



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FÁBIO DE LIMA FRINHANI
MORGANA DE OLIVEIRA XAVIER PORTUGAL**

**ROTINAS DE INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO QUANTO À
IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FISSURAS**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 02

**BRASÍLIA/DF
OUT/2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FÁBIO DE LIMA FRINHANI
MORGANA DE OLIVEIRA XAVIER PORTUGAL**

ORIENTADOR: ELTON BAUER

**ROTINAS DE INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO QUANTO À
IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FISSURAS**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 02

**BRASÍLIA/DF
OUT/2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ROTINAS DE INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO QUANTO À
IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FISSURAS**

**FÁBIO DE LIMA FRINHANI
MORGANA DE OLIVEIRA XAVIER PORTUGAL**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 02 SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**PROF. DR. ELTON BAUER (UnB)
(ORIENTADOR)**

**PROF. DR. JOÃO HENRIQUE DA SILVA RÊGO (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**PROF^a. DR^a. JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 29 DE OUTUBRO DE 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

FRINHANI, FÁBIO DE LIMA; PORTUGAL, MORGANA OLIVEIRA XAVIER

Rotinas de Inspeção de Estruturas de Concreto Quanto à Identificação e Avaliação das Fissuras / Orientador Elton Bauer – Brasília, 2021.

77 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

Monografia de Projeto Final (Graduação – Engenharia Civil) - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2021.

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 1. Plano de Manutenção. | 2. Inspeção. |
| 3. Concreto Armado. | 4. Patologia. |
| I. ENC/FT/UnB. | II. Título. |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRINHANI, F. L.; PORTUGAL, M.O.X. ROTINAS DE INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO QUANTO À IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FISSURAS – Brasília. Monografia de Projeto Final - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORES: Fábio de Lima Frinhani e Morgana de Oliveira Xavier Portugal

TÍTULO: ROTINAS DE INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO QUANTO À IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FISSURAS

GRAU/ANO: Bacharel em Engenharia Civil/2021

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Fábio de Lima Frinhani
Cj. 1HI Rua 05. CEP: 72860-155
Novo Gama/GO – Brasil

Morgana de Oliveira Xavier Portugal
STN. Lote K. CEP: 70770-908
Brasília/DF – Brasil

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter nos dado forças para superar as dificuldades e nos guiado até aqui.

Aos nossos familiares, por todo o apoio durante esses anos, por todo amor, carinho e por acreditarem em nós.

Ao nosso orientador, Elton Bauer, pela disponibilidade e dedicação para a construção e elaboração desta monografia.

A Universidade de Brasília e ao corpo docente, pelos conhecimentos transmitidos ao longo desses anos.

Aos nossos amigos que fizeram parte desta jornada.

“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine.

E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria”.

RESUMO

A patologia mais encontrada nas estruturas de concreto é a fissuração. Para a manutenção das edificações, a análise e identificação correta do tipo de fissura apresentada é primordial para permitir as devidas correções e manter o desempenho, uso e durabilidade da edificação. Uma das principais etapas para realizar a manutenção é a inspeção. Durante o processo de inspeção, eventualmente, surgem certas dificuldades em tipificar as patologias de fissuração, tanto pela tipologia quanto pelas causas encontradas. O objetivo dessa pesquisa é propor uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico da fissuração em operações de inspeção de manutenção. A ferramenta auxilia o inspetor com as principais características que devem ser observadas para a correta identificação da fissura, facilitando o diagnóstico. Para a elaboração da ferramenta é realizado o levantamento das principais fissuras que ocorrem nas vigas, lajes e pilares, e em seguida, é feita a sistematização das causas e mecanismos que implicam no surgimento dessas fissuras. É proposto, como ferramenta de auxílio, um fluxograma, que conduz o inspetor durante a inspeção, por meio das principais características das fissuras, para uma conclusão mais assertiva quanto à causa da fissuração. A ferramenta proposta, denominada de FLUXOM, permite aplicar uma rotina de diagnóstico das fissuras que ocorrem nas vigas, lajes e pilares de concreto, sendo elaborado um fluxograma para cada um desses elementos estruturais.

