicas em dois pavimentos de subsolo de estacionamento de edifício comercial localizado no município de Ouro Branco – MG. A pesquisa atingiu os objetivos propostos ao passo que identificou e analisou as manifestações patológicas, além de determinar hipóteses de prováveis causas das fissuras através da revisão da literatura.

A partir das análises dos resultados apresentados neste estudo, pode-se concluir que:

- Os estudos acerca da patologia das construções são de extrema importância para compreender os fenômenos que acarretam na deterioração das estruturas;

- A boa prática da Engenharia Civil em todas as suas disciplinas pode reduzir as falhas recorrentes de projeto e execução;

- A incoerência entre o projeto e a execução de um empreendimento pode acarretar manifestações patológicas de diversas naturezas, conseqüentemente haverá necessidade de reparos na edificação;

- É de extrema importância que a sondagem do solo seja efetuada previamente a construções de modo a garantir a efetividade do projeto de fundações e dessa forma minimizar danos inerentes ao processo de recalque.

Por fim, para a continuidade da presente pesquisa, recomenda-se o monitoramento das fissuras nos elementos identificados de forma a determinar sua atividade. Ensaios do tipo destrutivos, como por exemplo a análise de carbonatação em corpos-de-prova extraídos da peça e do tipo não destrutivos, como ultrassonografia e esclerometria podem complementar este estudo.

Além disso, para a definição assertiva da definição de conduta deve ser efetuado o recalculo estrutural da edificação uma vez que o executado não foi compatível com o projeto. É também de interesse desse estudo que a sondagem do terreno seja realizada para conhecer a natureza do solo e delimitar os parâmetros de reforço da fundação, caso seja comprovada a necessidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, C. A. D. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 246. 2008.

FERREIRA, J. A. D. A. **Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Porto. Porto, p. 126. 2010.

FILHO, A. C.; CARMONA, T. Fissuração nas estruturas de concreto. **Boletim Técnico Associação Latinoamericana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de construção**, Mérida, Março 2013.

JOHN, V. M. et al. **Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira**. Anais do Workshop sobre durabilidade das construções. São José dos Campos, p. 10. 2002.

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

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das construções. **Boletim Técnico Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1985. ISSN 06/86.

MAGALHÃES, E. D. F. **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências do estado do Rio Grande do Sul**. Monografia (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 180. 2004.

MASSARDO, I. et al. Patologia em edificações: fissuração em vigas de concreto armado. **Seminário de Iniciação Científica - Ciências Exatas e da Terra - UNIJUÍ**, Ijuí, 24 Setembro 2015.

MULLER, L. B. **Manifestações patológicas em pisos de concreto: avaliação em garagens de edifícios residenciais da grande Florianópolis**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 109. 2014.

POSSAN, E.; DEMOLINE, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnico-Científico do CREA-PR**, n. 1ª, Outubro 2013. ISSN 2358-5420.

REIS, L. S. N. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Estruturas) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 114. 2001.

RESENDE, G. A. **Recuperação de estruturas de concreto armado**. PATORREB. Belo Horizonte, p. 10. 2018. (ISBN 978-85-60270-07-1).

SANTOS, M. R. G. D. **Deterioração das estruturas de concreto armado - Estudo de caso**. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 122. 2012.

SILVA, F. B. D. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Techné**, n. 174, Setembro 2011.

SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª. ed. São Paulo: PINI, 2009.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causa, prevenção e recuperação**. São Paulo: IPT/EPUSP/PINI, 2002.

THOMAZ, E. et al. **Defects in masonry walls guidance on cracking: identificcation, prevention and repair**. International Council for Building. [S.I.]. 2014.

