

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Lucas Zito de Quadros

**FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS COM ESTRUTURA DE  
CONCRETO ARMADO: LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS  
CAUSAS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2015 às _____ horas
Local: UFRGS / Engenharia Nova Osvaldo Aranha, 99, sala 304
<b>Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem- vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.</b>

Porto Alegre  
junho 2015

**LUCAS ZITO DE QUADROS**

**FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS COM ESTRUTURA DE  
CONCRETO ARMADO: LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS  
CAUSAS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Ângela Gaio Graeff**

Porto Alegre  
junho 2015

**LUCAS ZITO DE QUADROS**

**FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS COM ESTRUTURA DE  
CONCRETO ARMADO: LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS  
CAUSAS NA CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre, junho de 2015

Profa. Angela Gaio Graeff  
PhD pela Universidade de Sheffield  
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt  
Dra. pelo PPGA/UFRGS  
Coordenadora

Prof. Jean Marie Désir  
Dr. pela COPPE/UFRJ  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Luciane Fonseca Caetano (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Profa. Paulete Fridman Schwentz (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Profa. Angela Gaio Graeff (UFRGS)**  
PhD pela Universidade de Sheffield

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre me apoiaram durante o período do meu Curso de Graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Profa. Angela Gaió Graeff, orientadora deste trabalho, pela amizade, disponibilidade e pelo seu comprometimento durante o período de orientação.

Agradeço aos meus pais, Ricardo e Marina, pelo incentivo, carinho e todo esforço que fazem para que meus sonhos sejam realizados.

Agradeço a meus irmãos, Diego e Martin, pela compreensão das minhas ausências quando necessário para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus sobrinhos queridos, Sophia, Enzo, Isabella e Santiago, pelo carinho que transmitem a mim.

Agradeço a minha namorada Diana Borghetti, que apesar da distância sempre me apoiou em todos os momentos do Curso de Graduação, me dando força para seguir em frente.

Agradeço a minha colega e grande amiga Juliana Pereira, companheira ao longo do período do Curso de Graduação, pela amizade e os bons momentos compartilhados.

Agradeço ao Eng. José Nilton Zeltser e Eng. Vinicius Iglín, pelo apoio e compreensão das minhas ausências durante o período do Curso de Graduação.

O tempo dura bastante para aqueles que sabem  
aproveitá-lo.

*Leonardo da Vinci*

## RESUMO

A construção civil apresenta um elevado índice de manifestações patológicas que são responsáveis pela redução da vida útil da estrutura de concreto armado. Dentre as manifestações patológicas, as fissuras são as que possuem a maior taxa de incidência, sendo comumente manifestações encontradas nas edificações em geral. Neste sentido, este trabalho aborda as prevenções que podem ser tomadas a fim de reduzir esse elevado número de fissuras, enfatizando quais as causas que tornam as fissuras recorrentes em diferentes empreendimentos. Para isso, escolheu-se como forma preliminar de instrumento desta pesquisa uma análise visual em cinco empreendimentos com algumas características em comum situados na cidade de Porto Alegre. Inicialmente, foi necessário um estudo inicial sobre as causas e morfologia das fissuras em edificações de concreto armado. Posteriormente, foram adotados alguns critérios para o método de inspeção. As inspeções realizadas foram de caráter apenas visual, sem uso de outros ensaios que possam caracterizar uma inspeção detalhada. Foi elaborada uma ficha de inspeção como ferramenta de apoio a pesquisa, visando adquirir maior agilidade na busca de fissuras. Após a finalização das inspeções, deu-se início à análise dos dados obtidos, caracterizando as fissuras encontradas nas obras vistoriadas de acordo com a morfologia observada. Todas as fissuras encontradas foram descritas e agrupadas através de suas semelhanças e características. Posteriormente, foram selecionadas as fissuras com maior índice de recorrência dentre as obras vistoriadas. Como produto deste trabalho, foi elaborado um fluxograma, no qual estão contidas as possíveis causas determinantes ao surgimento das fissuras recorrentes, visando transmitir as informações descritas em um diagrama de fácil compreensão. Constatou-se que as fissuras mais recorrentes estão relacionadas à contração plástica do concreto, dilatação térmica na união entre diferentes materiais, junta de dilatação e aos revestimentos com argamassas sob manta de impermeabilização. A elaboração de bons projetos, a apropriação de materiais adequados para determinados ambientes, o processo executivo realizado corretamente e a manutenção das edificações são fatores que impedem a precoce aparição de fissuras e prolongam a vida útil da estrutura.

Palavras-chave: Fissuras em Estruturas de Concreto Armado. Inspeção Visual em Estruturas de Concreto Armado. Causas das Fissuras em Estruturas de Concreto Armado.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do trabalho .....	19
Figura 2 – Evolução conceitual do projeto das estruturas de concreto .....	23
Figura 3 – Movimento de contração plástica no interior do concreto armado .....	31
Figura 4 – Formação de fissuras por assentamento plástico do concreto .....	31
Figura 5 – Fissura causada pelo deslocamento da armadura principal, em relação à posição original .....	33
Figura 6 – Tipos de corrosão de uma armadura de aço imersa no concreto .....	35
Figura 7 – Recalque diferencial no edifício menor devido à interferência do seu bulbo de tensões, ocasionado pelo edifício maior .....	36
Figura 8 – Recalque diferencial, devido a heterogeneidade do solo .....	37
Figura 9 – Lajes de estacionamento com juntas horizontais e verticais .....	39
Figura 10 – Lajes de estacionamento com juntas mal executadas, apresentando sintomas de fissuramento .....	39
Figura 11 – Fissuração por trabalho diferenciado dos dois materiais .....	40
Figura 12 – Fissuras no encontro de viga e alvenaria .....	41
Figura 13 – Detalhe da junta de dilatação executada no empreendimento .....	42
Figura 14 – Fluxograma da metodologia de pesquisa .....	43
Figura 15 – Detalhe da ficha de inspeção utilizada .....	46
Figura 16 – (a) fissura na rampa de acesso ao estacionamento e (b) detalhe que evidencia fissura na rampa e muro .....	50
Figura 17 – (a) fissura longitudinal em toda extensão da parede e (b) início do processo de reparo da fissura .....	50
Figura 18 – (a) visão panorâmica da área de distribuição das fissuras e (b) aspecto da fissura em comparação proporcional a uma chave .....	51
Figura 19 – (a) fachada do acesso ao estacionamento descoberto e (b) visão aumentada evidenciando a fissura da fachada .....	51
Figura 20 – (a) Conjunto de fissuras associadas à esquadria e (b) aumento da região superior direita da parede na qual está presente uma das fissuras .....	52
Figura 21 (a) – fissura desenvolvida entre viga e alvenaria e (b) comparativa da espessura da fissura em relação a uma caneta .....	52
Figura 22 – (a) parede do hall contendo fissuras longitudinais e (b) aspecto da fissura transversal em visão aproximada .....	53
Figura 23 – (a) vista do muro do estacionamento descoberto e (b) fissura transversal com tentativa de reparo .....	54
Figura 24 – (a) disposição de fissura entre pilarete e alvenaria e (b) vista de outro ângulo da fissura .....	54



Figura 25 – (a) vista lateral da fissura e (b) vista superior da fissura .....	55
Figura 26 – (a) visão geral do muro contendo a fissura e (b) visão em aumento exibindo a fissura permeada no muro .....	55
Figura 27 – (a) situação do local de abrangência da fissura e (b) vista aproximada da disposição da fissura .....	56
Figura 28 – Fissura na união de dois muros .....	56
Figura 29 – Fissura entre viga e alvenaria .....	57
Figura 30 – (a) fissura entre alvenaria e pilar e (b) fissura entre alvenaria e pilar .....	57
Figura 31 – (a) ocorrência da fissura no muro do estacionamento e (b) visão ampliada da fissura observada no muro do estacionamento .....	58
Figura 32 – (a) panorama da fissura situada na platibanda do terraço e (b) ampliação da fissura situada na platibanda do terraço .....	58
Figura 33 – (a) fissura localizada no contrapiso do estacionamento e (b) fissura localizada no contrapiso do estacionamento .....	59
Figura 34 – (a) localização da fissura na platibanda do estacionamento e (b) vista aproximada da fissura localizada na platibanda do estacionamento .....	59
Figura 35 – (a) vista frontal da fissura localizada abaixo da viga da fachada e (b) vista inferior da viga fissurada .....	60
Figura 36 – (a) fissura entre viga e alvenaria e (b) visão em aumento exibindo fissura ..	60
Figura 37 – (a) Parede do dormitório com presença de fissura e (b) aproximação da fissura localizada no dormitório .....	61
Figura 38 – (a) parede do terraço apresenta fissura longitudinal e (b) visão em aumento exibindo fissura na parede do terraço .....	61
Figura 39 – (a) muro com presença de fissura e (b) fissura transversal no muro de divisa .....	62
Figura 40 – (a) estrutura de contenção com presença de fissuras e (b) formato de dispersão das fissuras situadas na estrutura de contenção .....	63
Figura 41 – Contrapiso do estacionamento com presença de fissuras .....	63
Figura 42 – (a) estrutura com presença de fissura e (b) sentido longitudinal da fissura ..	64
Figura 43 – (a) parede com fissura em toda sua extensão e (b) fissura localizada na parede do estacionamento .....	64
Figura 44 – Fissura longitudinal próximo à esquadria metálica .....	65
Figura 45 – (a) shaft com presença de fissura e (b) extensão da fissura localizada no shaft .....	66
Figura 46 – (a) shaft apresenta fissura longitudinal e (b) aproximação da fissura situada no shaft .....	67
Figura 47 – Fissura a 45° no plano da laje .....	67
Figura 48 – Fissura ao longo da laje do estacionamento .....	68
Figura 49 – Fluxograma padrão das principais causas das fissuras recorrentes .....	71

Figura 50 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à junta de dilatação .....	73
Figura 51 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à contração plástica do concreto aplicado a deficiências de projetos .....	75
Figura 52 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à contração plástica do concreto aplicado a deficiências de execução .....	76
Figura 53 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à dilatação térmica na união entre diferentes materiais .....	78
Figura 54 – Croqui especificando encontro entre materiais de concreto e alvenaria .....	78
Figura 55 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas aos revestimentos de argamassas sob manta de impermeabilização em relação a falhas de execução	80
Figura 56 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas aos revestimentos de argamassas sob manta de impermeabilização em relação a falhas de projetos...	81
Figura 57 – Croqui especificando revestimentos de argamassas sob manta de impermeabilização .....	82
Figura 58 – Detalhe região denominada como a de encunhamento .....	83
Figura 59 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas ao encunhamento .....	84

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Valores para formatação dos lotes .....	26
Tabela 2 – Fissuras recorrentes em cada obra.....	70

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	17
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	17
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA .....	17
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	17
<b>2.2.2 Objetivos secundários</b> .....	17
2.3 PREMISSE .....	18
2.4 DELIMITAÇÕES .....	18
2.5 LIMITAÇÕES .....	18
2.6 DELINEAMENTO .....	18
<b>3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO</b> .....	21
3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS .....	21
<b>3.1.1 Desempenho, vida útil e durabilidade</b> .....	22
<b>3.1.2 Patologia das estruturas</b> .....	23
<b>3.1.3 Manutenção</b> .....	24
3.2 CONTROLE DE EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO .	24
<b>3.2.1 Requisitos executivos para garantir a qualidade da estrutura</b> .....	25
3.2.1.1 Controle tecnológico do concreto .....	25
3.2.1.2 Cura do concreto .....	26
3.2.1.3 Materiais.....	27
3.2.1.4 Mão de obra .....	27
3.2.1.5 Condições ambientais .....	27
<b>4 FISSURAS EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO</b> .....	29
4.1 PRINCIPAIS FISSURAS .....	29
<b>4.1.1 Deficiências de projeto</b> .....	30
<b>4.1.2 Contração plástica do concreto</b> .....	30
<b>4.1.3 Assentamento do concreto</b> .....	31
<b>4.1.4 Movimentação de fôrmas e escoramentos</b> .....	32
<b>4.1.5 Retração do concreto</b> .....	32
<b>4.1.6 Deficiências de execução</b> .....	33
<b>4.1.7 Reações expansivas</b> .....	34
<b>4.1.8 Corrosão das armaduras</b> .....	34
<b>4.1.9 Recalques diferenciais</b> .....	35

<b>4.1.10</b>	<b>Variação da temperatura .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.11</b>	<b>Ações Aplicadas .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS COM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Contrapisos de lajes de estacionamento .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Coberturas .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Dilatação térmica na união entre diferentes materiais .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Juntas de dilatação .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>COLETA DE DADOS SOBRE FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Escolha das edificações a serem vistoriadas .....</b>	<b>44</b>
5.1.1.1	Localização .....	44
5.1.1.2	Idade das edificações .....	44
5.1.1.3	Tipo de estrutura .....	44
5.1.1.4	Padrão da obra .....	45
<b>5.1.2</b>	<b>Inspeção das edificações escolhidas .....</b>	<b>45</b>
5.1.2.1	Ficha de inspeção .....	45
5.1.2.2	Procedimento de inspeção .....	47
<b>5.2</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3</b>	<b>PROPOSIÇÃO DE FLUXOGRAMA PARA EVITAR/DIMINUIR AS FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1</b>	<b>INSPEÇÃO VISUAL .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Obra 1 .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Obra 2 .....</b>	<b>53</b>
<b>6.1.3</b>	<b>Obra 3 .....</b>	<b>57</b>
<b>6.1.4</b>	<b>Obra 4 .....</b>	<b>62</b>
<b>6.1.5</b>	<b>Obra 5 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DAS FISSURAS RECORRENTES .....</b>	<b>68</b>
<b>6.3</b>	<b>CAUSAS DAS FISSURAS RECORRENTES .....</b>	<b>70</b>
<b>6.3.1</b>	<b>Causas das fissuras relacionadas à junta de dilatação .....</b>	<b>72</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Causas das fissuras relacionadas à contração plástica do concreto .....</b>	<b>74</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Causas das fissuras relacionadas à dilatação térmica na união entre diferentes materiais .....</b>	<b>77</b>
<b>6.3.4</b>	<b>Causas das fissuras relacionadas às argamassas de revestimentos sob manta de impermeabilização .....</b>	<b>79</b>

<b>6.3.5 Causas das fissuras relacionadas ao encunhamento .....</b>	<b>82</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
7.1 CONCLUSÕES .....	85
7.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	86





## 1 INTRODUÇÃO

Quando se começou a utilizar o concreto armado em grande escala, no início do século passado, acreditava-se que estas estruturas seriam duráveis e que não necessitariam de cuidados relacionados a manutenções das edificações. Entretanto, com o passar dos anos, percebeu-se que as estruturas começaram a apresentar problemas, resultando no aparecimento de manifestações patológicas. Desde então, passou-se a utilizar alguns critérios mais rígidos quanto ao projeto e execução das estruturas de concreto armado, e, também, passou-se a recomendar procedimentos de manutenção nestas estruturas, que nem sempre são seguidos.

Os manifestações patológicas são normalmente ocasionados pela má elaboração dos projetos ou pela falta da capacidade profissional dos colaboradores das construtoras e incorporadoras ou pela qualidade dos materiais utilizados. Além disso, pode-se ter dano na estrutura pela falta de manutenção. Segundo Souza e Ripper (1998, p. 27), “[...] as estruturas podem vir a apresentar manifestações patológicas originados da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado.”.

Dentre os sintomas patológicos existentes, pode-se citar a fissuração em peças estruturais ou elementos de vedação da estrutura, como paredes de alvenaria ou *drywall*. De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 57) “[...] a caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente [...]”. As principais causas que motivam o surgimento de fissuras são:

- a) deficiências de projeto;
- b) contração plástica do concreto;
- c) assentamento do concreto / perda de aderência das barras de armaduras;
- d) movimentação de fôrmas e escoramentos;
- e) retração do concreto;
- f) deficiências de execução;
- g) reações expansivas;
- h) corrosão das armaduras;
- i) recalques diferenciais;

- j) variação da temperatura;
- k) ações aplicadas.

Em estruturas mais antigas, a presença de manifestações patológicas pode ser considerado um fato comum. Pode-se citar que os fatores para que isto ocorra são:

- a) falta de manutenção, que ocasiona degradações na estrutura como corrosão das armaduras;
- b) sobrecargas de longa duração fazendo com que as peças estruturais flexionem e consequentemente fissurem;
- c) fissuras causadas pelas variações térmicas, que em algumas regiões são mais comuns.

Em edifícios novos também ocorrem, em escala bem menor, alguns sintomas patológicos. As fissuras nesses tipos de empreendimento são basicamente por retração térmica, bem evidente nas coberturas, e também pela distribuição errônea das juntas de dilatação. Acerca deste fato, é citado por Souza e Ripper (1998, p. 48), que “A ausência ou a má utilização de juntas de dilatação nas estruturas (quer em peças de concreto armado, quer nas de alvenaria estrutural) é um dos fatores que invariavelmente lhes trazem problemas [...]”.

Existem poucas pesquisas relacionadas a fissuras em estruturas novas, sendo que a maioria dos estudos estão focados no aparecimento de fissuras em estruturas antigas, pois apresentam maior probabilidade de acontecimento. Por esse motivo, este trabalho tem por finalidade analisar, na cidade de Porto Alegre, quais as principais causas que levam ao surgimento de fissuras em edifícios que possuem a Carta de Habite-se há no máximo cinco anos e que, teoricamente, não deveriam apresentar essa manifestação patológica. Paralelamente a isso, serão analisadas as características dessas fissuras e as posições em que mais surgem no empreendimento.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as principais causas que levam ao surgimento de fissuras em edifícios novos com estrutura de concreto armado?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é avaliação dos principais tipos que ocasionam o aparecimento de fissuras em edifícios novos com estrutura de concreto armado através de coleta de dados realizada em visitas a empreendimentos na cidade de Porto Alegre, e como estas fissuras podem ser mitigadas ou evitadas.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são a caracterização das fissuras, buscando-se descobrir as causas do seu surgimento e a relação com o que pode ser feito para impedir que elas ocorram.

## 2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que as fissuras ocorrem com significativa frequência em edifícios novos com estrutura de concreto armado e a origem dessas patologias deve ser identificada para mitigar este problema.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a análises de empreendimentos com estrutura de concreto armado, que tenham recebido a Carta de Habite-se há, no máximo, cinco anos e que sejam localizados na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

## 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) foram realizadas somente inspeções visuais nos empreendimentos;
- b) foram vistoriados apenas cinco empreendimentos de concreto armado na cidade de Porto Alegre.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição dos empreendimentos que serão analisados;
- c) acesso aos projetos estruturais;
- d) elaboração de planilha para análise dos dados a serem obtidos;
- e) levantamento de dados dos empreendimentos;
- f) análise de dados;
- g) considerações finais.

Figura 1 – Etapas do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

A primeira etapa, que se estendeu durante todo o trabalho, é a pesquisa bibliográfica, que tem por finalidade agregar conhecimento teórico sobre o tema proposto. Isso se deu através pesquisas em livros, teses, dissertações e apostilas. Essas consultas permitiram a obtenção de um embasamento sólido sobre o assunto, para que assim pudesse ser desenvolvida a pesquisa.

A etapa subsequente foi a de definição dos empreendimentos que foram analisados neste trabalho de pesquisa. Nesta etapa criaram-se critérios para escolha das edificações, criando um parâmetro comparativo entre elas.

Com a etapa anterior finalizada, iniciou-se a elaboração da planilha na qual constam as informações obtidas através dos levantamentos realizados em campo. A função desta planilha é facilitar e agilizar o processo de análise visual das fissuras, pois nela se encontram os locais

onde possa ocorrer esse tipo de manifestação patológica que, baseado em referências bibliográficas, ocorre normalmente em pontos específicos.

Os resultados obtidos foram analisados com o auxílio da bibliografia consultada. Assim, pôde-se dar início à caracterização das informações referentes aos objetivos propostos no trabalho, principalmente no que se refere às fissuras recorrentes nos edifícios vistoriados, bem como a elaboração dos fluxogramas das causas e formas de como evitar as fissuras recorrentes. Por fim, realizaram-se as considerações finais acerca dos resultados da pesquisa, onde foi possível realizar uma avaliação dos objetivos propostos, verificando se os mesmos foram alcançados

### 3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Neste capítulo é abordado o conceito de estruturas de concreto armado e todos os aspectos que visam torná-la durável e segura.