Palavras chaves: Fissuras, Estruturas de Concreto, Inspeção, Manutenção, Patologias.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo geral	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Princípios da manutenção de edifícios	4
2.2. Plano de manutenção	4
2.3. Inspeções	9
2.4. Patologias das estruturas de concreto	10
I. Assentamento plástico	14
II. Retração plástica	17
III. Retração por secagem	21
IV. Retração superficial	22
V. Flexão	25
VI. Cisalhamento	30
VII. Tração	30
VIII. Compressão	31
IX. Torção	33
X. Punção	35
3. METODOLOGIA	37
4. RESULTADOS	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
7.1 Conclusões	47
7.2 Recomendações para trabalhos futuros	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	51
Apêndice A	51
Apêndice B	57
Apêndice C	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de plano de manutenção	8
Tabela 2: Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração em função das classes de agressividade ambiental	12

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução dos custos em função da fase de manutenção	5
Figura 2: Representação esquemática dos vários tipos de fissuras possíveis de ocorrer no concreto.....	13
Figura 3: Representação da formação do assentamento plástico	15
Figura 4: Representação de uma fissura no pilar causada por assentamento plástico ...	16
Figura 5: Representação de uma fissura devido a mudança de espessura causada por assentamento público	16
Figura 6: Representação de fissuras diagonais causadas por retração	17
Figura 7: Representação de fissuras aleatórias causadas por retração plástica	17
Figura 8: Representação de fissuras causadas por retração plástica seguindo as armaduras	18
Figura 9: Representação da formação de fissuras por retração plástica	19
Figura 10: Ábaco para estimar a taxa de evaporação de água	20
Figura 11: Fissuras devido à retração por secagem em laje concreto	21
Figura 12: Fissuras devido à retração em laje	21
Figura 13: Fissuras devido à retração em viga	22
Figura 14: Fissuras devido à retração por secagem em viga de concreto	22
Figura 15: Tensões geradas pelo menisco de água no poro de concreto	23
Figura 16: Gráfico para aproximação da retração em função do teor de cimento, relação água cimento e consumo de água	24
Figura 17: Fissuras geradas pela retração superficial em parede de concreto	25
Figura 18: Representação das fissuras ocorridas por flexão pura	25
Figura 19: Representação das fissuras ocasionadas por flexão composta	26
Figura 20: Representação das fissuras de flexão em vigas por momentos negativos ...	26
Figura 21: Representação das fissuras de flexão em vigas por momentos positivos	26
Figura 22: Fissuras de flexão em lajes armadas	27
Figura 23: Momentos volventes em laje	27
Figura 24: Fissuras por momentos volventes nas faces da laje	28
Figura 25: Espaçamento irregular das armaduras de laje	28
Figura 26: Armaduras negativas da laje de posição	29
Figura 27: Representação das fissuras em pilar ocasionadas por flexo-tração	29
Figura 28: Representação das fissuras ocasionadas pelo esforço cortante	30
Figura 29: Representação das fissuras de cisalhamento em vigas por insuficiência de armadura	30

Figura 30: Representação das fissuras ocorridas por tração	31
Figura 31: Fissuras no pilar submetido à flexão e compressão	31
Figura 32: Fissuras na viga devido à compressão gerada pela flexão	32
Figura 33: Fissuras em dente Gerber e console	32
Figura 34: Representação das fissuras em vigas ocorridas por esmagamento	33
Figura 35: Representação das fissuras ocorridas por tração	33
Figura 36: Esquema de forças atuantes em elemento finito com fissura por rotação ...	34
Figura 37: Situações que podem gerar fissuras de torção	34
Figura 38: Fissuras inclinadas devido à torção na laje	35
Figura 39: Fissuras de punção, face interior da laje	36
Figura 40: Fissuras de punção, face superior da laje	36
Figura 41: Caixa de texto do fluxograma	39
Figura 42: Ponto de decisão do fluxograma	39
Figura 43: Tela inicial do site	40
Figura 44: Janela disponível ao clicar na caixa de texto	40
Figura 45: Fluxograma para fissuras em viga	43
Figura 46: Fluxograma para fissuras em pilar	44
Figura 47: Fluxograma para fissuras em laje	45

1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado, quando em condições normais de utilização, são projetadas para oferecer uma vida útil de serviço prolongada em relação a outros elementos construtivos. Para se atingir a vida útil de projeto é necessário realizar manutenções periódicas. A Vida útil de Projeto (VUP) se caracteriza pelo período em que se projeta um sistema, atendendo aos requisitos de desempenho estabelecidos, desde que o programa de manutenção seja cumprido. (CICB ,2013).