APÊNDICE A – MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS



-  FISSURA EM VIGA
-  FISSURA EM LAJE
-  FISSURA EM PAREDE
-  FISSURA EM PISO
-  MOFO



Universidade Federal
de São João del-Rei

MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS DO SUBSOLO 1

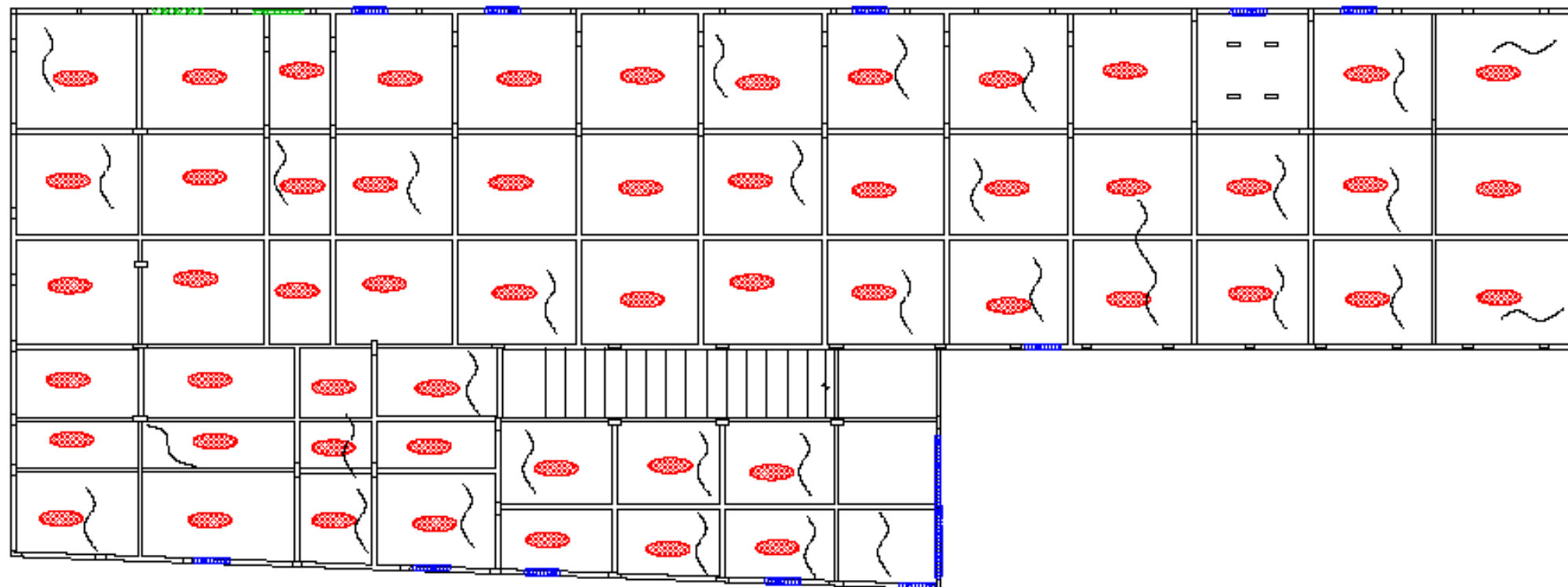
ESC.: 1:200

FOLHA: 01/02

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ESTUDO DE CASO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DE SUBSOLO DE
EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO - MG
ANA GABRIELA FREITA MORAIS
VINÍCIUS NOLASCO DOS PASSOS