#### 3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

Podem-se definir as estruturas de concreto armado, como aquelas constituintes de concreto que possuem barras de aço no seu interior. A introdução do aço é para que se possa alcançar elevados índices de resistência a esforços de tração, tendo em vista que o concreto, por si só, resiste basicamente a esforços de compressão. De acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 5) os elementos de concreto armado são:

Aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Verçozza (1991, p. 67) explica que, como qualquer outro material, o concreto armado também se deteriora com o passar dos anos, e que a velocidade em que ocorre a deterioração depende de muitos fatores, entre eles:

- a) qualidade na execução;
- b) maneira de utilização;
- c) manutenção.

A esse quadro de fatores que levam a deterioração da estrutura de concreto armado, Souza e Ripper (1998, p. 16-17) acreditam que se deve adotar um tratamento diferenciado ao que vinha se adotando, e que a deterioração se dá pelos termos de:

- a) desempenho;
- b) vida útil e durabilidade;
- c) patologia das estruturas;
- c) manutenção.

### 3.1.1 Desempenho, vida útil e durabilidade

Para que uma estrutura mantenha seu bom desempenho nenhum estado limite deve ser ultrapassado, quando submetida um carregamento. O estado limite é a linha divisórias entre a segurança e a insegurança.

O meio ambiente atual, que pode apresentar quantidades de agentes agressivos elevadas, fez com que o concreto, como material de construção, se tornasse instável, alternando as suas propriedades físicas e químicas. As consequências destes processos se chamam deterioração (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 17).

Souza e Ripper (1998, p. 17), também afirmam que:

Cada material ou componente reage de uma forma particular aos agentes de deterioração a que é submetido, sendo a forma de deterioração e a sua velocidade função da natureza do material ou componente e das condições de exposição aos agentes de deterioração. A análise da deterioração possibilita o julgamento de um produto (estrutura ou material), podendo-se admitir que seja considerado satisfatório quando ficar caracterizada uma relação positiva entre seu custo inicial, sua curva característica de deterioração, sua vida útil e seu custo de reposição ou recuperação.

Sabendo as características de deterioração de uma edificação, tem-se como durabilidade a maneira como a estrutura irá resistir à agressividade do meio ambiente. Assim como qualquer material, o concreto armado está sujeito à ação de agentes físicos e químicos presentes na atmosfera, e quando estes atingem níveis elevados, pode-se dizer que a durabilidade está sendo afetada e, conseqüentemente, a vida útil está em declínio.

Normalmente as estruturas de concreto armado são projetadas para que alcancem o máximo de duração, no entanto, Souza e Ripper (1998, p. 19) explicam que:

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção.

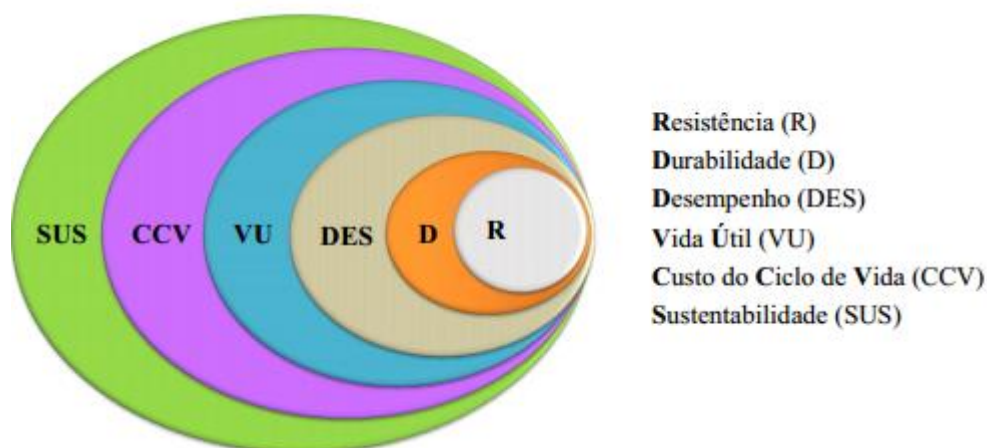
De acordo com NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 5), a vida útil de uma edificação é o período de tempo em que seus elementos cumprem as atividades para que foram projetados e construídos, admitindo-se a execução regularmente dos processos de manutenção..

De acordo com Possan (2010, p. 61-62), destaca-se que:



No início do desenvolvimento e difusão do concreto armado (ver figura 3), as estruturas eram projetadas utilizando bom senso e experiência profissional, onde a principal característica controlada era a resistência à compressão (R), que durante muito tempo foi tida como fonte única e segura das especificações de projeto. Com o passar dos anos, ocorreram grandes mudanças nos materiais de construção, ambiente de exposição e procedimentos de cálculos. Verificou-se que o concreto armado apresentava limitações e que somente o parâmetro resistência (R) era insuficiente para atender às exigências de projeto. Então se enfatizou a durabilidade (D) destas estruturas e dos seus materiais constituintes, aliando posteriormente este conceito ao desempenho (DES) das mesmas, ou seja, ao comportamento em uso. Contudo, ainda faltava inserir nos projetos a variável **tempo**, surgindo então os estudos de vida útil (VU). Atualmente, fatores como competitividade, custos e preservação do meio ambiente estão novamente impondo mudanças na maneira de se conceber estruturas, exigindo que estas sejam projetadas de forma holística, pensando no seu ciclo de vida (CV) e nos custos associados (CCV - Custo do Ciclo de Vida). A partir do CCV vários estudos podem ser conduzidos, com destaque às estimativas de custos de manutenção ao longo da vida útil, estudos de impacto ambiental, entre outros, auxiliando na seleção da melhor alternativa de projeto para novas estruturas ou de manutenção, reparo, reabilitação ou destinação final para estruturas existentes. Com isso o projeto para a sustentabilidade (SUS) torna-se possível.

Figura 2 – Evolução conceitual do projeto das estruturas de concreto



(fonte: POSSAN, 2010, p. 62)

### 3.1.2 Patologia das estruturas

O crescimento acelerado da construção civil fez com que a metodologia de trabalho se desenvolvesse com intuito de aperfeiçoar a maneira de construir. A progressão na evolução científica trouxe, de maneira implícita, riscos que antigamente não existiam, mas que se tornaram imprescindíveis para o avanço tecnológico da engenharia. Através disso, e com as limitações nos novos processos de construção, constataram-se as primeiras deteriorações nas estruturas. Esse conjunto de fatores começou a resultar em manifestações patológicas (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 14).

Relacionado a esses fatores, Souza e Ripper (1998, p. 14) afirmam que:

Os manifestações patológicas simples são os que admitem padronização, podendo ser resolvidos sem que o profissional responsável tenha obrigatoriamente conhecimentos altamente especializados. Já os manifestações patológicas complexos não convivem com mecanismos de inspeção convencionais e esquemas rotineiros de manutenção, obrigando a uma análise pormenorizada e individualizada do problema, sendo então necessários profundos conhecimentos de Patologia das Estruturas.

Patologia das construções é o estudo de técnicas que visam melhorar o processo de construção, agregando tecnologia na sua maneira de construir para que possa se obter um melhor desempenho e introduzir um sistema mais qualificado nas edificações, resultando em uma redução de custos referente a manutenções (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 14).

### **3.1.3 Manutenção**

A manutenção é o processo que garante a durabilidade da estrutura, mantendo o desempenho para a qual foi projetada. Para Souza e Ripper (1998, p. 21), é “[...] o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador.”.

Manifestações patológicas podem surgir por falta de manutenção, tendo em vista que o concreto armado é como qualquer outro material que, quando exposto a intempéries, está suscetível à degradação. Segundo a norma NBR 5674 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 2), a manutenção de uma edificação é o conjunto das atividades realizadas que visam conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes para que se atendam as necessidade e seguranças dos usuários.

## **3.2 CONTROLE DE EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

A execução das estruturas de concreto armado requer que, para seu bom desempenho, exista um processo qualificado de fiscalização com o intuito de incorporar qualidade e terminabilidade ao serviço. Para que se possa iniciar a fase de execução, é fundamental ter o planejamento da obra definido, pois assim tem-se a caracterização do empreendimento, com as atividades programadas e definidas, *layout* do canteiro e previsão das compras dos materiais (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 25).

A falta de controle de execução pode acarretar em inúmeras falhas, que futuramente podem acarretar em deficiências patológicas. De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 25):

Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto, desde o seu fabrico até a cura.

### **3.2.1 Requisitos executivos para garantir a qualidade da estrutura**

A qualidade da estrutura está relacionada ao controle de execução, pois um serviço bem executado resulta num produto qualificado. No entanto, devem existir plataformas que permitam ao conferente adotar critérios de avaliação, para que possa se dizer se a atividade executada está no padrão de qualidade desejado. Essas plataformas muitas vezes são formulários constituídos por informações referentes à atividade em execução e que permitem avaliar a sua qualidade.

Abaixo estão descritos alguns dos requisitos que devem ser adotados para garantir a qualidade de execução de uma estrutura de concreto armado.

#### **3.2.1.1 Controle tecnológico do concreto**

Para cada tipo e classe de concreto utilizado nas edificações a NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 5), define que devem ser realizados ensaios de controle tecnológico do concreto. Um dos ensaios avalia a consistência do concreto. Este ensaio é realizado *in loco* e tem como objetivo avaliar a consistência do concreto através do processo de abatimento de cone. A NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 5), sugere ainda que este ensaio seja realizado nas seguintes ocasiões:

- a) alterações na umidade;
- b) na primeira amassada do dia;
- c) quando houver um intervalo de no mínimo duas horas entre betonadas;
- d) quando houver a troca do operador;
- e) sempre que retirados corpos de prova.

Quando o serviço de concretagem for realizado por serviços terceirizados, o ensaio deve ser realizado a cada betonada.

Outro ensaio existente mede a resistência do concreto à compressão (ou à flexão, em algumas situações) e é obtido pelas amostras dos corpos-de-prova moldados durante a concretagem. As formações de lotes são necessárias para este ensaio, que para a NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995, p. 5) são:

A amostragem do concreto para ensaios de resistência à compressão deve ser feita dividindo-se a estrutura em lotes que atendam a todos os limites da tabela 1. De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle [...].

Tabela 1 – Valores para formatação dos lotes

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup> Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 6)

A NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995, p. 5) explica que a coleta das amostras deve ser feita de forma aleatória e cada exemplar deve conter dois corpos de prova da mesma amassada, para cada idade de rompimento, moldados ao mesmo tempo. Para definir a resistência das amostras, utiliza-se o corpo de prova com o maior valor obtido.

### 3.2.1.2 Cura do concreto

A fase de cura é a etapa na qual ocorrem as reações de hidratação dos compostos cimentícios, e é o momento em que ocorre uma certa evaporação da água devido ao calor gerado pela reação do cimento com a água. Na trajetória de percolação da água até a superfície do concreto nota-se a formação de vazios, nos quais antes da evaporação eram preenchidos pela

água. A quantidade de água evaporada define o quão poroso o concreto se torna, refletindo-se na durabilidade que ele terá. Para amenizar esse processo, devem-se utilizar recursos que impossibilitam a perda excessiva de água.

### 3.2.1.3 Materiais

Os materiais também são responsáveis pela qualidade final da edificação. Existem materiais de boa qualidade, mas quando empregados em locais inadequados, perdem sua função e podem prejudicar a estrutura. Assim como existem materiais bons, também há materiais de péssima qualidade, que devem ser evitados.

Ao agregar aço para ter-se o elemento de concreto armado, deve-se ter cuidado de não utilizar barras que apresentem sintomas de corrosão, pois essas podem ter iniciado o processo corrosivo e causar danos estéticos e inclusive de caráter estrutural à edificação.

### 3.2.1.4 Mão de obra

A mão-de-obra tem papel importantíssimo na construção civil. Caso estes profissionais não possuam um bom treinamento sobre as tarefas a executar, há uma grande possibilidade de existirem manifestações patológicas a curto e longo prazo.

Durante a execução, existem processos que devem ser seguidos para que não haja problemas, como por exemplo, garantir a relação água/cimento do concreto. Caso o operário acrescente água em excesso para realização do concreto, o mesmo será mais poroso, e isso pode afetar drasticamente a resistência do concreto.

O colaborador deve sempre respeitar o projeto estrutural e todas as informações referentes à execução do serviço devem ser obedecidas, como por exemplo, garantir o posicionamento correto das armaduras, manter o prumo dos pilares, montar as fôrmas com suas respectivas dimensões, para que assim também possa se obter o cobrimento necessário.

### 3.2.1.5 Condições ambientais

Em algumas situações as condições ambientais podem comprometer a execução de uma estrutura de concreto armado. Temperaturas muito elevadas podem contribuir para o surgimento de fissuras por retração do concreto, enquanto que temperaturas muito baixas

contribuem para um aumento do tempo de pega do concreto. Para tanto, é necessário prever as condições ambientais durante a execução para que se possam tomar medidas visando à redução destes impactos negativos.

## 4 FISSURAS EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO

Dentre as manifestações patológicas existentes em uma estrutura, as fissuras possuem um importante papel em seu diagnóstico, devido a três aspectos, que são, de acordo com Thomaz (1989, p. 15), “[...] o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.”. As fissuras que surgem no concreto armado podem estar relacionadas às diferentes fases da sua vida útil.

Para Dal Molin (1988, p. 1), “A fissuração do concreto é um fenômeno tão antigo como os próprios edifícios dos quais faz parte. Em muitas obras, onde o material básico é o cimento, aparecem fissuras depois de anos, meses ou até mesmo, poucas horas após o lançamento do material.”.

De acordo com Dal Molin (1988, p. 1), a existência de fissuras em estruturas de concreto armado vai além do ponto de vista econômico e diminuição da vida útil da estrutura. A fissuração pode afetar a utilização da habitação perante o usuário, causando um desconforto visual e insatisfação psicológica.

### 4.1 PRINCIPAIS TIPOS DE FISSURAS

As fissuras podem ser ocasionadas por motivos intrínsecos ou extrínsecos, que motivam o surgimento de tensões maiores que a resistência suporte do concreto. Pode-se elencar os seguintes fatores como principais causas de fissuração:

- a) deficiências de projeto;
- b) contração plástica do concreto;
- c) lançamento do concreto / perda de aderência das barras armaduras;
- d) movimentação de fôrmas e escoramentos;
- e) retração do concreto;
- f) deficiências de execução;

- g) reações expansivas;
- h) corrosão das armaduras;
- i) recalques diferenciais;
- j) variação da temperatura;
- k) ações aplicadas.

#### **4.1.1 Deficiências de projeto**

Inúmeros são os erros que podem estar relacionados às deficiências de projeto, sendo estes, normalmente, ocasionados por falhas humanas. Para Souza e Ripper (1998, p. 41) as principais causas desses desacertos são:

- a) modelagem inadequada da estrutura;
- b) má avaliação das cargas;
- c) detalhamento errado ou insuficiente;
- d) agressividade do meio ambiente;
- e) incorreção na interação solo-estrutura;
- f) incorreção na consideração de juntas de dilatação.

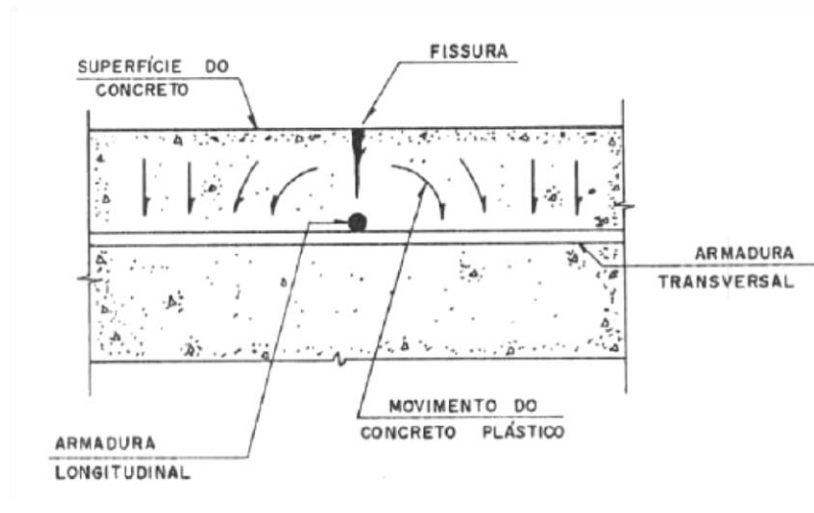
Falhas ocasionadas por deficiências na realização de um projeto de engenharia são geralmente as principais causadoras de manifestações patológicas sérias, resultando em soluções complexas e onerosas.

#### **4.1.2 Contração plástica do concreto**

A fissuração por contração plástica é o único caso em que o concreto ainda não está endurecido. Isso ocorre devido à evaporação excessiva da água presente em demasia no interior do concreto. Os vazios que são deixados pela evaporação da água são os responsáveis pelo aparecimento das fissuras. Esta forma de fissuração ocorre devido ao fato de que a velocidade de evaporação da água de amassamento é maior que a velocidade de percolação da água até a superfície. O nível de evaporação da água do concreto varia muito com a temperatura do ambiente, a umidade do ar e um processo adequado de cura do concreto (DAL MOLIN, 1988, p. 4). Na figura 4, pode se ver a movimentação da contração plástica no interior de uma estrutura de concreto armado.



Figura 3 – Movimento de contração plástica no interior do concreto armado

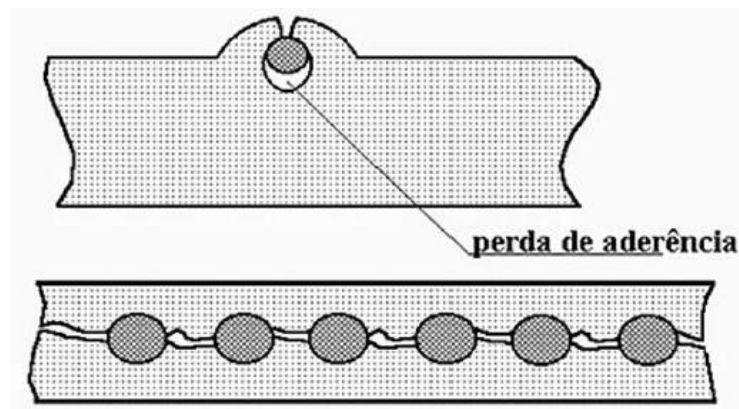


(fonte: DAL MOLIN, 1988, p. 5)

### 4.1.3 Assentamento do concreto

A fissuração decorrente pelo mau assentamento do concreto pode estar relacionada a um problema de projeto, no qual é superestimada a quantidade de aço, pela deficiência no processo de concretagem, possivelmente pela má vibração do concreto quando lançado. Segundo Souza e Ripper (1998, p. 62), “As fissuras formadas pelo assentamento do concreto acompanham o desenvolvimento das armaduras, e provocam a criação do chamado efeito de parede, ou de sombra, que consiste na formação de um vazio por baixo da barra, que reduz a aderência desta ao concreto.”. O caso citado pode ser visto na figura 4.

Figura 4 – Formação de fissuras por assentamento plástico do concreto



(fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 62)

#### 4.1.4 Movimentação de fôrmas e escoramentos

Todo elemento de concreto armado, para adquirir forma, necessita de uma fôrma, visto que o concreto é um material maleável e só se torna rígido após horas do seu lançamento. De acordo com Dal Molin (1988, p. 15):

Para construir uma estrutura de concreto, é necessária a utilização de moldes através dos quais o concreto plástico, lançado, toma a forma e dimensões desejadas. Especial cuidado deve se dar ao projeto e execução destas fôrmas, pois serão elas que suportarão as cargas verticais e horizontais aplicadas até que o concreto tenha condições de suportá-las.

O deslocamento das fôrmas, para Souza e Ripper (1998, p. 63), ocorre por “[...] mau posicionamento, por falta de fixação adequada, pela existência de juntas mal vedadas ou de fendas, ou por absorção da água do concreto, permitindo a criação de juntas de concretagem não previstas, o que normalmente leva à fissuração.”. Outro fator que pode levar a movimentação das fôrmas é o escoramento, que quando mal executado, pode permitir deformação acentuada da peça, podendo gerar alterações na sua geometria.