A manutenção deve ser prevista no plano de manutenção, onde é definido o período e as orientações para a manutenção. Quando a manutenção é ignorada, ocorre a deterioração precoce da estrutura, afetando o desempenho e a segurança. Para evitar graves problemas é necessário realizar a manutenção no período correto, o que pode gerar uma grande diminuição do custo de manutenção. A regra de Sitter (1993) mostra como é econômico realizar a manutenção o quanto antes. Uma manutenção ignorada na fase de projeto pode custar até 125 vezes mais se deixada para ser corrigida posteriormente de forma emergencial.

Brasília, com seus 61 anos, possui muitas estruturas de concreto, que já ultrapassam os 50 anos de serviço, e assim, se aproximando do final da vida útil de projeto. Com o passar do tempo, o desempenho das estruturas diminui, variando de acordo com as condições de uso, que podem mudar da qual foi projetada inicialmente. A manutenção deve ser realizada a fim de manter o desempenho adequado da estrutura dentro das necessidades impostas com o uso e as mudanças nas condições ambientais (JSCE, 2007).

Para que a manutenção ocorra corretamente é necessário seguir as orientações presentes no plano de manutenção. Uma das etapas prevista pelo plano de manutenção é a inspeção dos elementos construtivos de forma regular. A inspeção é de suma importância para identificar os sintomas iniciais de patologias, direcionando para uma manutenção conforme as patologias identificadas.

Um processo de fissuração pode instalar-se em uma estrutura como consequência da atuação das mais diversas causas, intrínsecas ou extrínsecas, e para que se consiga identificar com precisão as causas e efeitos, é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a

correta determinação da configuração das fissuras, bem como o formato, a localização, o tempo de surgimento, a extensão e profundidade das mesmas.

Existe uma certa dificuldade quanto a identificação das patologias durante uma inspeção. Nas patologias de fissuras, por exemplo, nota-se que elas possuem vários fatores que podem ocasionar seu início e podem se manifestar de formas distintas conforme a tipologia da estrutura. Para uma melhor investigação, o uso de um material de apoio é essencial para auxiliar o inspetor durante a inspeção.

1.1. Motivação

A fissuração é uma das principais patologias nas estruturas de concreto e está presente nos mais variados elementos. É nessa perspectiva, que se instigou a pesquisa desta temática que se faz apreciada pela área da engenharia civil. Com o início da pesquisa e os levantamentos bibliográficos, foi definido como foco de estudo as fissuras em vigas, lajes e pilares de concreto.

Para a realização das inspeções é necessária uma rotina de diagnóstico, no caso de fissuras, uma rotina que compreenda os aspectos a serem observados para a correta identificação das causas da fissuração. Nota-se que, propor uma rotina para o diagnóstico de fissuras é de suma importância para a inspeção.

A fissuração em concreto armado mesmo sendo bastante estudada na área da engenharia, não apresenta um enfoque específico no auxílio de inspeções de identificação. Observa-se então, a importância de propor uma ferramenta com intuito de auxiliar em rotinas de inspeção de patologias voltadas à fissuração.

Percebe-se a necessidade de reconhecer a importância de um material que tenha utilidade prática na facilitação das inspeções e principalmente, estabelecer um instrumento aplicável, de fácil acesso, claro e objetivo, auxiliando as áreas afins no processo de inspeção das estruturas nos mais variados elementos das edificações.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral é propor uma rotina de análise aplicada ao diagnóstico das patologias de fissuração, desenvolvendo um fluxograma como guia às inspeções de manutenção de edifícios e identificação das causas que geraram a fissura em análise.

1.2.2. Objetivos específicos

- Desenvolver um levantamento bibliográfico sobre a tipologia, classificação e mecanismos das fissuras em vigas, pilares e lajes;
- Adaptar e propor uma classificação das fissuras com base em seu diagnóstico com vistas a identificação em inspeções;
- Propor um fluxo orientador de evolução do diagnóstico de modo a permitir a decisão sobre a tipologia e caracterização da fissuração em inspeções.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Princípios da manutenção de edifícios

Quando se pretende que um produto atinja o nível de qualidade desejado, deve-se garantir que tenha conformidade com os requisitos de satisfação do cliente a um preço aceitável. Esta garantia é conseguida através de um conjunto de ações programadas e sistemáticas, necessárias para proporcionar a confiança apropriada de que o produto venha a atender às expectativas (SOUZA, 1998).