ORIENTADOR:
TALES MOREIRA DE OLIVEIRA
OURO BRANCO - MG

DATA: 10/12/19



-  FISSURA EM VIGA
-  FISSURA EM LAJE
-  FISSURA EM PAREDE
-  FISSURA EM PISO
-  MOFO



Universidade Federal
de São João del-Rei

MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS DO SUBSOLO 2

ESC.: 1:200

FOLHA: 02/02

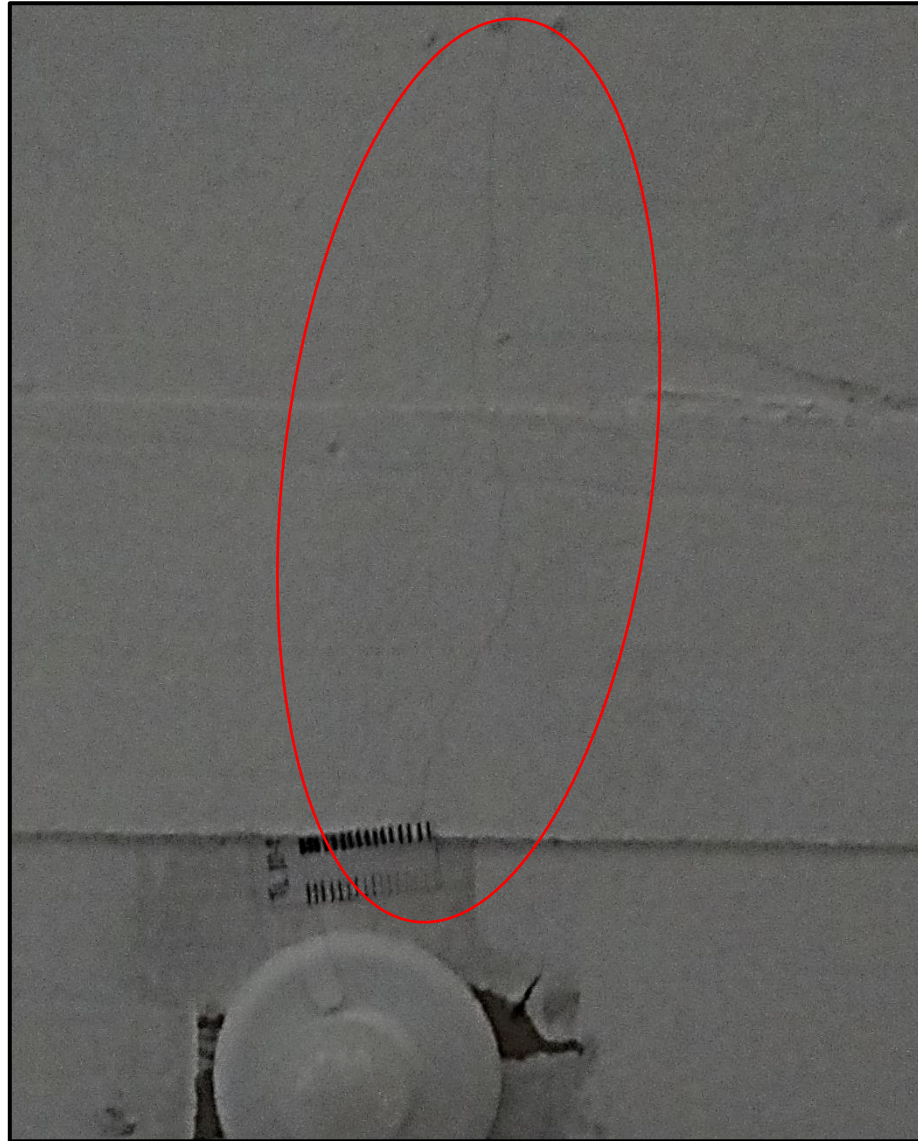
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ESTUDO DE CASO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DE SUBSOLO DE
EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO - MG
ANA GABRIELA FREITA MORAIS
VINÍCIUS NOLASCO DOS PASSOS