Para Dal Molin (1988, p. 15-16), as fôrmas devem ser dimensionadas para resistir as sobrecargas, que podem ser cargas verticais, como tensões permanentes e variáveis, ou cargas horizontais, que inclui pressão do vento, força de expansão do concreto e impacto de equipamentos. Já falhas de escoramento podem ser ocasionadas por:

- a) remoção temporária das escoras para realização de outro serviço;
- b) falta de travamento das escoras;
- c) deslocamento das escoras, devido a movimentação intensa de operários na laje ou por excessiva vibração do concreto;
- d) escoras fora de prumo;
- e) apoio inadequado das escoras;
- f) baixa qualidade de mão-de-obra para interpretar os projetos de escoramento.

#### 4.1.5 Retração do concreto

Este é um movimento natural da massa de concreto, que é impedido por obstáculos internos, (barras de armaduras) ou externos (elementos estruturais). Caso esse comportamento não seja considerado durante a fase de projeto e de execução, há uma grande possibilidade de um quadro de fissuração (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 63).

Dal Molin (1988, p. 21), explica que:

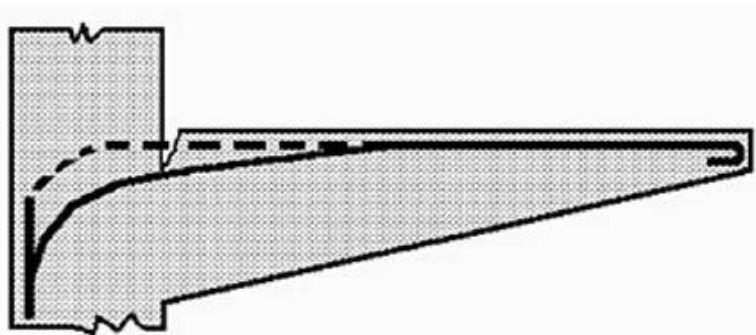
A retração hidráulica, ou por secagem, decorre da contração volumétrica da pasta pela saída da água do concreto conservado em ar não saturado. Uma parte desta retração é irreversível e deve ser diferenciada das variações devidas à umidade causadas pela conservação alternada em ambientes secos e úmidos (retração reversível).

#### 4.1.6 Deficiências de execução

As fissuras ocasionadas por deficiências de execução, podendo ser por incapacidade profissional, assemelham-se muito às oriundas por deficiências de projeto. O não cumprimento do cobrimento exigido para uma determinada armadura propicia o início de um processo de fissuração. Na figura 5, pode-se perceber uma imperícia não muito incomum durante a execução de uma laje em balanço, em que o posicionamento incorreto da armadura negativa fez com o concreto tracionasse devida ao elevado esforço de tração (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 64).

Problemas de execução não se limitam somente ao momento de realização de um serviço, mas sim de todo um ciclo que move a construção de uma edificação. As falhas surgem desde o recebimento e armazenamento dos materiais, que quando não realizados de forma adequada, podem prejudicar a qualidade final do serviço, até a incompetência profissional dos operários.

Figura 5 – Fissura causada pelo deslocamento da armadura principal, em relação à posição original



(fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 64)

#### 4.1.7 Reações expansivas

Os sulfatos são responsáveis pelas reações químicas com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento. Essas reações tem o caráter expansivo, fazendo que o concreto inicie uma fase de fissuração, deixando vazios que permitam a entrada de novos agentes químicos que são responsáveis pela desagregação total do material. (DAL MOLIN, 1988, p. 60-61).

Outra reação é a álcalis-agregado que pode levar a fissuração devido à formação de um gel expansivo no interior do concreto. Este tipo de fissuração pode levar anos para ocorrer e pode estar relacionada às condições do meio ambiente, exposição dos elementos estruturais e do contato da armadura com o ar, através dos poros. As altas temperaturas podem acelerar o processo, que é favorecido pelo alto teor água-cimento e pelo elevado grau de umidade do local (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 65).

#### 4.1.8 Corrosão das armaduras

A transformação do aço em  $\text{Fe}(\text{OH})_n$  é o chamado processo de corrosão. Esse hidróxido é conhecido popularmente como ferrugem, tornando o material fraco, sem nenhuma aderência ou coesão. Ao se iniciar o processo de corrosão, o primeiro sintoma é o surgimento de manchas na superfície do concreto, em seguida ocorre a expansão da armadura, sendo este aspecto o mais grave, pois o aço pode aumentar de oito a dez vezes o seu volume original (VERÇOZA, 1991, p. 87).

O fenômeno de corrosão das armaduras é definido, por Souza e Ripper (1998, p. 65), como sendo a “[...] destruição da película passivante existente ao redor de toda a superfície exterior das barras. Esta película é formada como resultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto.” A película passivante pode ser destruída tanto pela ação de carbonatação como pela ação de cloretos. Esse processo de deterioração das armaduras pode gerar um quadro de fissuração preocupante.

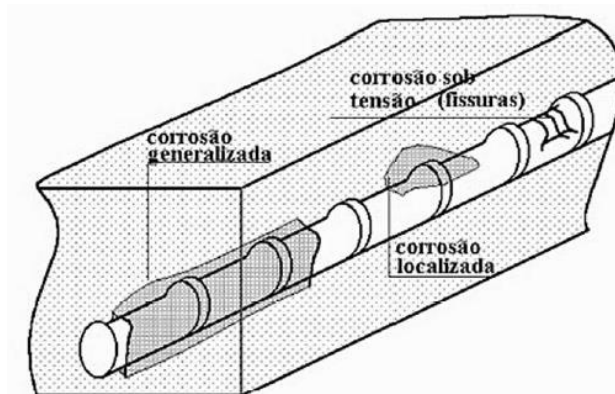
Para Souza e Ripper (1998, p. 66), existem três tipos de mecanismos que geram o processo de corrosão. São eles:

- a) corrosão por tensão fraturante: é o caso dos aços que são submetidos a grandes esforços mecânicos (protensão) e que, em presença de meio agressivo, podem sofrer fratura frágil, resultando na perda de condição para a sua utilização;

- b) corrosão pela presença de hidrogênio atômico, que fragiliza e fratura os aços;
- c) corrosão por pite, que pode revelar-se segundo duas formas: localizada, caracterizada pela ação de íons agressivos (cloretos, em especial), sempre que haja umidade e presença de oxigênio e generalizada, função da redução do pH do concreto para valores inferiores a 9, pela ação dissolvente do CO<sub>2</sub> existente no ar atmosférico - transportado através dos poros e fissuras do concreto sobre o cimento hidratado. É a chamada carbonatação.

As três formas de corrosão estão mostradas na figura 6.

Figura 6 – Tipos de corrosão de uma armadura de aço imersa no concreto



(fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 64)

A corrosão também pode se dar pela insuficiência dos cobrimentos ou dos concretos mal adensados, pelo fato do aço ficar próximo a superfície, onde o contato com a água e com o ar é contínuo. Deve-se atentar, também, para o local onde a edificação será construída. Existem meios muito agressivos, que devem ser considerados na fase de projeto, como ambientes marinhos, que são ricos em íon cloro, e solos com elevado teor de matéria orgânica.

#### 4.1.9 Recalques diferenciais

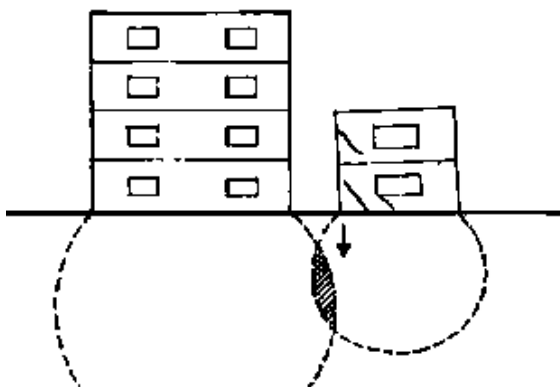
Manifestações patológicas de recalques diferenciais são, geralmente, causados por deficiências de suporte da fundação, ocasionados por má atribuição da quantidade de armadura, resistência do concreto, e também podem ser em decorrência da insuficiência do solo em resistir às tensões que lhe são atribuídas (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 70).

A forma de fissuramento por deflexão se assemelha com o fissuramento ocorrido por recalques diferenciais, no entanto se distinguem em alguns aspectos. Assim, Thomaz (1989, p. 94) explica que:

De maneira geral, as fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas, confundindo-se às vezes com as fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Em relação as primeiras, contudo, apresentam aberturas geralmente maiores, “deitando-se” em direção onde ocorreu o maior recalque. Outra característica das fissuras provocadas por recalques é a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocaram; além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura.

A capacidade que o solo tem de suportar uma edificação está relacionada a muitos fatores. Na figura 8, tem-se um recalque ocorrido pela interferência no bulbo de tensões de um edifício menor por um edifício maior.

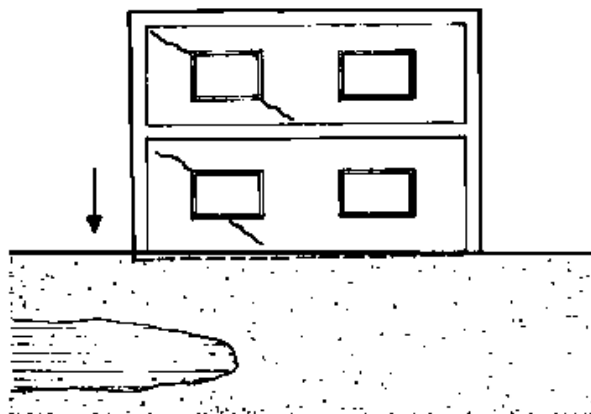
Figura 7 – Recalque diferencial no edifício menor devido à interferência do seu bulbo de tensões, ocasionado pelo edifício maior



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 96)

A heterogeneidade do solo também provoca recalques diferenciais, e o fissuramento devido a isso está explícito na figura 9 (THOMAZ, 1989, p. 96).

Figura 8 – Recalque diferencial, devido a heterogeneidade do solo



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 97)

#### 4.1.10 Variação da temperatura

Todos os materiais, incluindo os utilizados para os elementos estruturais da construção civil, estão sujeitos a variações físicas quando expostos a alterações térmicas. Um exemplo bem claro desse processo se dá nas lajes de cobertura, pois são elementos muito suscetíveis às variações das temperaturas e em consequência, possuem uma grande dilatação e contração térmica, resultando num elevado índice de fissuras (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 70).

Para Thomaz (1989, p. 19), as fissuras podem surgir por movimentações diferenciadas de um mesmo elemento e ocorrem em função de:

- a) junção de materiais com diferentes coeficientes térmicos e empregados no mesmo elemento;
- b) exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas;
- c) gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente.

#### 4.1.11 Ações Aplicadas

As inúmeras formas de ações aplicadas vão desde casos acidentais, como choques nos elementos estruturais, a cargas de vigas e pilares. Thomaz (1989, p. 42) explica que:

A atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Essas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode também estar ocorrendo a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista. Vale frisar ainda que não raras vezes pode se presenciar a atuação de sobrecargas em componentes sem função estrutural,

geralmente pela deformação da estrutura resistente do edifício ou pela sua má utilização.

## 4.2 FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS COM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As estruturas de concreto armado, se adequadamente executadas e projetadas, não devem apresentar fissuras em seus elementos, principalmente em se tratando de edificações novas ou recentemente construídas.

Entretanto, devido a alguns descuidos na fase de projeto ou deficiências na fase de execução, alguns tipos de fissuras em particular podem ser observados em algumas edificações cuja estrutura seja de concreto armado.

A seguir estão descritos os casos mais típicos de fissuras nestas estruturas de concreto armado.

### 4.2.1 Contrapisos e lajes de estacionamento

Lajes de estacionamento, normalmente, possuem grandes volumes de concreto armado. Esses elementos normalmente apresentam elevados índices de fissuramento. Essas fissuras podem ocorrer por dessecação superficial do concreto, que é o processo de evaporação da água presente no concreto. Esse fenômeno se acentua ainda mais devido aos estacionamentos serem descobertos e expostos a altas temperaturas (DAL MOLIN, 1988, p. 11).

Devido à elevada área que normalmente compõe os estacionamentos, as lajes tendem a fissurar se não forem bem executadas. A execução de juntas nas lajes, como na figura 9, permite que o concreto se movimente (contração e dilatação térmica) sem que se formem fissuras. No entanto devem ser bem projetados, do contrário o processo de fissuração poderá ocorrer, como se pode ver na figura 10.



Figura 9 – Lajes de estacionamento com juntas horizontais e verticais



(fonte: foto do autor)

Figura 10 – Lajes de estacionamento com juntas mal executadas, apresentando sintomas de fissuramento



(fonte: foto do autor)

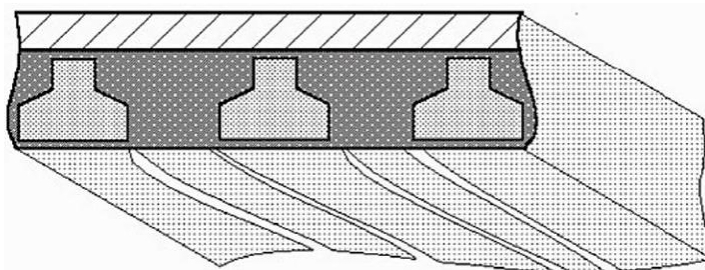
Outro fator que leva ao surgimento de fissuras são os elevados números de caixas de passagem pluviais e telefônicas existentes nos estacionamentos dos subsolos. Essas caixas dão origem a fissuras à 45°, muito semelhantes às fissuras que ocorrem por retrações do concreto, que é um movimento natural, mas que pode ser impedido por elementos estruturais, como pilares.

## 4.2.2 Coberturas

As principais fissuras nas coberturas ocorrem por movimentações térmicas, devido a grande exposição das lajes a variações térmicas. Segundo Souza e Ripper (1998, p. 70):

Uma situação típica é a que se dá nas coberturas, em particular as horizontais, muito mais expostas aos gradientes térmicos naturais do que as peças verticais da estrutura, gerando, em consequência, movimentos diferenciados entre elementos verticais e horizontais que, normalmente, resultam em fissuração, agravada no caso de diferença de inércia (encontro lajes-vigas) ou de materiais resistentes (lajes mistas ou pré-fabricadas, como se pode observar na figura 11).

Figura 11 – Fissuração por trabalho diferenciado dos dois materiais



(fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 70)

Lajes sombreadas também podem apresentar fissuras. Isso ocorre pela absorção da energia calorífica pelas telhas, que é irradiada para as lajes, podendo também ser transmitida por condução ou convecção. Essa passagem de calor, dos elementos constituintes para as lajes, pode estar relacionadas à:

- a) natureza dos materiais que compõem as telhas e seus elementos;
- b) altura do colchão de ar entre a laje e a telha;
- c) rugosidade das superfícies.

As tensões de origem térmica são basicamente nulas no centro da laje e tendem a aumentar em direção às bordas (THOMAZ, 1989, p. 22-23).

### 4.2.3 Dilatação térmica na união entre diferentes materiais

Cada material possui características diferentes, e quando estes materiais são unificados, tendem a apresentar problemas se não forem bem projetados e executados. Thomaz (1989, p. 136) explica que:

As movimentações hidrotérmicas da parede e da estrutura, as acomodações do solo e as deflexões dos componentes estruturais introduzirão tensões nas paredes de fechamento que, em função da natureza do seu material constituinte e da própria intensidade da movimentação poderão ser absorvidas. Sempre que houver, entretanto, incompatibilidade entre as deformações impostas e as admitidas pela parede, cuidados devem ser tomados no sentido de evitar-se a fissuração da parede ou o seu destacamento do componente estrutural, principalmente no caso de fachadas onde, através da fissura ou do destacamento, ocorrerá a penetração de água para o interior do edifício.

Na figura 12, pode-se perceber um exemplo desse fissuramento, onde há o encontro de viga com alvenaria.

Figura 12 – Fissuras no encontro de viga e alvenaria



(fonte: foto do autor)

### 4.2.4 Juntas de dilatação

Juntas de dilatação tem a responsabilidade de separar a estrutura em duas ou mais partes, para que essas possam se movimentar sem transmitir esforços entre si. O não cumprimento desse espaçamento pode ocasionar problemas de tensões maiores que as suportáveis pela estrutura. O material que deve preencher esse espaço deve possuir um baixo módulo de elasticidade, para que possa acompanhar as deformações dos elementos estruturais sem formação de

fissuras. Normalmente utiliza-se para preenchimento de juntas selantes de poliuretano devido ao seu alto coeficiente de deformabilidade.

Figura 13 – Detalhe da junta de dilatação executada no empreendimento vistoriado



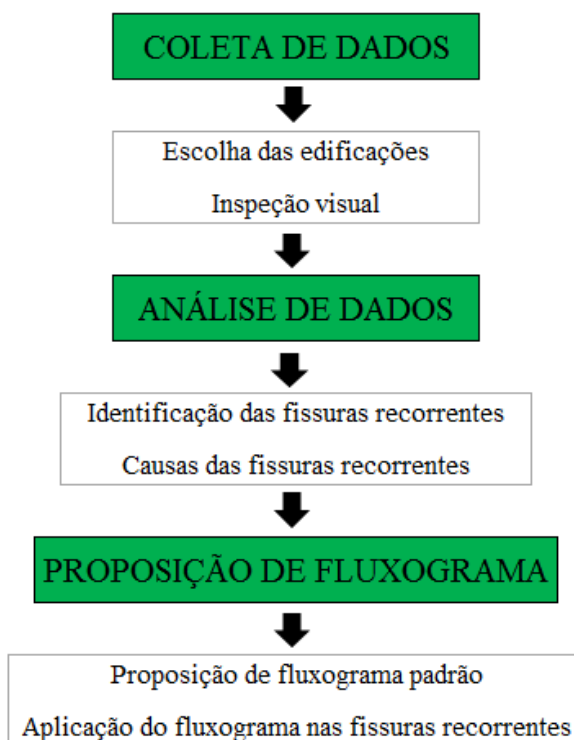
(fonte: foto do autor)

## 5 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o método utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa, citando os procedimentos adotados para que os objetivos propostos fossem alcançados. Inicialmente, foi proposta a realização de uma coleta de dados em empreendimentos novos, visando identificar, através de inspeção visual, as principais fissuras observadas nestes empreendimentos. Posteriormente, seguiu-se para a análise dos dados coletados. Esta análise consistiu em identificar os tipos de fissuras que são recorrentes nas obras vistoriadas, bem como em analisar as possíveis causas que levaram ao aparecimento destas fissuras. Ao final, foi proposto um fluxograma para auxiliar o meio técnico na tomada de decisões, com o intuito de contribuir para a diminuição das fissuras em edifícios novos de concreto armado.

Esquemáticamente, a proposição do método deste trabalho seguiu o conjunto de procedimentos, conforme ilustrado na figura 14. As etapas do método estão detalhadas na sequência.

Figura 14 – Fluxograma da metodologia de pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.1 COLETA DE DADOS SOBRE FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS

Esta etapa da pesquisa está relacionada com a identificação das fissuras em edifícios novos de concreto armado, através de inspeções *in-loco*. Duas atividades foram necessárias para a realização desta etapa: a primeira relacionada com a escolha das edificações a serem vistoriadas e a segunda com a descrição dos procedimentos de inspeção adotados.

### 5.1.1 Escolha das edificações a serem vistoriadas

Visando a melhor qualidade na obtenção de dados, criaram-se parâmetros para padronizar a pesquisa e, assim, contribuir para a obtenção de resultados satisfatórios, como por exemplo, a localização, a idade das edificações, o tipo e o padrão da estrutura, conforme descrito a seguir.

#### 5.1.1.1 Localização

O primeiro critério estabelecido refere-se à localização em que os empreendimentos estão situados. Neste estudo atribuiu-se que todas as obras devem estar localizadas na cidade de Porto Alegre, de maneira que possuam o mesmo grau de agressividade ambiental. Este critério de avaliação nos permite comparar se as fissuras presentes em cada unidade construtiva possui alguma relação ao seu surgimento em relação ao ambiente em que se encontra localizada.

#### 5.1.1.2 Idade das edificações

Outro parâmetro utilizado para escolha das obras está relacionado a sua idade. Definiu-se que os estudos se dariam em estruturas de concreto armado que obtiveram sua carta de Habite-se há no máximo cinco anos a contar da realização desta pesquisa.