Define-se manutenção como um conjunto de atividades realizadas a fim de conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus sistemas constituintes, atendendo às necessidades e a segurança dos usuários (ABNT NBR 15575/13). A manutenção de um edifício deve prolongar a sua vida útil e promover o cumprimento das exigências de segurança e funcionalidade, tendo em conta os condicionalismos específicos de cada caso e as disponibilidades orçamentais.

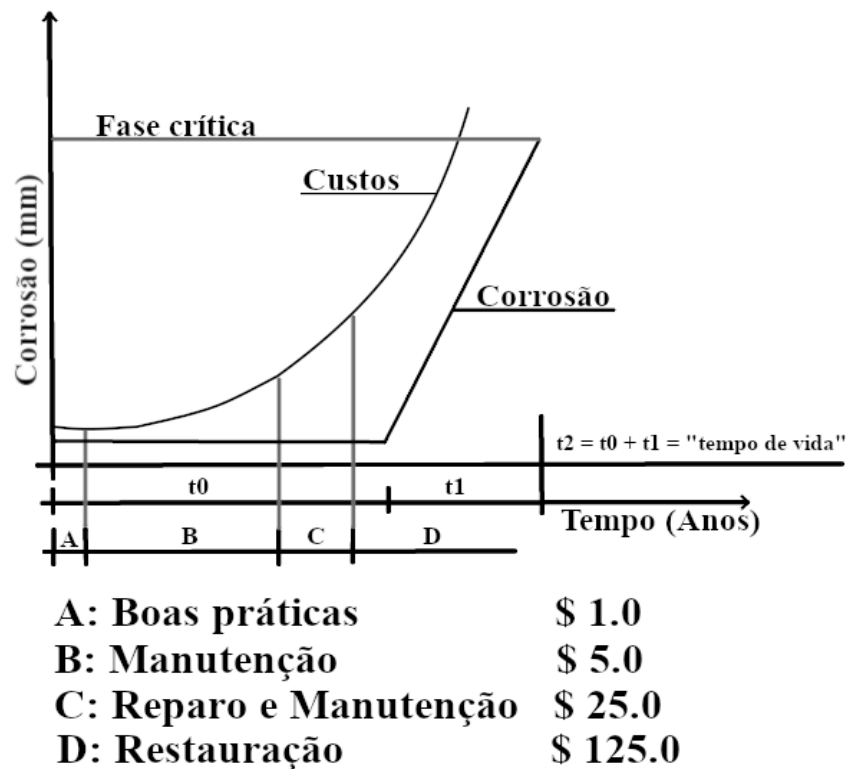
A adequada gestão de manutenção passa pela elaboração e implementação de um plano de manutenção, levando em conta os aspectos técnicos, econômicos e funcionais (CÓIAS, 2006). Para realizar a manutenção é necessário a elaboração de um plano de manutenção com rotinas e periodicidade. A ABNT NBR 5674/12 traz recomendações e requisitos para realização da manutenção, e classifica a manutenção em três categorias, sendo elas a manutenção rotineira, preventiva e a corretiva, a saber:

- A manutenção rotineira é caracterizada por um fluxo constante de serviços, como por exemplo, a limpeza regular.
- A manutenção preventiva é caracterizada por serviços cuja realização é planejada antecipadamente, tendo por prioridade as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de inspeções periódicas sobre o seu estado de deterioração.
- A manutenção corretiva é composta por serviços não previstos na manutenção planejada, incluindo a manutenção de emergência, caracterizada por serviços que exigem intervenção imediata para permitir a continuidade do uso das edificações ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e patrimoniais aos seus usuários e proprietários.

Durante a vida útil das edificações é comum ver a omissão em relação às manutenções necessárias, a falta da manutenção periódica leva a uma manutenção corretiva com altos custos e risco à segurança. As manutenções devem ser previstas e cumpridas, desde a concepção do elemento até o fim de sua utilização para evitar custos desnecessários e depreciação da edificação.

A regra de Sitter, representada na Figura 1, apresenta como uma intervenção tardia pode elevar de forma exponencial os custos de manutenção. As decisões tomadas no projeto são sempre mais econômicas e seguras. Uma manutenção deve ser prevista e realizada de forma breve, de modo a proporcionar o desempenho de projeto da estrutura e evitar maiores custos.

Figura 1: Evolução dos custos em função da fase de manutenção (Regra de Sitter)



Fonte: Adaptado de SITTER, 1984.