ORIENTADOR:
TALES MOREIRA DE OLIVEIRA
OURO BRANCO - MG

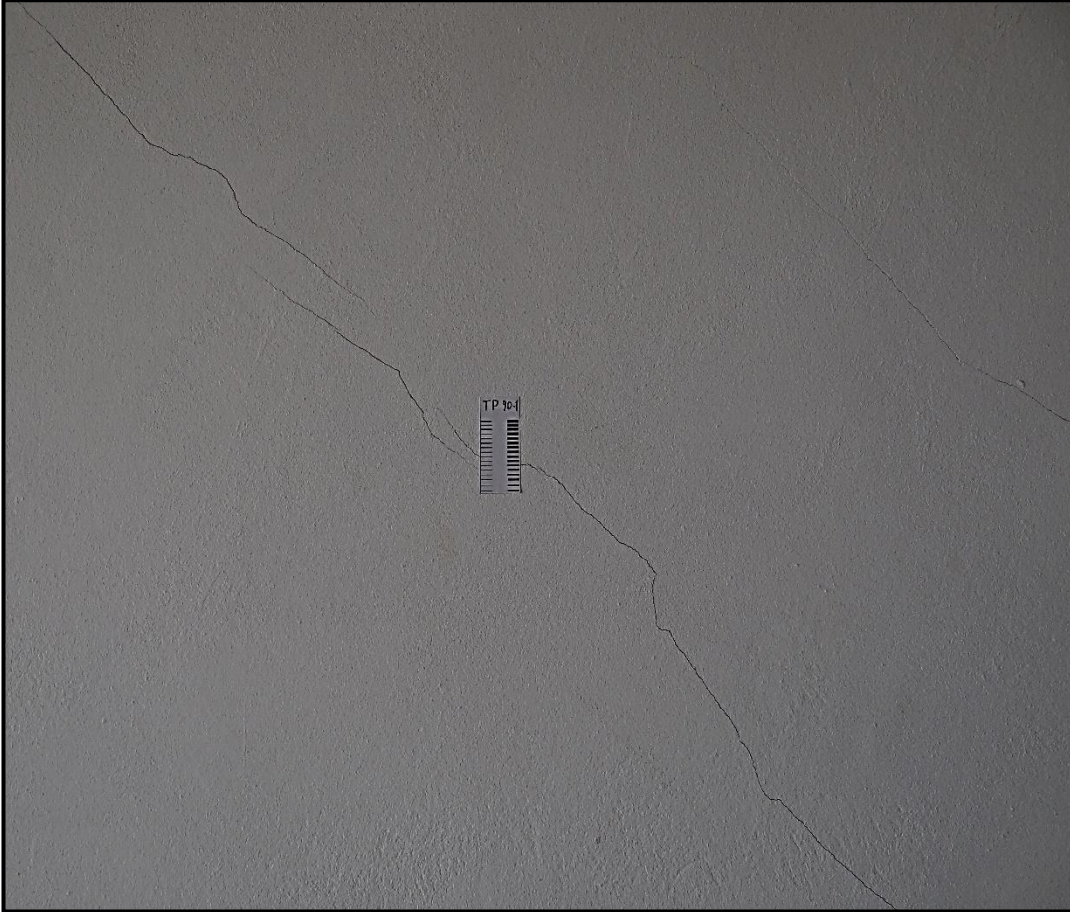
DATA: 19/12/19

APÊNDICE B – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS

Fissura em laje devido a atuação de momento fletor positivo em subsolo -1.



Fissura em parede devido a recalque da fundação no subsolo -1.



Fissura em piso devido a retração do concreto em subsolo -1.



Fissura em viga em região de apoio devido ao cisalhamento em subsolo -1.



Fissura em viga devido a atuação de momento fletor positivo em subsolo -1.



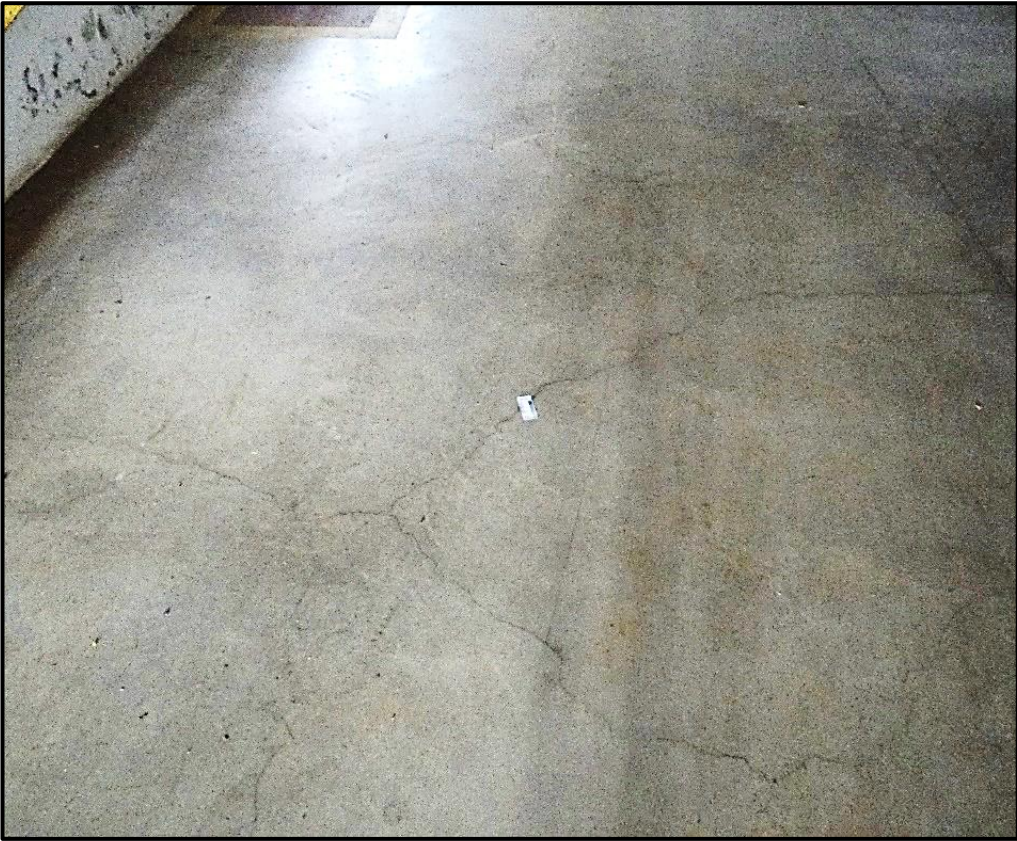
Fissura em laje devido a atuação de momento fletor positivo em subsolo -2.



Fissura em parede devido a recalque da fundação no subsolo -2.



Fissura em piso devido a retração do concreto em subsolo -1.



Mofa em paredes em subsolo -1 e -2, respectivamente.



Exposição de armadura de lajes em subsolo -1 e -2, respectivamente.