#### 5.1.1.3 Tipo de estrutura

As edificações avaliadas tem sua estrutura constituída por pilares, lajes e vigas de concreto armado, e as paredes de vedação são compostas por blocos cerâmicos ou sistema do tipo *drywall*. Utilizou-se este tipo de estrutura considerando que a grande maioria dos edifícios em Porto Alegre é constituída por este sistema estrutural.

#### 5.1.1.4 Padrão de qualidade da obra

A última restrição atribuída refere-se ao padrão em que a obra está inclusa. Definiram-se três parâmetros para qualificar os empreendimentos:

- a) alto padrão;
- b) médio-alto padrão;
- c) médio padrão.

A classificação criada excluiu as obras de baixo padrão, devido ao fato de estes empreendimentos, com até cinco anos de uso, serem constituídos em sua maioria por alvenaria estrutural.

### **5.1.2 Inspeção das edificações escolhidas**

Após a escolha das edificações a serem vistoriadas, considerando as características específicas citadas no item anterior, iniciaram-se as inspeções nestas estruturas. Foram vistoriadas cinco obras, nas quais todo o processo de inspeção seguiu um roteiro pré-estabelecido, visando à otimização do tempo e da identificação das manifestações patológicas. A seguir, estão apresentadas as etapas do processo de inspeção.

#### 5.1.2.1 Ficha de inspeção

Buscando uma maior coerência entre os edifícios analisados, elaborou-se uma ficha de inspeção padrão. As informações constituintes na ficha são:

- a) data de entrega da obra;
- b) número de pavimentos;
- c) padrão da construção;
- d) tipo de unidades;
- e) quantidade de fissuras encontradas;
- f) locais das fissuras;
- g) prováveis causas de fissuras.

O preenchimento adequado desta planilha permite usá-la como uma ferramenta de organização dos dados coletados neste trabalho, e conseqüentemente, do controle das fissuras recorrentes em cada empreendimento.

Figura 15 – Modelo da ficha de inspeção utilizada

<b>Nome obra:</b>	<input type="text"/>									
<b>Empresa</b>	<input type="text"/>									
<b>Endereço:</b>	<input type="text"/>									
<b>Data de entrega da obra</b>										
	<input type="text" value="2011"/>	<input type="text" value="2012"/>	<input type="text" value="2013"/>	<input type="text" value="2014"/>	<input type="text" value="2015"/>					
<b>Nº pavtos</b>										
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>	
<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="13"/>	<input type="text" value="14"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="17"/>	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="19"/>	
<b>Padrão construção</b>										
Alto Padrão	<input type="checkbox"/>	Médio-Alto Padrão	<input type="checkbox"/>	Médio Padrão	<input type="checkbox"/>					
<b>Tipo de unidades</b>										
Comercial	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>							
<b>Quantidade de fissuras encontradas</b>										
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>	
<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="13"/>	<input type="text" value="14"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="17"/>	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="19"/>	
<b>Locais das fissuras</b>										
Laje de estacionamento	<input type="checkbox"/>	Alvenaria	<input type="checkbox"/>	Face viga/alvenaria	<input type="checkbox"/>					
Cobertura	<input type="checkbox"/>	Pilar	<input type="checkbox"/>	Face pilar/alvenaria	<input type="checkbox"/>					
Junta de dilatação	<input type="checkbox"/>	Viga	<input type="checkbox"/>							
Muro	<input type="checkbox"/>	Laje	<input type="checkbox"/>							
<b>Prováveis causas de fissuras</b>										
Deficiências de projeto	<input type="checkbox"/>	Contração plástica concreto	<input type="checkbox"/>							
Retração concreto	<input type="checkbox"/>	Assentamento concreto	<input type="checkbox"/>							
Reações expansivas	<input type="checkbox"/>	Perda aderência das barras de armadura	<input type="checkbox"/>							
Corrosão armadura	<input type="checkbox"/>	Movimentação fôrmas/escoras	<input type="checkbox"/>							
Recalque diferencial	<input type="checkbox"/>	Variação temperatura	<input type="checkbox"/>							
Dilatação térmica	<input type="checkbox"/>	Ações aplicadas	<input type="checkbox"/>							
Outros	<input type="checkbox"/>									

(fonte: elaborado pelo autor)



### 5.1.2.2 Procedimento de inspeção

Devido à dificuldade de acessar as unidades habitacionais, determinou-se que as áreas vistoriadas seriam as de uso comum. Houve casos em que foi permitida a entrada nos apartamentos, mas, por serem exceções, estes casos não foram tomados como regra e sim como um complemento da inspeção. Os locais inspecionados são:

- a) estacionamento;
- b) cobertura;
- c) área de lazer;
- d) hall;
- e) circulação.

Foram realizadas apenas inspeções visuais nos elementos das estruturas, não sendo realizados outros ensaios nestes elementos que poderiam caracterizar uma inspeção detalhada. As fissuras encontradas resultaram em registros fotográficos que são apresentados no próximo capítulo.

## 5.2 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Após a obtenção dos dados de cada obra, iniciou-se a fase de análise do material coletado. As fissuras foram primeiramente identificadas de acordo com a tipologia das mesmas. Posteriormente, foram identificadas as fissuras que eram recorrentes nas obras vistoriadas, ou seja, que apareciam em mais de uma edificação.

Ao término da fase de identificação das fissuras, deu-se início ao processo de investigação das fissuras com intuito de determinar as possíveis causas que levaram ao processo de fissuração, bem como das possíveis maneiras para diminuir ou evitar o aparecimento das mesmas.

## 5.3 PROPOSIÇÃO DE FLUXOGRAMA PARA EVITAR/DIMINUIR AS FISSURAS EM EDIFÍCIOS NOVOS

O produto final deste trabalho resultou na proposição de um fluxograma padrão que explicita as principais causas das fissuras recorrentes em edificações novas e como estas podem ser

evitadas. Este fluxograma poderá ser utilizado por engenheiros e arquitetos para auxiliar na redução do aparecimento de fissuras em edifícios novos.

Posteriormente, o fluxograma padrão foi aplicado para cada uma das fissuras recorrentes das obras vistoriadas, de maneira a exemplificar o uso do fluxograma em situações reais.

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir das inspeções realizadas. Os resultados apresentados são referentes aos diagnósticos realizados nas fissuras presentes das obras inspecionadas, podendo assim identificar as fissuras mais recorrentes e explicitar as causas de seu surgimento. Ainda neste capítulo, são apresentados também os fluxogramas das fissuras, as causas mais recorrentes e como elas podem ser evitadas.

### 6.1 INSPEÇÃO VISUAL

As inspeções visuais realizadas nas obras resultaram em relatórios fotográficos, nos quais consta toda a relação de fissuras encontradas nas respectivas obras. Nesta etapa serão apresentadas e descritas todas as fotografias obtidas com intuito de esclarecer o ambiente retratado nas imagens.

#### 6.1.1 Obra 1

A obra 1 está localizada no bairro Passo D'Areia e possui duas torres com 15 andares. As divisórias internas são em *drywall*, enquanto que as paredes externas e de divisas com outros apartamentos são compostas por blocos cerâmicos. A obra é considerada de médio-alto padrão, foi finalizada em novembro de 2014 e a emissão do Habite-se parcial ocorreu em agosto do mesmo ano. Na sequência, são apresentadas as fissuras observadas nas áreas vistoriadas da edificação.

A ilustração da figura 16 (a) mostra uma fissura localizada na rampa de acesso ao estacionamento, caracterizada pelo sentido transversal à rampa seguindo em direção ao muro, no qual a fissura também está presente, conforme visto na figura 16 (b).

Figura 16 – (a) fissura na rampa de acesso ao estacionamento e  
(b) detalhe que evidencia fissura na rampa e muro



(fonte: fotos do autor)

A figura 17 (a) apresenta uma fissura localizada na parede da unidade comercial, estendendo-se em todo seu comprimento, situando-se aproximadamente há 30 cm de altura, no encontro entre viga e alvenaria. A figura 17 (b) ilustra o processo de reparo dessa fissura.

Figura 17 – (a) fissura longitudinal em toda extensão da parede e  
(b) início do processo de reparo da fissura



(fonte: fotos do autor)

A figura 18 (a) mostra a distribuição das fissuras que se estendem ao longo de toda laje do estacionamento descoberto. Para ilustrar a espessura da fissura, a mesma foi comparada com uma chave de carro, como ilustra a figura 18 (b).

Figura 18 – (a) visão panorâmica da área de distribuição das fissuras e  
(b) aspecto da fissura em comparação proporcional a uma chave



(fonte: fotos do autor)

Nas figuras 19 (a) e 19 (b) pode-se perceber uma fissura situada na fachada da entrada do estacionamento do empreendimento. Trata-se de uma fissura que se estende em toda parede e está localizada no encontro entre viga e alvenaria.

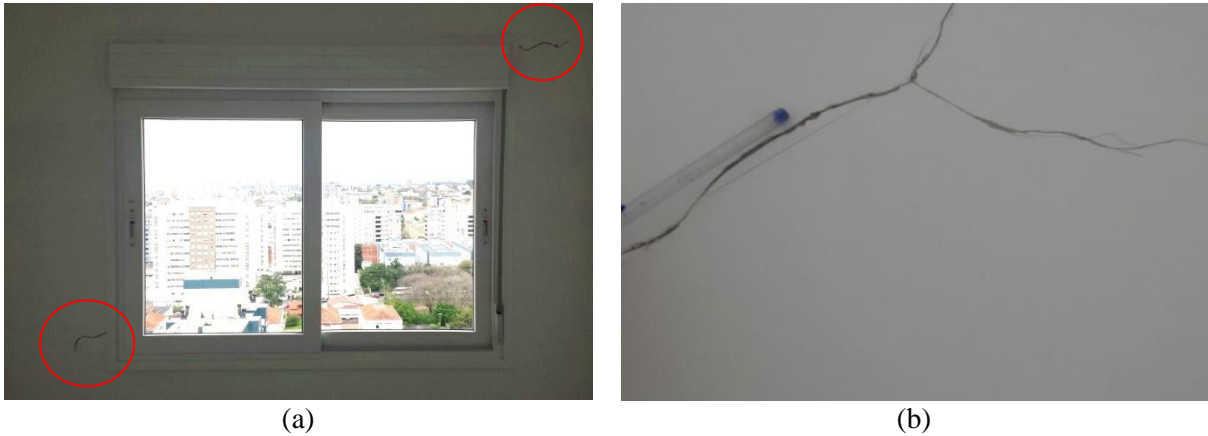
Figura 19 – (a) fachada do acesso ao estacionamento descoberto e  
(b) visão aumentada evidenciando a fissura da fachada



(fonte: fotos do autor)

A figura 20 (a) representa um dormitório de um dos apartamentos vistoriados, em que a parede na qual está alocada a esquadria apresenta fissuras com inclinação de  $45^\circ$ . A dimensão da abertura da fissura está representada na figura 20 (b), onde se pode comparar a sua espessura com a de uma caneta.

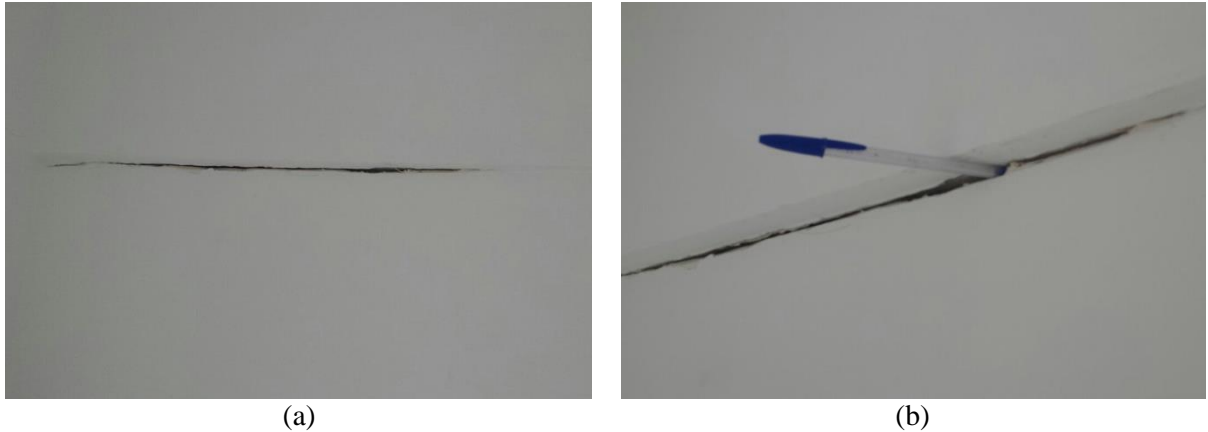
Figura 20 – (a) Conjunto de fissuras associadas à esquadria e  
(b) aumento da região superior direita da parede na qual está presente uma das fissuras



(fonte: fotos do autor)

No mesmo cômodo das figuras anteriores, observa-se nas figuras 21 (a) e 21 (b) uma fissura com espessura de aproximadamente 7 mm entre a última fiada de alvenaria e a viga.

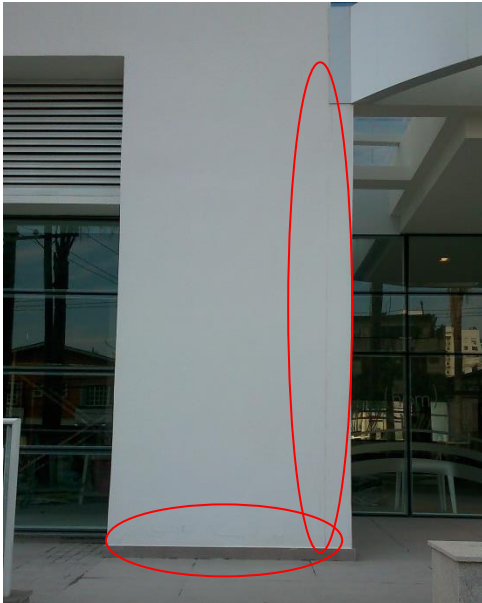
Figura 21 (a) – fissura desenvolvida entre viga e alvenaria e  
(b) comparativa da espessura da fissura em relação a uma caneta



(fonte: fotos do autor)

No hall do empreendimento foram identificadas duas fissuras na mesma parede. A figura 22 (a), de sentido longitudinal, se estende ao longo da parede, com uma extensão de aproximadamente 6 m. A outra fissura, ilustrada na figura 22 (b) apresenta sentido transversal e paralela ao piso, com uma altura em relação ao solo de aproximadamente 20 cm.

Figura 22 – (a) parede do hall contendo fissura longitudinais e  
(b) aspecto da fissura transversal em visão aproximada



(a)



(b)

(fonte: fotos do autor)

### 6.1.2 Obra 2

A obra 2 está localizada no bairro Bom Fim e possui uma torre comercial com 18 andares. As divisórias internas são em *drywall*, enquanto que as paredes externas e de divisas com outras salas são compostas por blocos cerâmicos. A obra é considerada de médio-alto padrão e foi finalizada em maio de 2015 e a emissão do Habite-se parcial ocorreu em dezembro de 2014. Na sequência são apresentadas as fissuras observadas nas áreas vistoriadas da edificação.

No muro do estacionamento descoberto desenvolveram-se múltiplas fissuras similares, caracterizadas pelo seu sentido transversal à parede. Na figura 23 (a) está ilustrado o muro, onde se referenciam as fissuras encontradas. Para uma melhor visualização, tem-se através da figura 23 (b) uma imagem aproximada das fissuras citadas, onde se pode ver a sua disposição no muro e a tentativa de reparo da mesma.

Figura 23 – (a) vista do muro do estacionamento descoberto e  
(b) fissura transversal com tentativa de reparo



(fonte: fotos do autor)

As figuras 24 (a) e 24 (b) apresentam uma fissura transversal no encontro do pilarete de sustentação da viga e a platibanda da cobertura do empreendimento.

Figura 24 – (a) disposição de fissura entre pilarete e alvenaria e  
(b) vista de outro ângulo da fissura



(fonte: fotos do autor)

Ainda na cobertura do empreendimento localizou-se uma fissura na viga de ancoragem de balancins, possuindo inclinação de aproximadamente  $45^\circ$  estendendo da lateral, figura 25 (a), até a parte superior, conforme figura 25 (b).



Figura 25 – (a) vista lateral da fissura e  
(b) vista superior da fissura



(fonte: fotos do autor)

No muro da rampa de acesso ao estacionamento descoberto, ilustrado na figura 26 (a), foram observadas fissuras longitudinais no encontro entre viga e alvenaria, ilustrado em detalhe na figura 26 (b).

Figura 26 – (a) visão geral do muro contendo a fissura e  
(b) visão em aumento exibindo a fissura permeada no muro



(fonte: fotos do autor)

As figuras 27 (a) e 27 (b) ilustram a fissura observada em uma das paredes de alvenaria localizadas no estacionamento. A parede citada encontra-se acima a junta de dilatação da edificação.

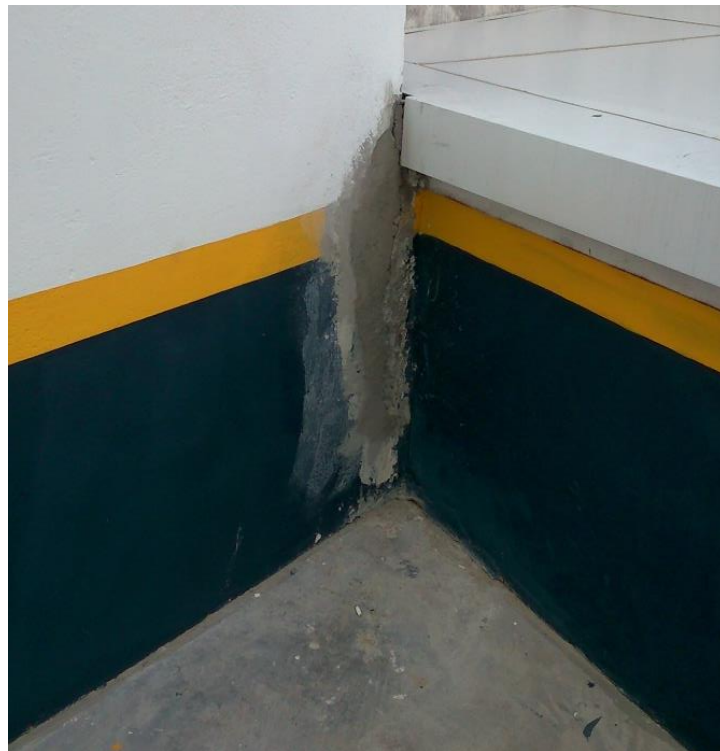
Figura 27 – (a) situação do local de abrangência da fissura e  
(b) vista aproximada da disposição da fissura



(fonte: fotos do autor)

A figura 28 retrata uma fissura localizada na união de dois muros presentes no estacionamento descoberto.

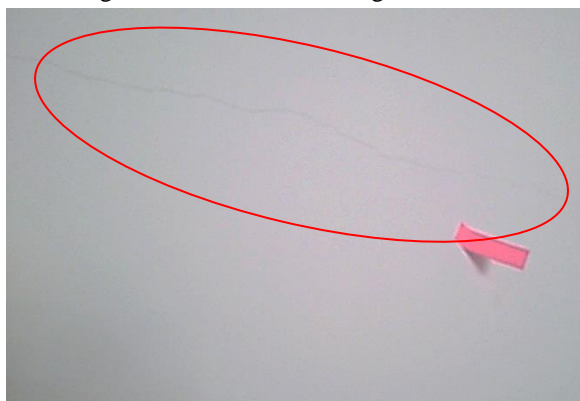
Figura 28 – Fissura na união de dois muros



(fonte: foto do autor)

Em uma das lojas comerciais do empreendimento foram encontradas fissuras que se estendem horizontalmente ao longo das paredes. Estas fissuras estão localizadas aproximadamente no encontro da última fiada de alvenaria com viga, representadas na figura 29.

Figura 29 – Fissura entre viga e alvenaria



(fonte: foto do autor)

Nas figuras 30 (a) e 30 (b) é possível identificar uma fissura situada entre o final da alvenaria do muro do estacionamento e o pilar de concreto.

Figura 30 – (a) fissura entre alvenaria e pilar e  
(b) fissura entre alvenaria e pilar



(fonte: fotos do autor)

### 6.1.3 Obra 3

A obra 3 está localizada no bairro Santana e é composta por uma torre de 9 andares. As paredes de vedação são de bloco cerâmico, e a obra é considerada de médio padrão. A obra

foi finalizada em fevereiro de 2015 e a emissão do Habite-se parcial ocorreu em outubro de 2014. Na sequência são apresentadas as fissuras observadas nas áreas vistoriadas da edificação. Nas figuras 31 (a) e 31 (b) pode ser observada uma fissura ao longo do muro do estacionamento, situada entre a viga e alvenaria.