A Figura 1 demonstra as fases de manutenção, bem como os custos que cada uma delas acarreta.

A saber:

- Na fase A, as boas práticas têm o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura, por exemplo, aumentar o cobrimento da armadura e reduzir a relação água/cimento do concreto, implica em um baixo custo.

- Na fase B, as manutenções implicam em um custo cinco vezes superior em relação ao custo de aplicar boas práticas ainda na etapa de projeto.
- Na fase C, os reparos e as manutenções podem custar até 25 vezes mais que aplicar boas práticas na fase de projeto.
- Na fase D, na restauração os elementos já perderam seu desempenho de projeto e apresentam patologias evidentes. É necessário realizar o diagnóstico, reparo, reforço e proteção dos elementos afetados. Os custos podem chegar a 125 vezes em relação ao custo de aplicar boas práticas ainda em projeto.

As estruturas de concreto armado são desenvolvidas para ter uma longa vida útil. Entretanto, mesmo quando bem projetadas, necessitam de manutenção periódica para manter seu desempenho e reduzir a necessidade de uma manutenção corretiva. É possível manter o desempenho das estruturas de forma econômica. Para isso é necessário prever os principais problemas, suas origens e definir medidas de manutenção eficientes. Um programa adequado de manutenção implica na definição de metodologias adequadas para operação, controle e execução da obra, levando em conta o custo-benefício desta manutenção.

2.2. Plano de manutenção

Para uma correta execução da manutenção com resultados significativos é necessário um planejamento das atividades a serem executadas. Antes do início do trabalho de manutenção deve ser desenvolvido o plano de manutenção, especificando o planejamento das atividades e sua execução.

Um programa de manutenção consiste na determinação das atividades essenciais de manutenção, sua periodicidade, responsáveis pela execução, documentos de referência, referências normativas e recursos necessários, sendo atualizado periodicamente (ABNT NBR 5674/12). Os planos de manutenção devem definir o tipo de manutenção, descrever o mecanismo de deterioração esperados durante o período de serviço, métodos de avaliações compostas por investigação de estruturas e elementos, previsões de deterioração, avaliação de desempenho da estrutura, julgar a necessidade de medidas corretivas e definir as medidas de intervenção adequadas (JSCE, 2007).

O plano de manutenção é um documento complementar ao projeto e tem a finalidade de manter a qualidade, a funcionalidade e a eficiência da edificação (FLORES, 2002). Na

elaboração do plano de manutenção devem ser adotadas estratégias para controlar a degradação logo em sua fase inicial. Sendo possível determinar, ao longo da vida útil, a periodicidade das intervenções, sejam reparos ou substituições, diminuindo dessa forma, os custos (FLORES E BRITO, 2002).

A manutenção não deve ser realizada de modo improvisado e casual. Deve ser entendida como um serviço técnico e realizada por empresas ou equipes capacitadas, conforme a complexidade de manutenção. Os serviços de manutenção devem ser definidos em períodos de curto, médio e longo prazo, em acordo com o programa de manutenção e de maneira a coordenar os serviços de manutenção, minimizar a interferência dos serviços de manutenção no uso da edificação e otimizar o aproveitamento de recursos humanos e financeiros (CBIC, 2014).

O programa de manutenção deve considerar projetos, memoriais, orientações dos fornecedores e manual de uso, além das seguintes características das edificações (ABNT NBR 5674/12):

- Tipologia da edificação;
- Sistemas, materiais e equipamentos;
- Idade das edificações;
- Expectativa de durabilidade dos sistemas, segundo a ABNT 15575;
- Relatórios das inspeções, constando comparativos entre as metas previstas e as metas efetivas, físicas e financeiras;
- Relatórios das inspeções, constando as não conformidades observadas;
- Relatórios das inspeções sobre as ações corretivas e preventivas;
- Solicitações e reclamações dos usuários e proprietário;
- Histórico das manutenções realizadas;
- Rastreabilidade dos serviços;
- Impactos referentes às condições climáticas e ambientais do local da edificação;
- Escala de prioridade entre as diversas ações;
- Previsão de custos.

O programa de manutenção deve, pelo menos, conter uma sistematização ou estrutura que contemple (ABNT NBR 5674/12):

- A designação do sistema;
- Descrição da atividade;
- Periodicidade em função de cada sistema, observadas as prescrições do projeto ou as especificações técnicas;
- Identificação dos responsáveis;
- Documentação referencial e formas de comprovação;
- Modo de verificação do sistema;
- Custos.

Na Tabela 1 é apresentado um modelo de plano de manutenção seguindo os aspectos propostos por Flores (2002), onde é apresentado o tipo de elemento, a ação necessária, o tipo de ação, a vida útil e o período de manutenção.

Tabela 1: Exemplo de plano de manutenção

EFM		Acções de manutenção	Tipo de acção	Vida útil (anos)	S	A	B	T	Q	D	qn	Outra
Vãos (janelas e portas)	PVC	Verificação da estanqueidade dos perfis	Inspeção	30	x							
		Verificação curvaturas e empenos										
		Verificação do estado de limpeza	Limpeza		x							
		Limpeza com água e sabão neutro com esponja ou pano										
		Não aplicável			Intervenção ligeira							
Vidros	Verificação de fracturas	Inspeção	30								Semanal	
	Limpeza com água e detergente	Limpeza		x								
	Substituição	Substituição						X				
Outros	Ferragens	Verificação do funcionamento	Inspeção	25		x						
		Verificação de corrosão										
		Lubrificação dos elementos, reajuste dos elementos (apertos / folgas)	Intervenção ligeira			x						
		Substituição sempre que se verificar corrosão dos elementos	Intervenção profunda								x	
Vedantes de juntas	Verificação da ligação / retracção dos vedantes	Inspeção	10		x							
		Substituição								x		

Legenda: S - semestral; A - anual; B - bienal; T - trienal; Q - quinzenal; D - decenal; qn - quando necessário ou após reparação.

Fonte: MADUREIRA, 2011.

Os planos de manutenção apresentam orientações para as manutenções preventivas e corretivas da edificação, possuem a periodicidade dos serviços e planos para intervenção das patologias identificadas. É de suma importância que cada um dos envolvidos realizem corretamente e no período prescrito suas funções, evitando o agravamento de patologias, que podem ser corrigidas de forma mais simples e econômica quando identificada nos primeiros estágios.

Existe uma certa dificuldade quanto a inspeção e identificação das patologias. Nota-se que as patologias possuem vários fatores que podem ocasionar seu início, se manifestando de formas distintas conforme a tipologia da estrutura. O uso de um material de apoio é essencial para auxiliar o inspetor durante uma inspeção. Com a utilização de um roteiro onde existe um encaminhamento é possível entrar com os aspectos observados e a partir disto identificar indícios de uma patologia e em alguns casos identificar a causa e o tipo da patologia.

2.3. Inspeções

A inspeção é uma checagem dos elementos da edificação, de modo a identificar anomalias geradas pelos diversos fatores que podem degradar os elementos, tais como, fissuras e manchas. É composta por técnicas e ensaios que auxiliam no momento da inspeção a identificar as anomalias e seu grau de gravidade.

Os ensaios são realizados para auxiliar no diagnóstico das patologias. Pode ser realizado ensaios não destrutivos e destrutivos. Os ensaios não destrutivos são caracterizados por não modificar nenhuma propriedade do elemento, sendo a mais desejável a se aplicar. Os ensaios destrutivos afetam a estrutura do elemento. Geralmente é necessário realizar uma correção no local do ensaio. É importante que se utilize os ensaios não destrutivos, entretanto, muitas vezes, é necessário recorrer aos ensaios destrutivos para complementar o diagnóstico.

Para o concreto armado os ensaios são focados no concreto, pois, uma de suas funções é proteger as armaduras. Os fatores que degradam as armaduras são decorrentes de uma patologia já presente no concreto que permite agentes agressivos ingressar e atacar o aço, sendo necessário efetuar correções no concreto para evitar a degradação das armaduras.

A inspeção é uma avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes com o objetivo de orientar as atividades de manutenção (ABNT NBR 14037/11). Ela é de suma importância para identificar as anomalias logo em seu estágio inicial. As estruturas em concreto armado podem sofrer ataques não previstos em projeto, que afetam diretamente seu desempenho. Durante a inspeção é possível verificar sinais desses ataques e realizar ensaios, de modo a propor uma manutenção adequada.

As inspeções periódicas permitem que os responsáveis pela administração da edificação percebam rapidamente pequenas alterações de desempenho dos elementos, viabilizando seu reparo com maior rapidez e menor custo, melhorando a qualidade de vida e segurança dos moradores (CBIC, 2014).