Figura 31 – (a) ocorrência da fissura no muro do estacionamento e (b) visão ampliada da fissura observada no muro do estacionamento



(fonte: fotos do autor)

Outra fissura observada no empreendimento está localizada na platibanda do terraço, caracterizada pela sua disposição longitudinal e situada entre a viga e alvenaria, conforme ilustrado nas figuras 32 (a) e 32 (b).

Figura 32 – (a) panorama da fissura situada na platibanda do terraço e (b) ampliação da fissura situada na platibanda do terraço



(fonte: fotos do autor)

Durante a inspeção do subsolo evidenciaram-se fissuras ao longo da superfície do contrapiso de concreto armado, conforme figuras 33 (a) e 33 (b).

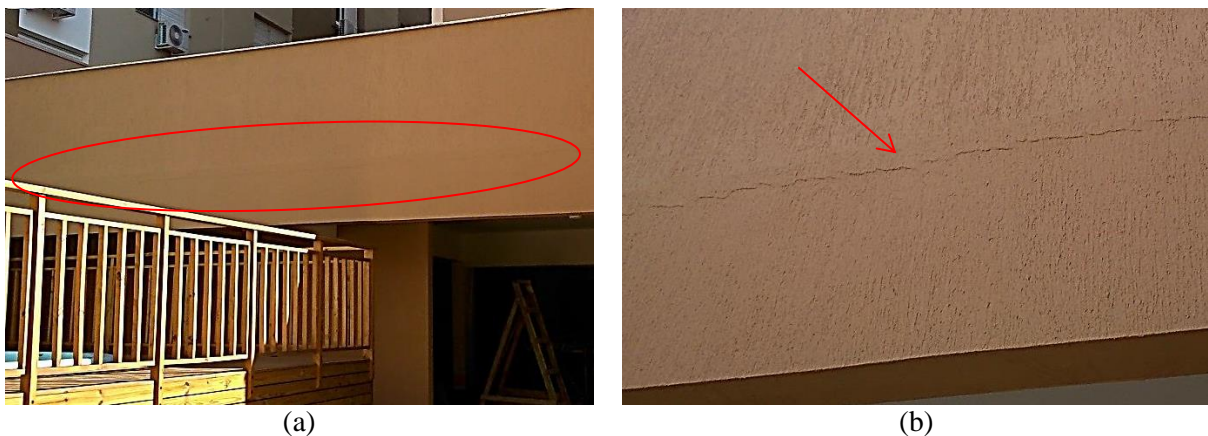
Figura 33 – (a) fissura localizada no contrapiso do estacionamento e  
(b) fissura localizada no contrapiso do estacionamento



(fonte: fotos do autor)

Na figura 34 (a) pode ser observada uma fissura similar a outras já citadas, caracterizada pela sua extensão longitudinal localizada entre a viga e alvenaria da platibanda do estacionamento. Através da figura 34 (b) tem-se uma aproximação da fissura.

Figura 34 – (a) localização da fissura na platibanda do estacionamento e  
(b) vista aproximada da fissura localizada na platibanda do estacionamento



(fonte: fotos do autor)

As figuras 35 (a) e 35 (b) mostram o aparecimento de uma fissura abaixo da viga, na qual está apoiada a alvenaria de fachada da edificação.

Figura 35 – (a) vista frontal da fissura localizada abaixo da viga da fachada e  
(b) vista inferior da viga fissurada



(fonte: fotos do autor)

Ao inspecionar um dos apartamentos do empreendimento observou-se uma fissura na parede da sala de estar, compreendida entre o final da alvenaria e início da viga, como retratam as figuras 36 (a) e 36 (b).

Figura 36 – (a) fissura entre viga e alvenaria e  
(b) visão em aumento exibindo fissura



(fonte: fotos do autor)

Dando sequência à inspeção, evidenciaram-se no mesmo apartamento citado acima, fissuras semelhantes em todos os quartos, conforme ilustrado nas figuras 37 (a) e 37 (b). Estas fissuras estão situadas entre a alvenaria e a viga e estendem-se ao longo de toda parede.

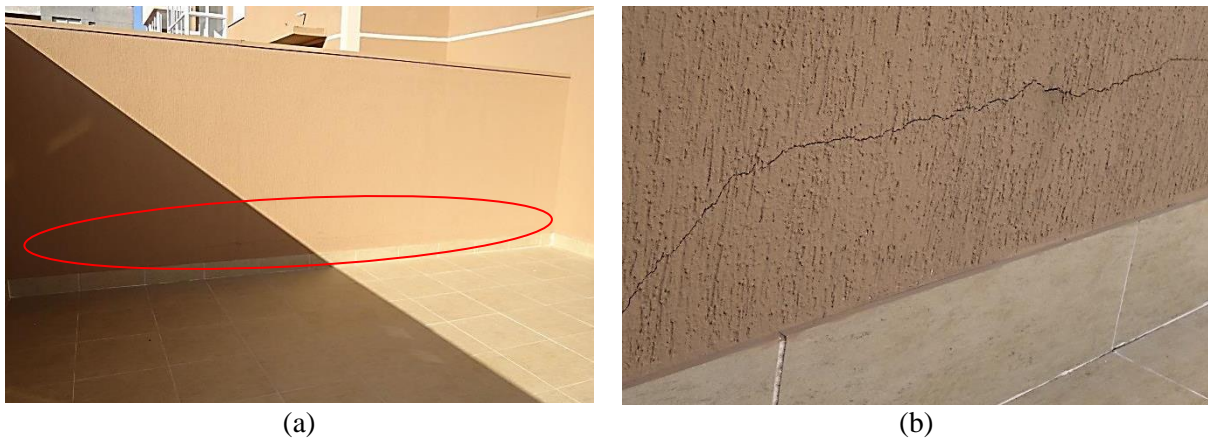
Figura 37 – (a) Parede do dormitório com presença de fissura e  
(b) aproximação da fissura localizada no dormitório



(fonte: fotos do autor)

A figura 38 (a) evidencia a manifestação de uma fissura na extensão da parede do terraço de um dos apartamentos. Na figura 38 (b), pode-se observar que a fissura está situada aproximadamente a 40 cm de altura e paralela ao piso.

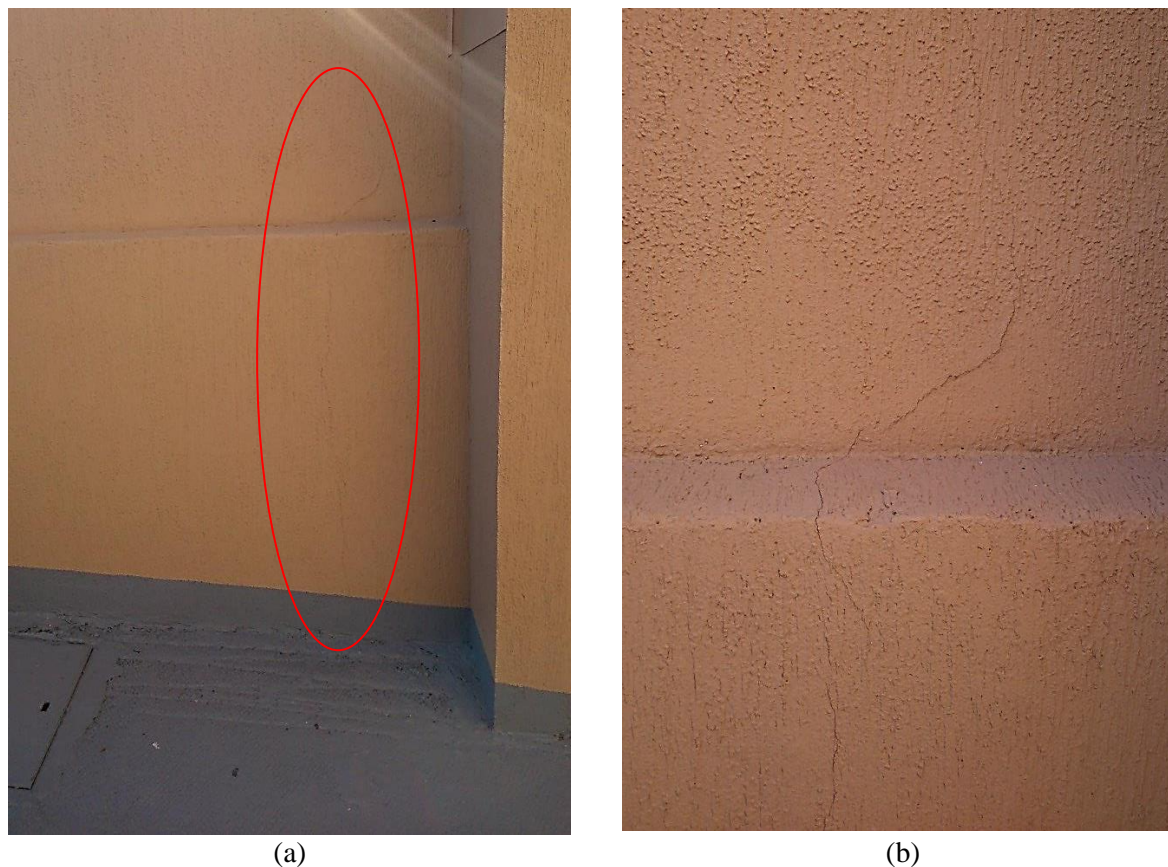
Figura 38 – (a) parede do terraço apresenta fissura longitudinal e  
(b) visão em aumento exibindo fissura na parede do terraço



(fonte: fotos do autor)

Representa-se através das figuras 39 (a) e 38 (b) a região de surgimento da fissura presente no muro de divisa do empreendimento, distinguindo-se pela sua direção transversal e de abrangência da base ao topo do muro.

Figura 39 – (a) muro com presença de fissura e  
(b) fissura transversal no muro de divisa



(fonte: fotos do autor)

#### 6.1.4 Obra 4

A obra 4 está localizada no bairro Bela Vista e possui uma torre de 14 andares. As divisórias internas são em tijolos maciços, assim como as paredes externas e de divisas com outros apartamentos. A obra é considerada de alto padrão e foi finalizada em julho de 2012 e a emissão do Habite-se parcial ocorreu em fevereiro do mesmo ano. Na sequência são apresentadas as fissuras observadas nas áreas vistoriadas da edificação.

Foram identificadas fissuras na estrutura de contenção do acesso ao estacionamento do subsolo, conforme ilustrado na figura 40 (a). Estas fissuras são caracterizadas pelas suas disposições dispersas ao longo da estrutura, como pode ser visto na figura 40 (b)



Figura 40 – (a) estrutura de contenção com presença de fissuras e (b) formato de dispersão das fissuras situadas na estrutura de contenção



(fonte: fotos do autor)

Presenciou-se também neste empreendimento, assim como nos anteriores, a presença de fissuras em toda extensão do contrapiso do estacionamento, conforme ilustrado na figura 41.

Figura 41 – Contrapiso do estacionamento com presença de fissuras



(fonte: foto do autor)

Na estrutura de contenção citada no caso anterior também se observou outra fissura, ilustrada na figura 42 (a). A figura 42 (b) retrata a fissura situada no topo da contenção e com direção longitudinal, que se estende por toda estrutura.

Figura 42 – (a) estrutura com presença de fissura e  
(b) sentido longitudinal da fissura



(a)



(b)

(fonte: fotos do autor)

A figura 43 (a) mostra a extensão da fissura ao longo da parede do estacionamento, com distribuição longitudinal e localizada a uma altura de 40 cm do nível do piso. Esta fissura pode ser melhor visualizada na figura 43 (b).

Figura 43 – (a) parede com fissura em toda sua extensão e  
(b) fissura localizada na parede do estacionamento



(a)



(b)

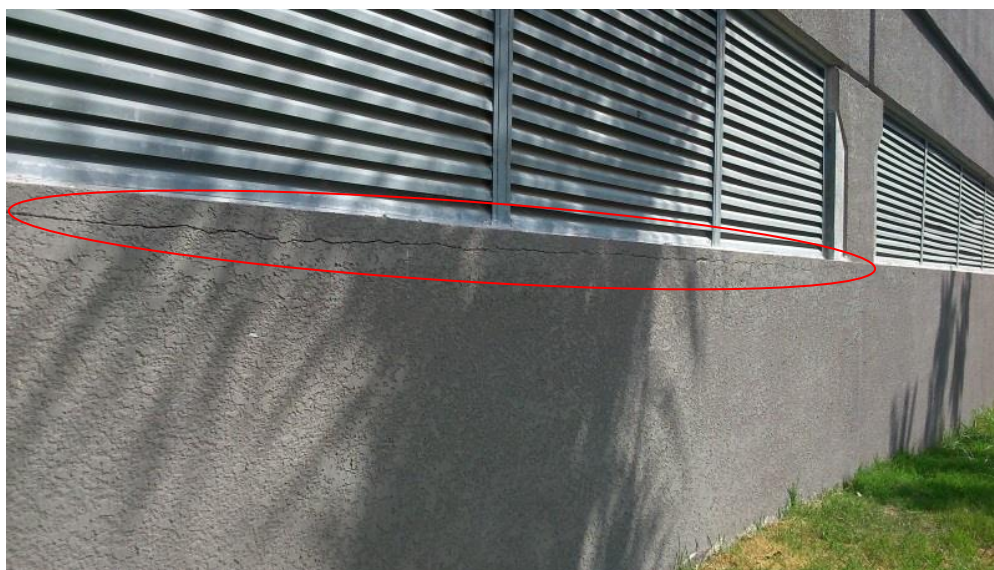
(fonte: fotos do autor)

### 6.1.5 Obra 5

A obra 5 está localizada no bairro Menino Deus e possui sete torres com 15 andares. As divisórias internas são em *drywall*, enquanto que as paredes externas e de divisas com outros apartamentos são compostas por blocos cerâmicos. A obra é considerada de médio-alto padrão e será finalizada em setembro de 2015 e a emissão do Habite-se parcial está prevista para julho de 2015. Na sequência são apresentadas as fissuras observadas nas áreas vistoriadas da edificação.

A figura 44 destaca uma fissura longitudinal ao longo da parede externa do empreendimento, situada próxima à esquadria metálica.

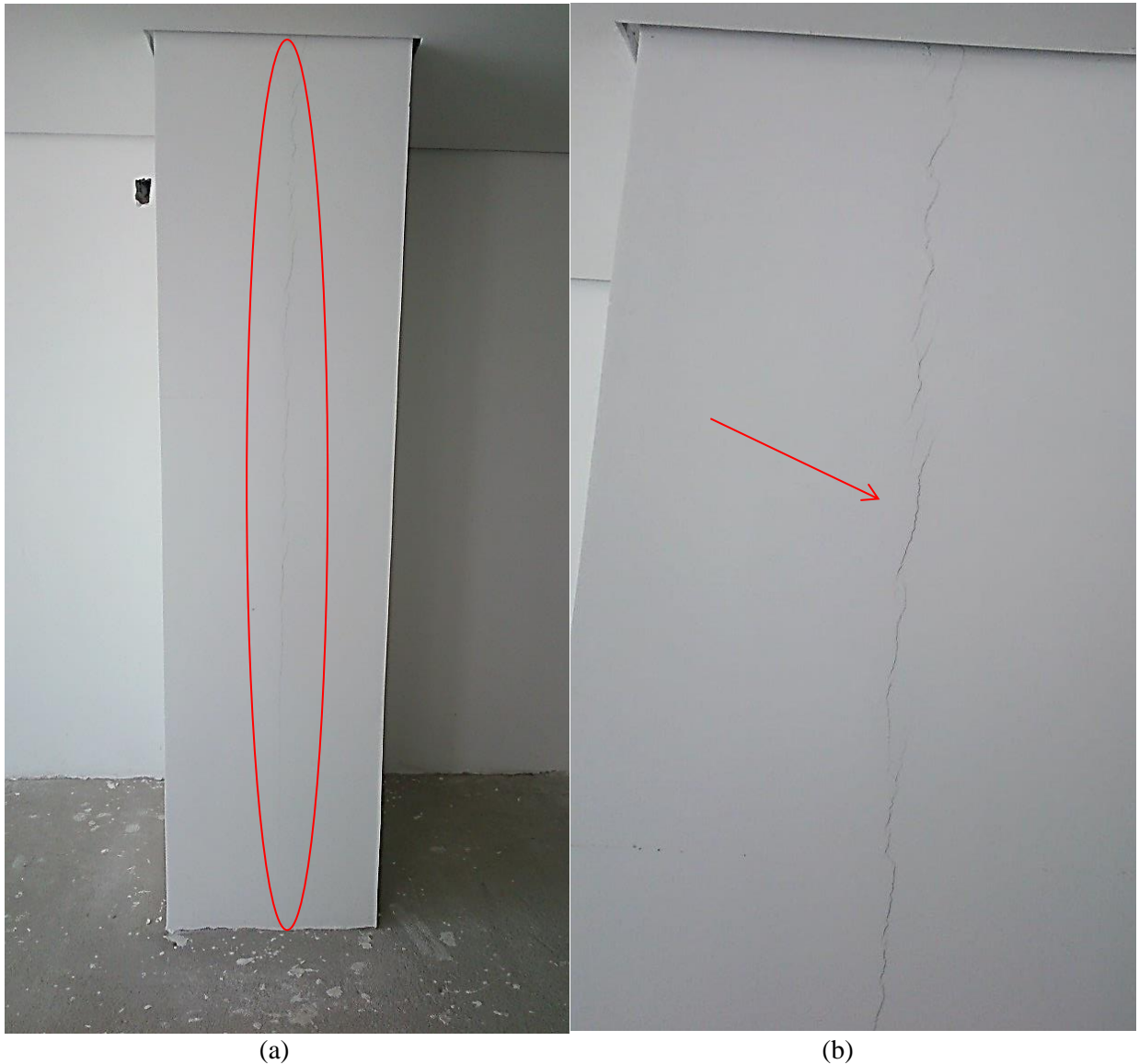
Figura 44 – Fissura longitudinal próximo à esquadria metálica



(fonte: foto do autor)

Durante a inspeção de um dos apartamentos, foi observada uma fissura longitudinal no *shaft* de tubulação hidráulica, conforme ilustra a figura 45 (a). Localizada no centro do elemento, a fissura se caracteriza pela sua distribuição em toda extensão do *shaft*, como pode ser visto na figura 45 (b).

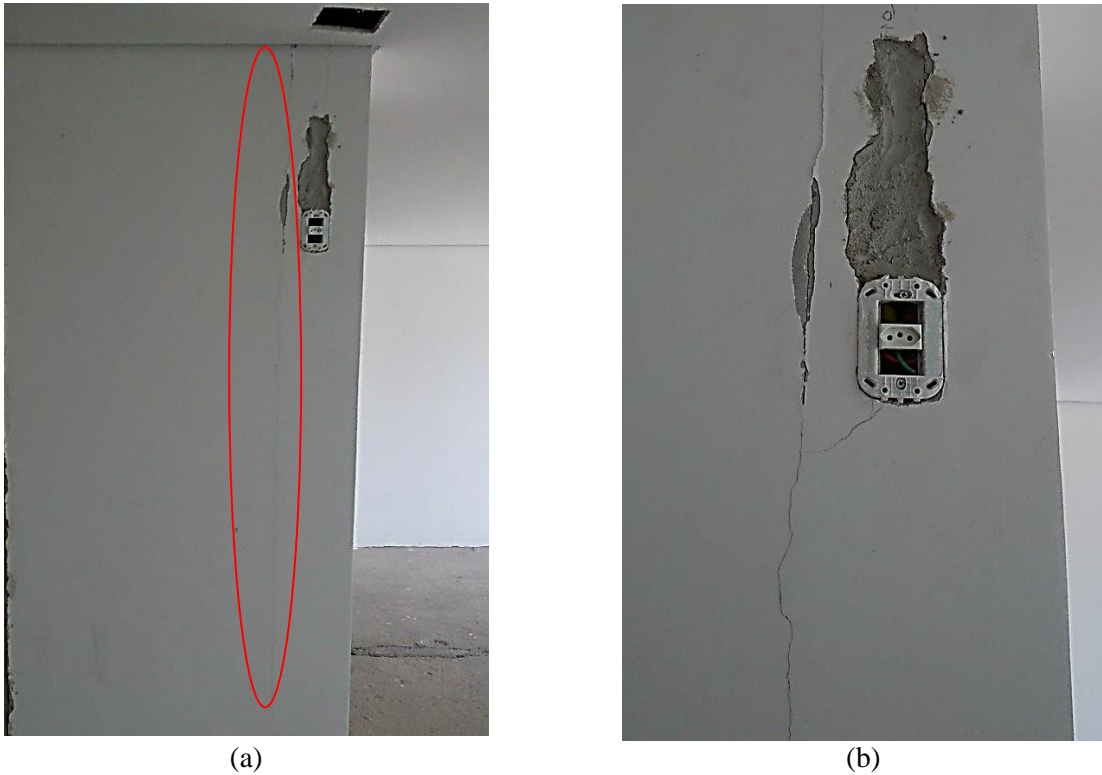
Figura 45 – (a) *shaft* com presença de fissura e  
(b) extensão da fissura localizada no *shaft*



(fonte: fotos do autor)

As figuras 46 (a) e 46 (b) retratam, no mesmo apartamento inspecionado no caso anterior, uma fissura similar em um dos pilares da edificação. Esta fissura possui a mesma característica do caso anterior, como o fato de ter direção longitudinal ao pilar.