As inspeções devem ser feitas atendendo aos intervalos previstos no manual elaborado de acordo com a ABNT NBR 14037 e do programa de manutenção de cada edificação. As inspeções devem ser realizadas por meio de modelos elaborados e ordenados de forma a facilitar os registros e sua recuperação, considerando (ABNT NBR 5674/12):

- Um roteiro de inspeção dos sistemas, subsistemas, elementos, equipamentos e componentes da edificação;
- As formas de manifestação esperadas da degradação natural dos sistemas, subsistemas, elementos, equipamentos e componentes da edificação, associados;
- A sua vida útil, conforme indicações do manual, e que resultem em riscos à saúde e segurança dos usuários;
- As solicitações e reclamações de usuários e proprietários.

Os relatórios de inspeção devem:

- Descrever a degradação de cada sistemas, subsistemas, elementos, equipamentos e componentes da edificação;
- Apontar e, sempre que possível, estimar a perda de seu desempenho;
- Recomendações para minimizar os serviços de manutenção corretiva;
- Conter prognóstico de ocorrências.

A partir das inspeções se identifica quais as causas determinantes de cada anomalia observada, bem como os sinais iniciais das patologias. A inspeção, na fase de utilização, aumenta a capacidade de detectar a necessidade de intervenção, reduzindo o número de anomalias imprevistas, permitindo também um correto conhecimento do comportamento em serviço dos elementos, das suas vidas úteis expectáveis e dos agentes de degradação (FLORES, 2009). As inspeções devem ocorrer com mais frequência em elementos que estão expostos a agentes de degradação. No caso do concreto armado, as inspeções devem ocorrer principalmente nas estruturas expostas a ataques químicos e a ação da água.

2.4. Patologias das estruturas de concreto

Entende-se por patologia do concreto a área da engenharia que aborda os sintomas, mecanismos, causas e origens das anomalias encontradas nas estruturas de concreto armado.

Para um dano qualquer, existe a possibilidade de vários fatores serem responsáveis. Estes danos podem vir apenas a causar incômodos para aqueles que irão utilizar o edifício segundo o fim para que foi feita, tais como pequenas infiltrações até grandes problemas que podem levar a estrutura ao colapso (HELENE, 1992).

O surgimento de patologias em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades (SOUZA, 1998). As patologias que ocorrem nas estruturas de concreto e afetam sua segurança e durabilidade, são originárias de diversos fatores que estão associados às fases de produção, uso e manutenção de uma obra. Cada um desses problemas apresenta normalmente uma sintomatologia própria que permite sua identificação. (DENER, 1994).

Várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia. De maneira geral, as dificuldades técnicas e o custo para solucionar um problema patológico originado de uma falha de projeto são diretamente proporcionais à "antiguidade da falha", ou seja, quanto mais cedo, nesta etapa da construção, a falha tenha ocorrido. Uma falha no estudo preliminar, por exemplo, gera um problema cuja solução é muito mais complexa e onerosa do que a de uma falha que venha a ocorrer na fase de anteprojeto (SOUZA, 1998).

A etapa de uso da edificação é quando surge a maior parte das manifestações patológicas. Estas ocorrem por inúmeros motivos. No enfoque da estrutura, pode-se citar o uso não adequado, inexistência de um programa de manutenção, sobrecargas não previstas em projetos, mudanças equivocadas de estruturas portantes, construções vizinhas, dentre outros.

A fissuração das estruturas de concreto indica que existe algum tipo de problema. É comum este tipo de patologia chamar a atenção dos usuários e proprietários dos edifícios para o fato de que algo incomum está ocorrendo.

As fissuras podem afetar apenas a aparência ou podem indicar um problema estrutural, em alguns casos pode existir o risco de colapso estrutural. A caracterização da fissuração como deficiência estrutural sempre dependerá da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração (RIPPER; SOUZA, 1998).

O concreto, por ser um material com baixa resistência à tração, cerca de 10 vezes menor que a resistência à compressão, apresenta fissuras naturalmente quando se deforma. As fissuras são causadas principalmente pelos esforços de tração, quando o esforço de tração que o concreto está submetido ultrapassa a sua resistência à tração surge as fissuras.