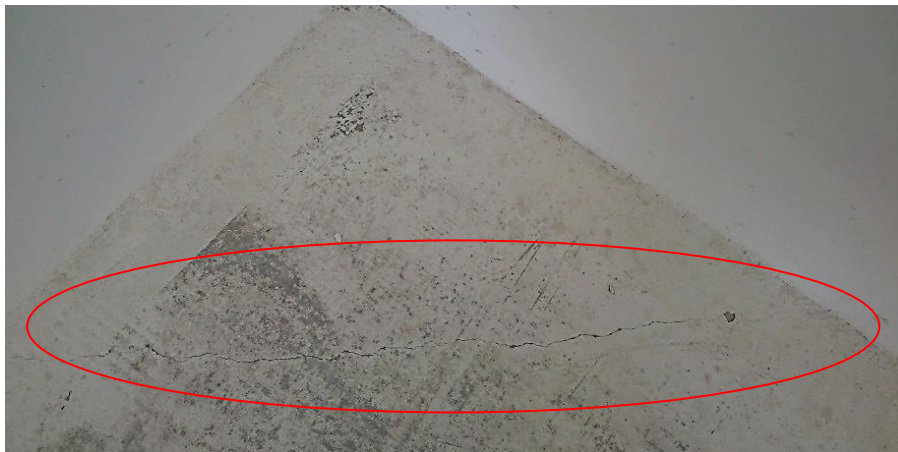
Figura 46 – (a) *shaft* apresenta fissura longitudinal e  
(b) aproximação da fissura situada no *shaft*



(fonte: fotos do autor)

Um dos registros obtido neste empreendimento é referente a uma fissura localizada na laje de um apartamento do 9º andar. A fissura, que pode ser vista na figura 47, tem por característica sua distribuição à 45° no plano da laje.

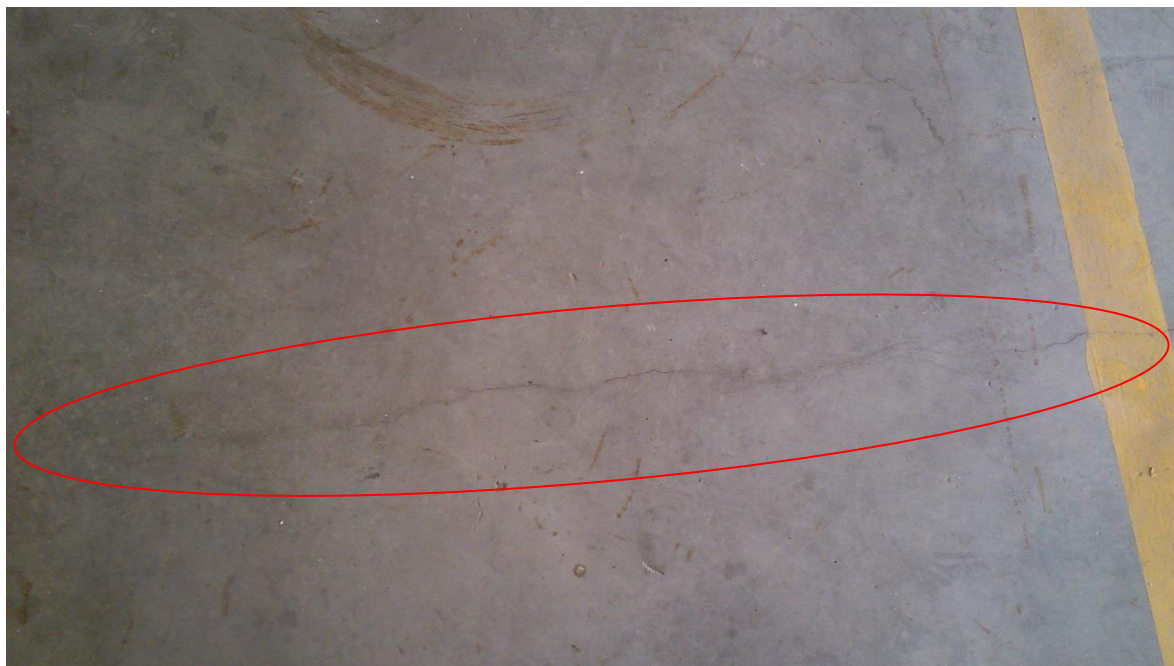
Figura 47 – Fissura a 45° no plano da laje



(fonte: foto do autor)

O último tipo de fissura observada neste empreendimento está localizado na laje do estacionamento, conforme pode ser observado na figura 48, que retrata uma das fissuras encontradas neste local.

Figura 48 – Fissura ao longo da laje do estacionamento



(fonte: foto do autor)

## 6.2 IDENTIFICAÇÃO DAS FISSURAS RECORRENTES

Nesta etapa do trabalho, foram avaliadas as fissuras que apresentam recorrência entre as obras vistoriadas. Definiram-se como fissuras recorrentes as fissuras que apresentaram as mesmas características (morfologia e possível causa) em no mínimo duas obras. Após a determinação das fissuras recorrentes, e para auxiliar na análise dos resultados, foi elaborado um gráfico que apresenta o número total de fissuras recorrentes encontradas em cada uma das obras.

Dentre as fissuras recorrentes encontradas podem-se citar as oriundas das juntas de dilatação, que foram observadas nas obras 1 e 2. Foram identificadas duas formas de ocorrência deste tipo de fissura, sendo que a primeira delas está representada nas figuras 16 e 27. Nestas imagens é possível visualizar elementos estruturais sobre a junta de dilatação da edificação sem nenhum tratamento para evitar o surgimento de fissuras. Na figura 22 também se verifica uma manifestação patológica semelhante, no entanto neste caso pode-se observar uma parede de alvenaria interligando duas estruturas independentes, criando assim uma união de dois

elementos que estão separados pela junta. A segunda forma de ocorrência de fissura oriunda de junta de dilatação está apresentada nas figuras 23 e 29, onde é possível perceber o surgimento das fissuras devido à inexistência da junta de dilatação em muros com grandes extensões e pela solidificação no encontro de dois muros independentes.

As fissuras ocasionadas por contração plástica do concreto foram recorrentes em quase todas as obras analisadas, sendo ilustradas nas figuras 18, 33, 41 e 48. Conforme referenciado no capítulo 4, as fissuras geradas por esse fenômeno possuem uma disposição superficial no concreto muito característica. Através das figuras pode-se facilmente identificar estas fissuras pelo fato de serem paralelas entre si e com aproximadamente 45° em relação ao canto da laje.

Outra tipo de fissura recorrente em todas as obras são as originadas pela dilatação térmica na união entre diferentes materiais, que no caso das obras vistoriadas representam o encontro de alvenaria de tijolos cerâmicos e a estrutura de concreto armado. Conforme pode ser visto nas figuras 17, 19, 24, 26, 30 a 32 e 34 foram encontradas três configurações de união dos materiais citados. O primeiro caso está relacionado à união entre paredes de alvenaria e pilares de concreto. O segundo caso também refere-se às paredes; no entanto quando estão sobrepostas às vigas de concreto armado. O último caso é no encontro da última fiada de alvenaria e a face inferior da viga.

Em duas obras foram encontradas fissuras semelhantes relacionadas à deficiência de execução, conforme ilustrado nas figuras 38 e 43. Estas fissuras são caracterizadas por sua extensão longitudinal e pela mesma altura em relação ao solo, que parece ser coincidente com a altura utilizada para impermeabilização (colocação de mantas) nas áreas externas. Desta forma, caracteriza-se essa fissura como o resultado da tentativa de homogeneidade e aderência do reboco após o serviço de impermeabilização.

Nas obras 1, 2 e 3 foram encontradas fissuras relacionadas a falhas de encunhamento, conforme ilustrado nas figuras 21, 29 e 36. Essas fissuras são muito características devido a sua extensão longitudinal e a sua localização, no encontro da última fiada de alvenaria com a estrutura de concreto armado do pavimento superior.

Na tabela 2 estão relacionadas as fissuras com maior grau de recorrência em relação a cada obra analisada, em termos de quantidade de fissuras.

Tabela 2 – Fissuras recorrentes em cada obra

	<b>Obra 1</b>	<b>Obra 2</b>	<b>Obra 3</b>	<b>Obra 4</b>	<b>Obra 5</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Dilatação térmica entre materiais</b>	3	4	4	0	2	<b>13</b>
<b>Contração plástica concreto</b>	1	0	1	1	1	<b>4</b>
<b>Revestimento de argamassa sobre manta</b>	0	0	2	3	0	<b>5</b>
<b>Encunhamento</b>	1	1	2	0	0	<b>4</b>
<b>Junta de dilatação</b>	2	3	0	0	0	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>31</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

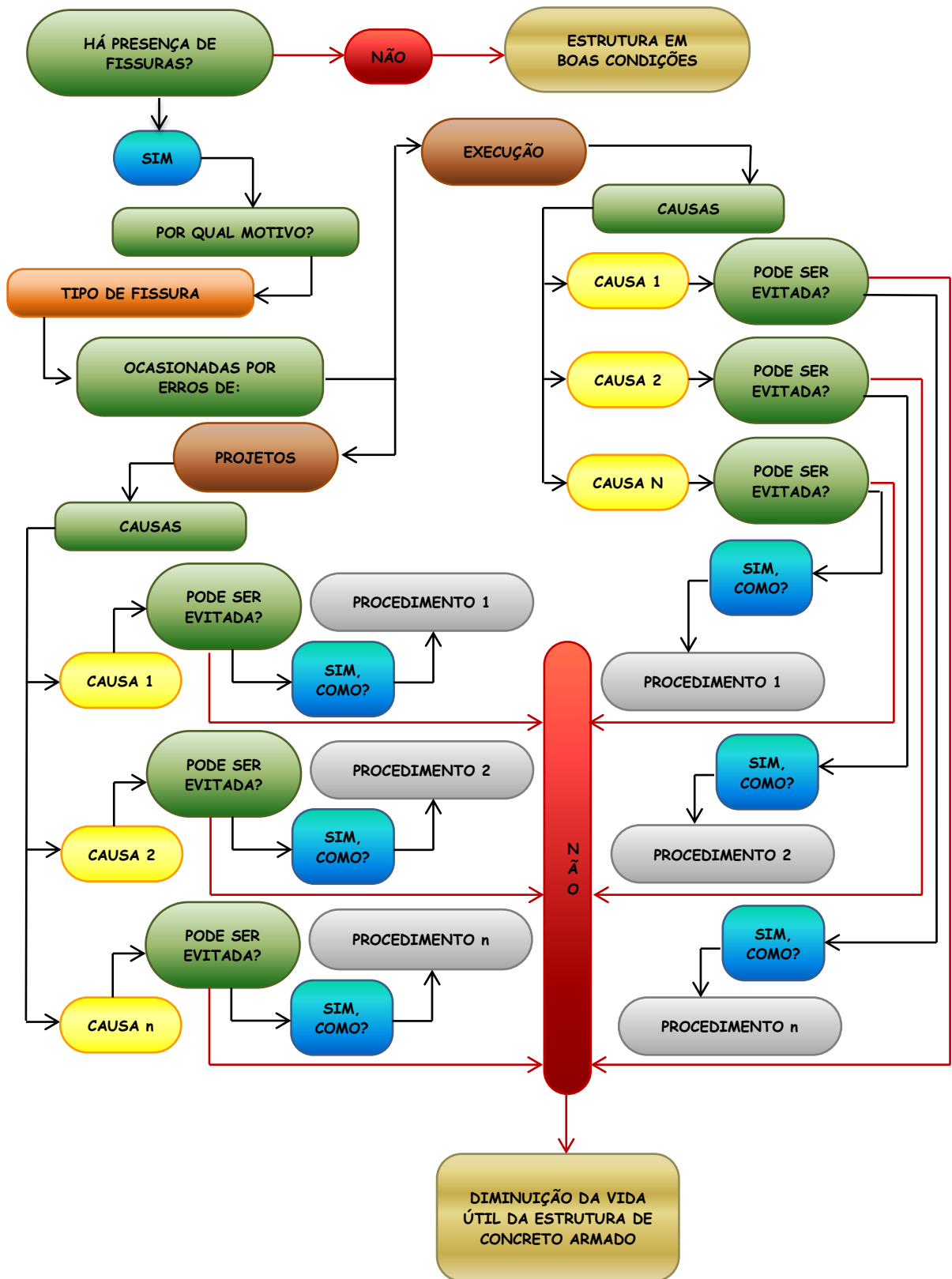
### 6.3 CAUSAS DAS FISSURAS RECORRENTES

Após a fase de identificação das fissuras recorrentes, iniciou-se a etapa de análise das possíveis causas que acarretam no surgimento destas fissuras. Através da descrição dos fatores que levam ao aparecimento dessas manifestações patológicas, elaborou-se um fluxograma padrão, ilustrado na figura 49. A ideia deste fluxograma é auxiliar o meio técnico na tomada de decisões para evitar ou diminuir o aparecimento de fissuras em edifícios novos de concreto armado. O intuito de representar estas informações por meio de um fluxograma está relacionado à representação esquemática dos processos de fissuração, que é uma forma simples e direta de observar as possíveis causas e como as mesmas podem ser evitadas.

O fluxograma abaixo mostra que as causas das fissuras em edifícios novos são principalmente originadas por erros de projeto ou de execução, não se enquadrando as causas oriundas da utilização da edificação pelo curto período a que foi submetida ao uso, por se tratar de uma edificação nova. O fluxograma também mostra as possíveis soluções que podem ser tomadas para que as fissuras não se tornem recorrentes.



Figura 49 – Fluxograma padrão das principais causas das fissuras recorrentes



(fonte: elaborado pelo autor)

Na sequência estão apresentados os casos de fissuras recorrentes observadas neste trabalho, com a devida aplicação prática do fluxograma padrão apresentado na Figura 49.

### **6.3.1 Causas das fissuras relacionadas a juntas de dilatação**

A junta de dilatação tem como função separar duas estruturas independentes e permitir que ambas se movimentem (principalmente devido aos esforços térmicos) sem que haja transmissão de esforços entre si. No entanto observaram-se alguns problemas na concepção das juntas de dilatação, o que resulta no surgimento de fissuras. O aparecimento dessas fissuras é normalmente originado pela má definição da junta na fase de elaboração dos projetos ou também pela deficiência durante a execução da obra.

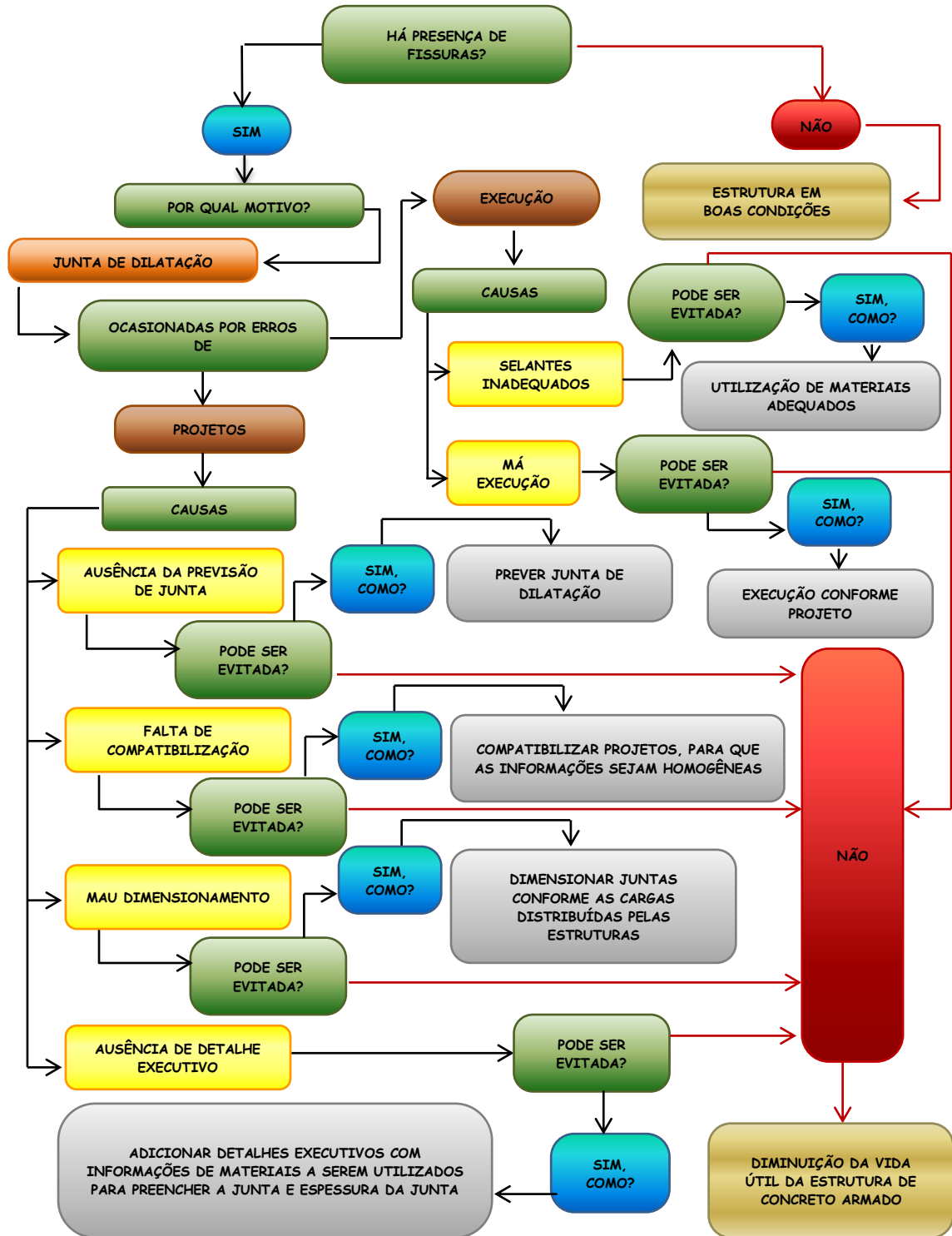
A ineficácia de um projeto bem dimensionado, no qual não existam detalhes construtivos relacionados às juntas resulta numa deficiência do produto, que neste caso é a estrutura de concreto armado. A falta de compatibilização de diferentes projetos também é um fator a se levar em conta, citando como exemplo um projeto estrutural que contemple a junta de dilatação e um projeto de elevação de alvenaria que não apresente esse mesmo detalhe. A heterogeneidade das informações neste caso pode dificultar o processo executivo da obra. Cita-se como os aspectos mais relevantes em relação a falhas de projetos os seguintes itens:

- a) Ausência da previsão de junta;
- b) Falta de compatibilização entre projetos;
- c) Mau dimensionamento da junta de dilatação;
- d) Ausência de detalhes executivos que visam instruir os operários de como realizar o procedimento correto.

Os projetos não são sempre responsáveis por esses tipos de fissuras, existem também muitos problemas relacionados à deficiência na execução. Em algumas situações, são também necessários ajustes de projeto que são realizados no canteiro de obras, cujas decisões podem ser tomadas sem o conhecimento do projetista original da edificação. O material utilizado pela obra também pode ser um fator relevante, a escolha de um material inapropriado pode prejudicar a qualidade do serviço.

A figura 50 apresenta o fluxograma apresentado na figura 49 aplicado às fissuras relacionadas à juntas de dilatação, evidenciando as principais causas relacionadas aos projetos e execução, relacionando a cada fissura uma possível solução para evitar seu surgimento.

Figura 50 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à junta de dilatação



(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.3.2 Causas das fissuras relacionadas à contração plástica do concreto

A contração plástica do concreto é basicamente a evaporação demasiadamente rápida da água presente no concreto ainda no estado plástico, resultando em fissuras superficiais e pouco profundas. As causas deste processo de fissuramento podem estar correlacionadas à problemas executivos e de planejamento dos projetos.

Durante a concretagem existem inúmeros aspectos que podem estimular o surgimento de fissuras. Para Dal Molin (1988, p. 150), os principais fatores são:

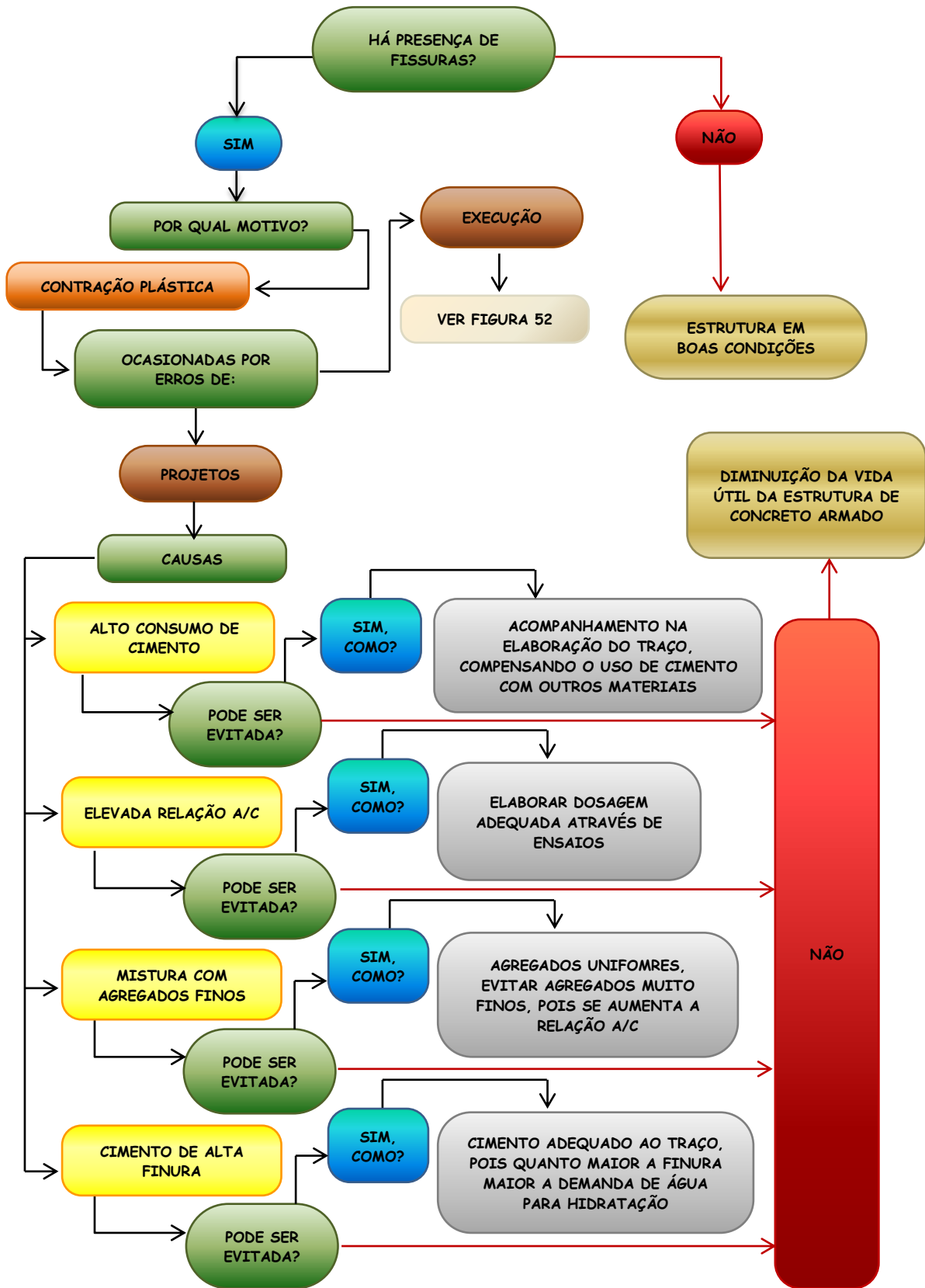
- a) baixa umidade relativa do ar;
- b) ventos na superfície do concreto;
- c) temperaturas ambientes elevadas;
- d) falta de proteção da superfície de concreto da ação direta do sol;
- e) excesso de vibração;
- f) agregados e fôrmas não saturados, resultando em absorção elevada.

O processo de planejamento de projeto também pode apresentar erros e ser determinante no aparecimento de fissuras. De acordo com Dal Molin (1988, p. 150), as falhas na especificação da correta composição do concreto são:

- a) alto consumo de cimento;
- b) elevada relação a/c;
- c) mistura com muitos agregados finos;
- d) cimento de alta finura e alta resistência.

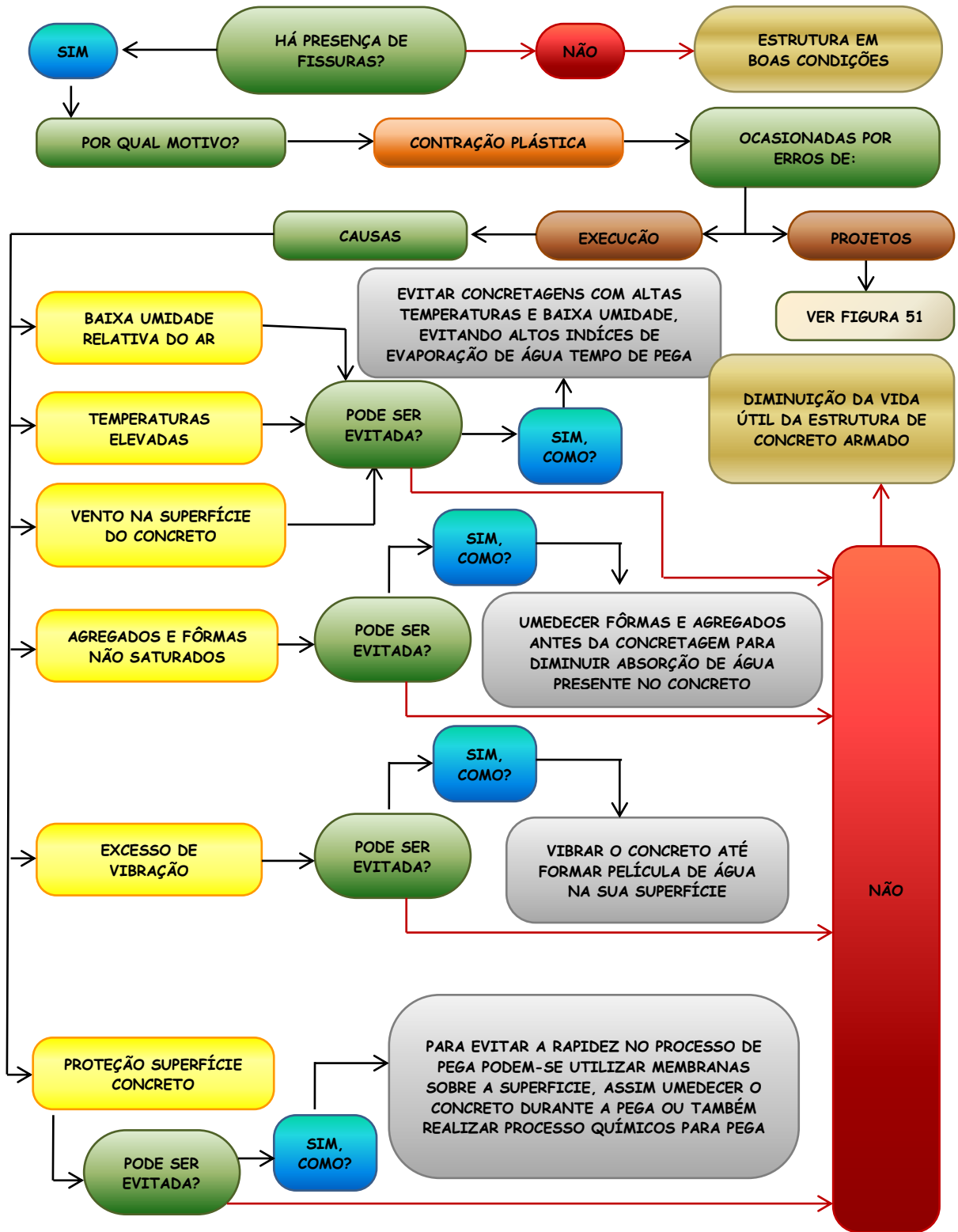
A figura 51 apresenta o fluxograma padrão aplicado às fissuras originadas pela contração plástica do concreto em relação a falhas de projeto, enquanto a figura 52 está relacionada a falhas de execução. Todas as causas citadas, dentre projetos e de execução, estão ilustradas neste fluxograma. Vinculado a essas causas recorrentes estão sugeridos procedimentos que devem ser adotados relacionados a evitar o surgimento dessas fissuras.

Figura 51 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à contração plástica do concreto aplicado a deficiências de projetos



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 52 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à contração plástica do concreto aplicado a deficiências de execução



(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.3.3 Causas das fissuras relacionadas à dilatação térmica na união entre diferentes materiais

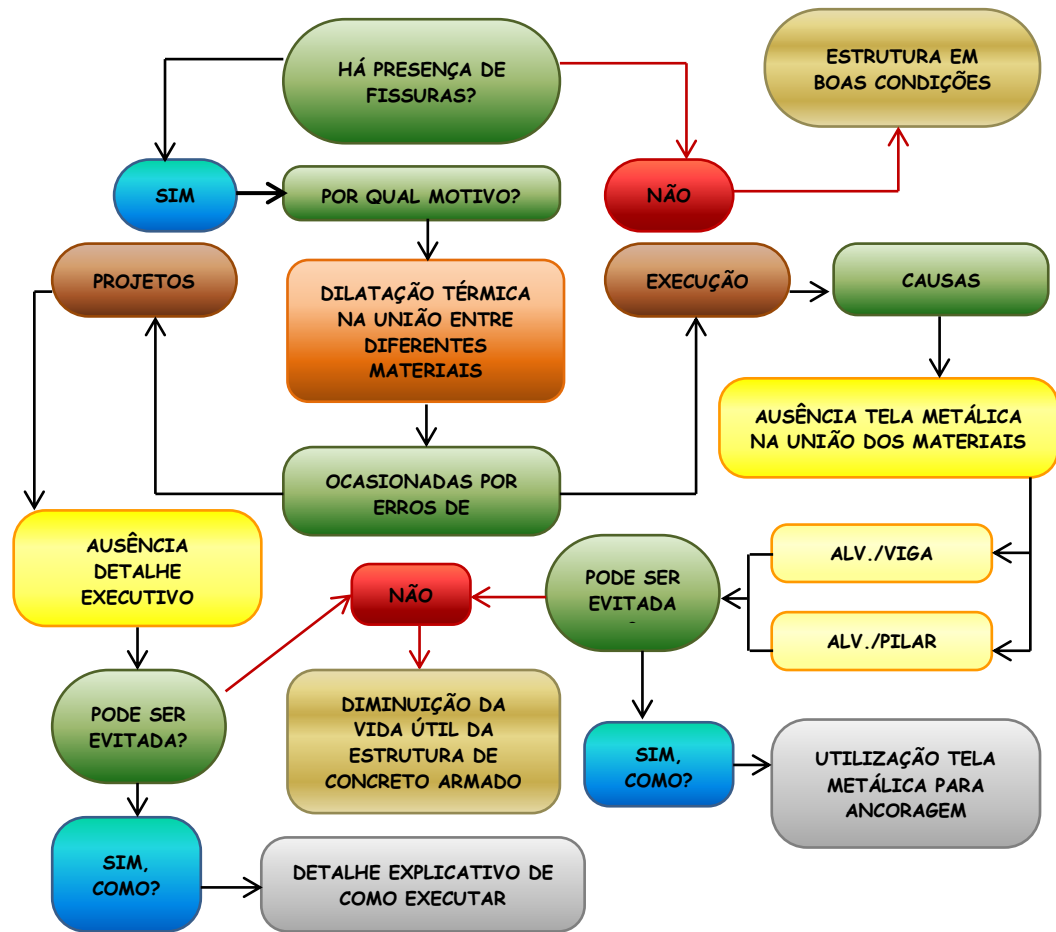
As fissuras ocasionadas pela dilatação térmica de diferentes materiais, quando postos de forma a ficarem unidos e homogêneos, estão relacionadas à incompatibilidade de deformações que cada material apresenta, oriunda de coeficientes de dilatação térmica diferenciados. Isto acontece, por exemplo, na união da estrutura de concreto armado com as paredes de alvenaria, sejam elas de blocos cerâmicos ou do tipo *drywall*. Quando uma determinada área de uma edificação for submetida a uma variação térmica, ocorrerá uma expansão ou contração térmica de seus elementos. No entanto, devido às diferenças de dilatação térmica, cada um dos materiais constituintes da edificação apresentará um grau de deformação iniciando o processo de fissuramento na interface entre os diferentes materiais. Esse processo ocorre, normalmente, quando não for utilizada uma tela metálica responsável pela ancoragem do reboco da estrutura e da alvenaria. Estas situações podem ser originadas tanto por deficiência de projeto como por problemas na execução.

As deficiências de projeto estão relacionadas à incompatibilização de projetos, nos quais podem apresentar informações divergentes relacionados a um mesmo local de aplicação. Cita-se como exemplo a modulação de um projeto de alvenaria, na qual quando representada em projetos estruturais possuem disposições diferentes. A ausência de detalhes executivos, como materiais a serem utilizados, espessuras de revestimentos, largura e espessura da tela metálica também são fatores prejudiciais relacionados aos projetos.

Durante o processo executivo também podem haver erros que comprometem a qualidade da estrutura, cita-se como exemplo a má execução do serviço, devido à utilização de materiais inapropriados e o não cumprimento das exigências de projeto.

A figura 53 apresenta o fluxograma padrão aplicado às fissuras originadas pela contração plástica do concreto. Todas as causas citadas, de projetos e de execução, estão ilustradas neste fluxograma. Vinculado a essas causas recorrentes, estão sugeridos procedimentos que devem ser adotados para evitar o surgimento de fissuras, devido à dilatação térmica na união de diferentes materiais.

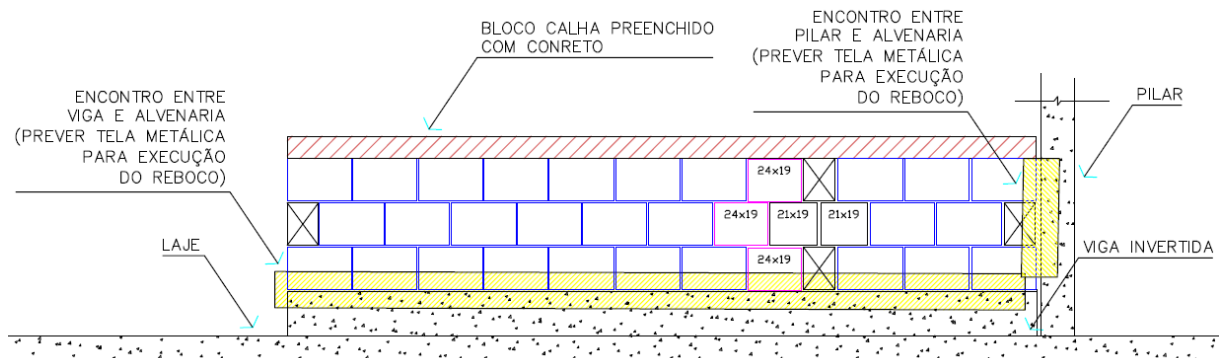
Figura 53 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas à dilatação térmica na união entre diferentes materiais



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 54 apresenta um croqui especificando um exemplo de encontro entre materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica. Esta interface ocorre tanto no encontro da parede com a viga, bem como da parede com o pilar.

Figura 54 – Croqui especificando encontro entre materiais de concreto e alvenaria



(fonte: elaborado pelo autor)



### **6.3.4 Causas das fissuras relacionadas às argamassas de revestimentos sob manta de impermeabilização**

As argamassas de reboco possuem uma característica específica que é a redução de seu volume durante a transição do estado plástico para sólido. Esse é um dos principais fatores que resultam em fissuras quando uma argamassa no estado plástico entra em contato com uma argamassa no estado sólido.

Tem-se como exemplo prático de união de argamassas em diferentes estados quando é executado o reboco sobre a manta impermeabilizante. Durante a execução do reboco em muros externos, normalmente se realiza o reboco até uma determinada altura em relação ao solo, prevendo a execução de um trecho posteriormente à colocação da impermeabilização. Após a aplicação da impermeabilização, dá-se a conclusão do revestimento. No entanto, caso não sejam previstas medidas para combater a contração do reboco aplicado posteriormente, tem início o processo de fissuramento na face de união das argamassas.

Relacionado a possíveis deficiências oriundas na fase de projeto tem-se os seguintes fatores explicitados pelo autor:

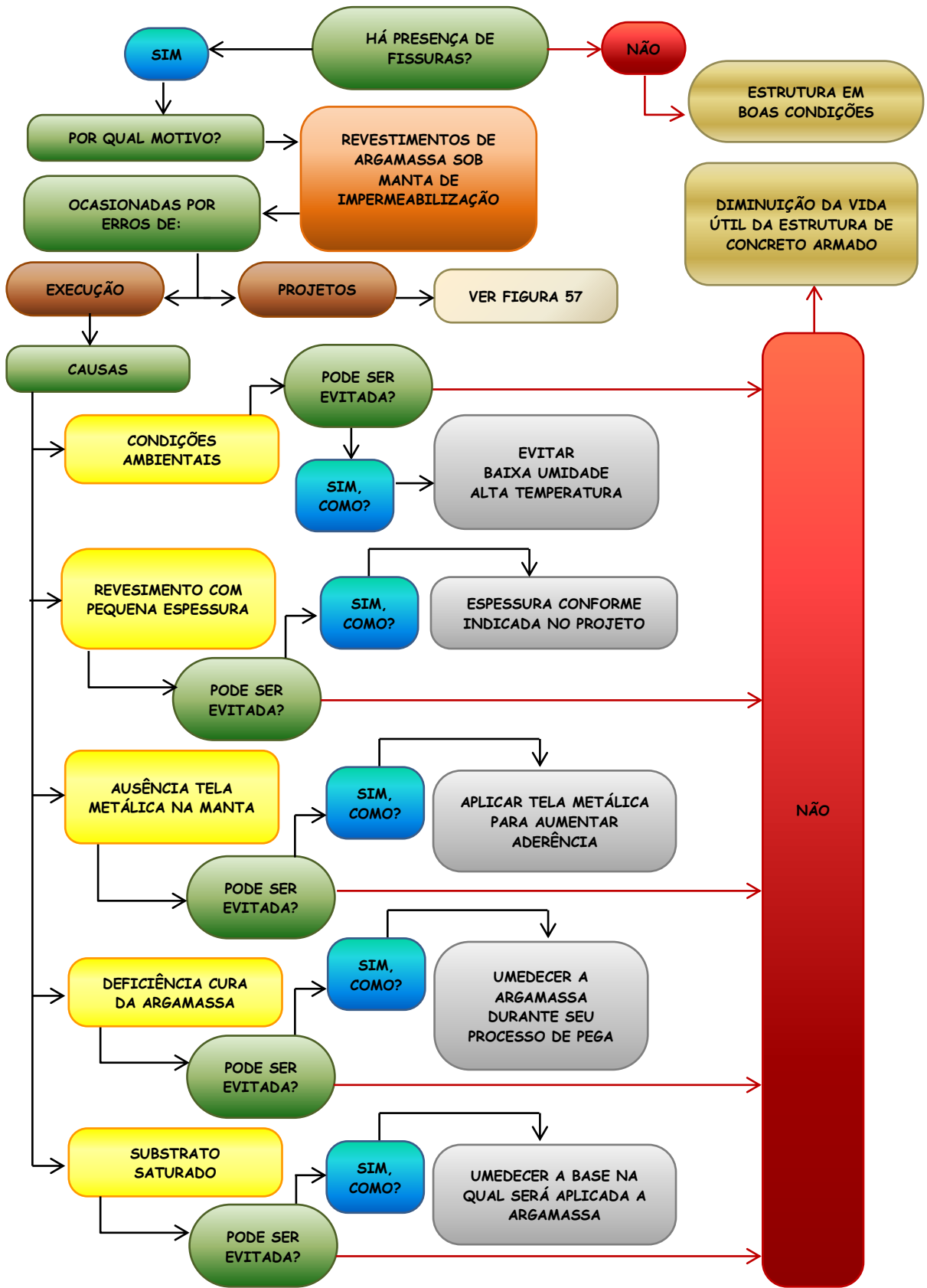
- a) Alto consumo de cimento presente na argamassa;
- b) Baixa quantidade de cal;
- c) Ausência de detalhes executivos.

Enquanto a falhas relacionadas ao processo executivo tem-se:

- a) Condições ambientais (temperatura e umidade);
- b) Revestimentos com pequena espessura;
- c) Ausência de tela metálica na manta de impermeabilização;
- d) Deficiência de cura da argamassa;
- e) Substrato não saturado.

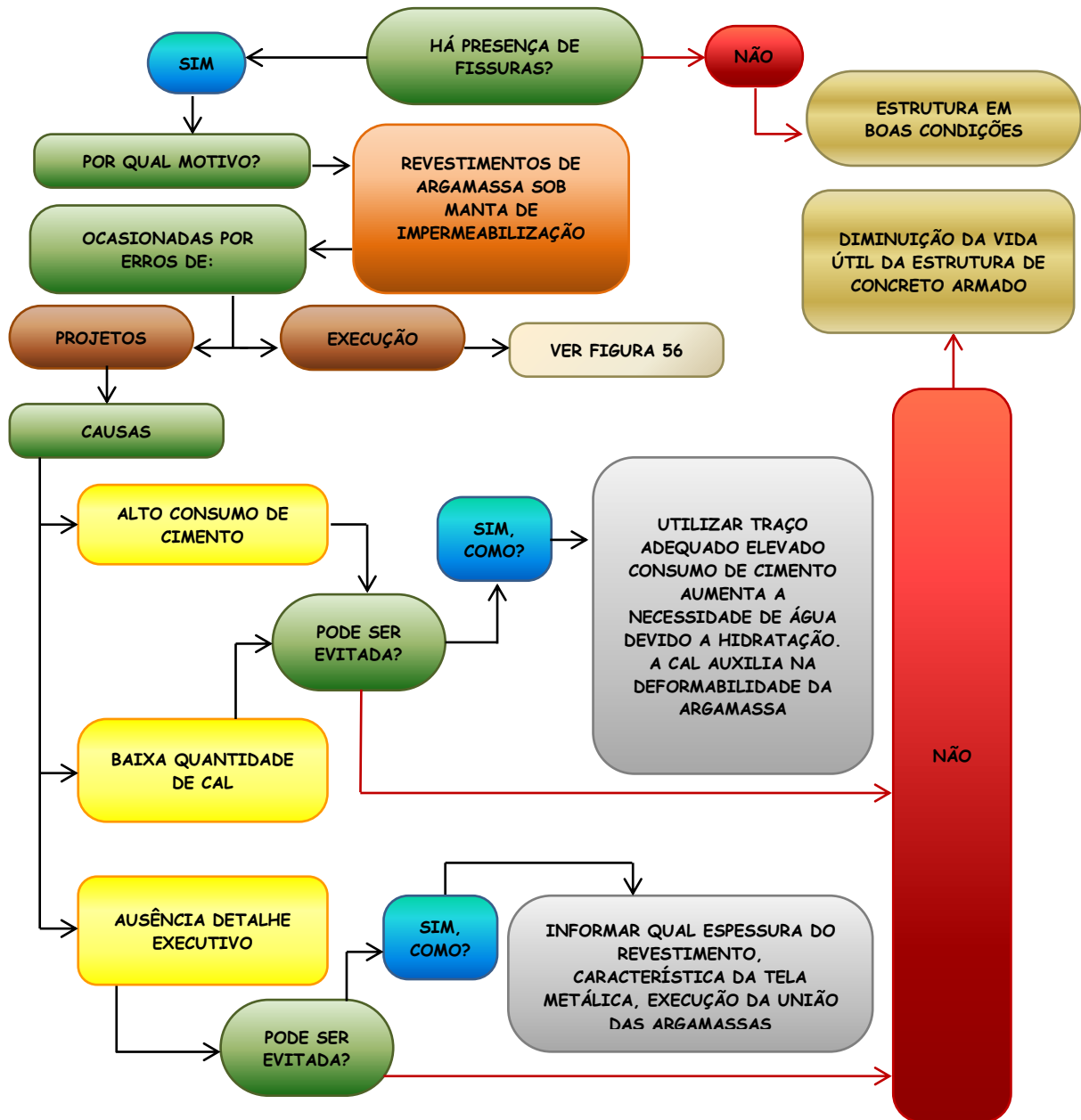
A figura 56 apresenta o fluxograma aplicado às fissuras relacionadas às argamassas de revestimentos sob manta de impermeabilização no que diz respeito a falhas de execução, enquanto na figura 57, são explicitadas as deficiências de projeto.

Figura 55 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas aos revestimentos de argamassas sob manta de impermeabilização em relação a falhas de execução



(fonte: elaborado pelo autor)

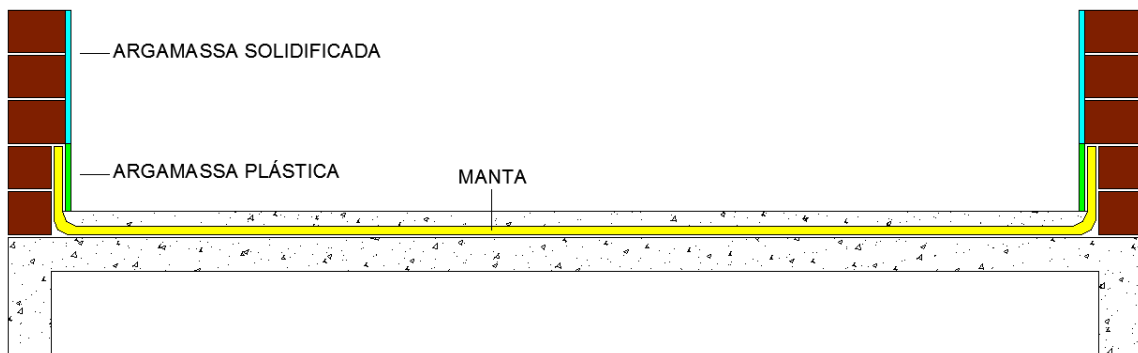
Figura 56 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas aos revestimentos de argamassas sob manta de impermeabilização em relação a falhas de projetos



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 57 ilustra a aplicação da manta impermeabilizante sobre a laje de concreto e engastando na parede de alvenaria. Pode-se perceber na cor azul a argamassa já solidificada e sem contato com a manta, enquanto a argamassa plástica, na cor verde, está revestindo o material impermeabilizante. O encontro das duas argamassas é o local de aparição das fissuras.

Figura 57 – Croqui especificando revestimentos de argamassas sob manta de impermeabilização



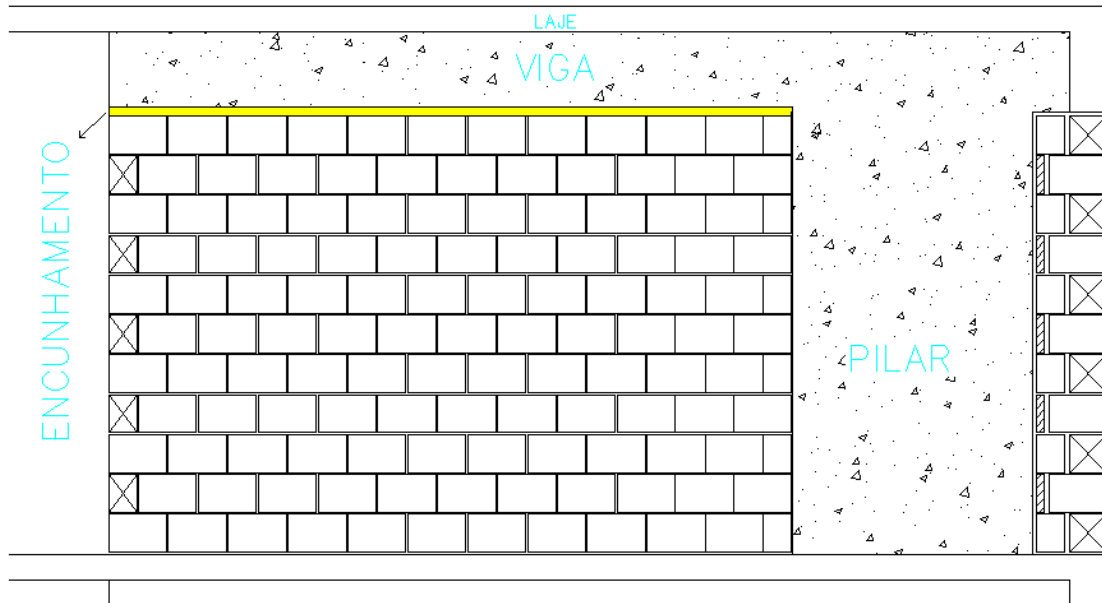
(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.3.5 Causas das fissuras relacionadas ao encunhamento

O encontro da estrutura de concreto com a alvenaria de vedação do pavimento inferior é uma região que está muito propensa ao surgimento de fissuras. Esse processo pode ocorrer devido à transmissão de cargas a que a estrutura está submetida para a alvenaria do andar inferior, ou também pelo processo de retração sofrido pela argamassa utilizada para encunhamento.

Na figura 58 está ilustrada a região em que as fissuras ocasionadas por falhas no encunhamento, sejam de projeto ou execução, ocorre. O encunhamento é uma das maneiras de garantir o encontro dos dois materiais (alvenaria e concreto), podendo ser por argamassa expansiva, representado pela cor amarela.

Figura 58 – Detalhe região denominada com a de encunhamento



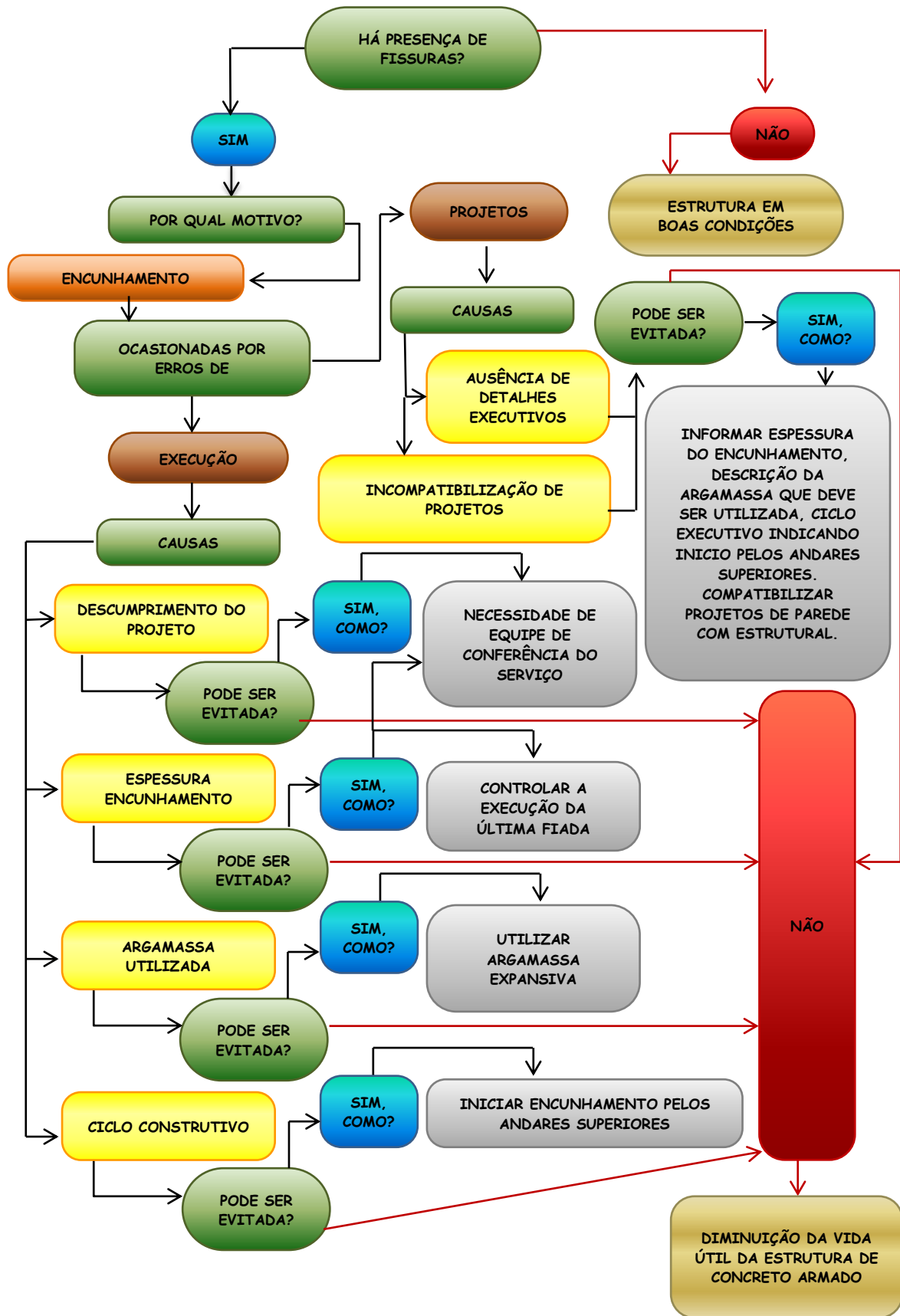
(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como todas as causas descritas neste trabalho, as fissuras ocorridas por falhas de encunhamento também estão relacionadas às fases de projeto e execução. O projeto mais utilizado para realização do encunhamento é o de paredes. Nele constam todas as informações necessárias para a elevação de alvenaria. No entanto, a ausência de informações, como espessura do encunhamento, descrição do material a ser utilizado e processo executivo deste serviço são determinantes para o surgimento de fissuras ao longo do tempo.

Durante a fase executiva da edificação podem haver falhas que comprometam a qualidade do produto. Essas deficiências podem ser relacionadas à utilização de argamassas inapropriadas para a realização de encunhamento, como as de revestimento e assentamento ao invés da argamassa expansiva, apropriada para tal fim. Comumente durante a execução não são respeitadas as definições de projeto, executando a alvenaria rente a estrutura de concreto não deixando folga para preenchimento com argamassa. O processo de encunhamento deve ser realizado dos andares superiores em direção aos inferiores. Isso se dá pela deformabilidade (mesmo que pequena) sofrida pela estrutura de concreto armado quando submetida ao peso próprio da alvenaria. A execução no sentido contrário pode resultar no surgimento de fissuras quando a alvenaria alcançar andares superiores.

A figura 59 apresenta o fluxograma aplicado às fissuras relacionadas ao encunhamento e as ações que podem ser realizadas visando o impedimento do surgimento das fissuras.

Figura 59 – Fluxograma das causas das fissuras relacionadas ao encunhamento



(fonte: elaborado pelo autor)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das inspeções realizadas em cinco obras avaliou-se neste trabalho o desempenho de estruturas em concreto armado consideradas como novas, em relação às fissuras encontradas. A partir da revisão bibliográfica, foi possível identificar os tipos de fissuras observados, agrupando-os pelas suas recorrências em diferentes obras e podendo assim analisar as causas do seu surgimento.

Os resultados alcançados neste trabalho, considerando as limitações impostas, não podem ser tomados como verdadeiros para todos os casos, devido à amostragem de apenas cinco obras não ser muito representativa da população total de edificações novas de concreto armado. Neste trabalho foi considerado que o aparecimento do mesmo tipo de fissura em duas obras já se torna recorrente. Desta forma, a análise realizada teve um enfoque mais qualitativo com relação à recorrência das fissuras. Mesmo com esse enfoque, as fissuras pré-estabelecidas no início da pesquisa como as mais recorrentes foram as que de fato foram observadas nas obras inspecionadas.

### 7.1 CONCLUSÕES

O processo construtivo, mesmo considerando os avanços tecnológicos observados, segue apresentando manifestações patológicas, principalmente relacionadas ao aparecimento de fissuras, em uma grande maioria dos empreendimentos construídos. A complexidade que envolve a elaboração de um projeto até a sua fase de execução, talvez seja a maior responsável pelo grande índice de manifestações patológicas encontradas em uma edificação.

Nesta situação, deveriam-se avaliar quais as possíveis soluções que podem ser adotadas para que se evitem as manifestações patológicas, podendo ser através da implantação de tecnologia nos processos executivos e/ou na inovação de materiais utilizados. O que se percebe no Brasil é a falta de investimento na qualificação da mão de obra e na qualidade de materiais utilizados, isso tudo porque normalmente se visa reduzir o custo e não melhorar a qualidade do processo. A falta de controle de qualidade do processo normalmente contribui para este problema.

No caso deste trabalho foram descritas a maioria das formas de fissuras conhecidas, permitindo que estas fossem comparadas com as que foram inspecionadas. Pelo conhecimento prévio dos locais que comumente apresentam fissuras, a sua busca se tornou mais rápida e focada. A utilização da planilha de conferência contribuiu para a determinação dos tipos de fissuras e locais encontrados, podendo-se assim obter maior controle e organização durante a inspeção.

Após as inspeções percebeu-se que as fissuras encontradas não possuíam um caráter estrutural e seguiram os tipos esperados. Desta forma, acredita-se que o trabalho realizado foi válido, mesmo com a realização da análise qualitativa, pois houve sinergia entre o resultado esperado e o que foi proposto. As fissuras mais recorrentes foram as relacionadas à contração plástica do concreto, à dilatação térmica na união entre diferentes materiais, à junta de dilatação e aos revestimentos com argamassas.

Salienta-se, entretanto, que apesar das fissuras terem um caráter não estrutural, o aparecimento das mesmas pode comprometer o aspecto estético da edificação. Além disso, caso não sejam tratadas, podem também levar ao aparecimento de outras manifestações patológicas, como por exemplo, umidade e aparecimento de fungos nas regiões onde foram desenvolvidas, entre outros.

Foi elaborado um fluxograma padrão que permite, de uma forma rápida e fácil, identificar as causas do aparecimento das fissuras e como estas poderiam ser evitadas. Este fluxograma foi aplicado às fissuras recorrentes nas obras inspecionadas. Espera-se que este fluxograma possa ser utilizado para auxiliar na redução do aparecimento das fissuras em edificações novas.

## 7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para os trabalhos futuros, pode-se sugerir a realização de levantamentos das principais soluções utilizadas para corrigir as fissuras que são recorrentes, podendo assim dar sequência no fluxograma elaborado.

Outra sugestão é a realização de uma análise do custo adicional que as construtoras teriam para evitar o aparecimento das fissuras observadas em seus empreendimentos, comparando com o custo que cada tipo de fissura teria para ser corrigida.



Pode-se também realizar um estudo focado no acompanhamento da execução de uma estrutura, analisando-se o processo executivo e verificar *in loco* quais as principais dificuldades que se tem durante sua a execução e, assim, ter uma ideia real de onde os problemas se originam.

Sugere-se, ainda, que seja realizado um estudo estatístico que permita identificar de maneira mais precisa a recorrência das fissuras em edificações novas, identificando-as em relação à diferentes variáveis, como por exemplo, a localização da obra, a incidência solar, os materiais empregados, o tipo de mão de obra, o padrão da edificação, entre outros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto – preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674**: manutenção de edificações: procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais – desempenho: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

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. 220 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios**: causas, prevenção e recuperação. 1 ed. São Paulo: Pini, 1989.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. 1. ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.