A patologia mais comum apresentada no concreto é a fissuração, seja por efeito das modificações internas devido ao tempo, denominadas de efeitos reológicos, da própria constituição do material, por efeitos de esforços aplicados às peças, por cura inadequada, por retração ou por assentamento plástico. As aberturas podem variar desde as chamadas microfissuras, que são da ordem de 0,05 mm até aberturas que afetam o desempenho do elemento (FILHO; CARMONA, 2013).

O reparo das fissuras depende do conhecimento da causa e da origem. Reparos de fissuras sem o real conhecimento de sua origem, pode ser algo temporário, apresentando as mesmas falhas posteriormente. Para um reparo bem-sucedido é necessário atacar as causas que geram as fissuras (ACI 224.1R, 1998).

Os limites máximos de abertura de fissuração para não afetar a durabilidade são apresentados na Tabela 03 em função da classe de agressividade ambiental. Para classe IV de agressividade, não deve ultrapassar uma abertura de 0,2 mm, para a classe II e III de agressividade, não ser superior a 0,3 mm e para a classe I de agressividade, não ser maior que 0,4 mm.

Tabela 2: Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de estrutura	Classe de agressividade ambiental (CAA)	Exigências relativas à fissuração
Concreto armado	CAA I	$\leq 0,4$ mm
	CAA II e CAA III	$\leq 0,3$ mm
	CAA IV	$\leq 0,2$ mm

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118/2014.

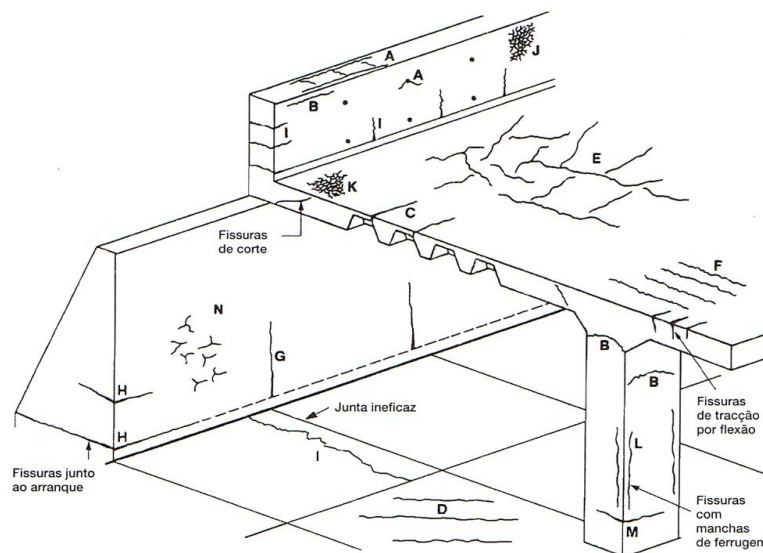
As sobrecargas nas estruturas, em que os projetos tenham sido desenvolvidos com as mais corretas considerações de carga, de acordo com os dados do projeto arquitetônico e com

os fornecidos pelo usuário (equipamentos, depósitos de materiais, jardins, etc.) e ainda com os prescritos pelas normas em vigor, mas que, durante a sua vida útil, acabam por apresentar problemas patológicos de diversas ordens, como por exemplo as fissuras, em virtude de serem submetidas a sobrecargas superiores às de projeto. Tais situações, características da má utilização da estrutura, são particularmente comuns em depósitos e instalações de novos equipamentos para ampliação da indústria ou substituição de máquinas obsoletas, ou nos casos de mudança de propósito funcional de edifícios (SOUZA, 1998).

A deficiência ou erros na colocação das armaduras podem gerar fissuras nas estruturas de concreto. Os principais eventos que podem ser apontados são: má interpretação dos elementos de projeto, o que, em geral, implica na inversão do posicionamento de algumas armaduras ou na troca das armaduras de uma peça com as de outra; insuficiência de armaduras, com implicação direta na diminuição da capacidade resistente da peça estrutural; posicionamento inadequado das armadura, devido a não observância do correto espaçamento das barras e no deslocamento das barras de suas posições originais (SOUZA, 1998).

A fissuração pode diminuir a durabilidade do concreto ao permitir o ingresso de agentes agressivos (NEVILLE, 2016). No concreto, as fissuras podem ocorrer no estado endurecido ou ainda no estado fresco. Para discutir os tipos de fissuras e como elas ocorrem, observa-se a Figura 2, onde é apresentado de forma esquemática os diversos tipos de fissuras em estruturas de concreto.

Figura 2: Representação esquemática dos vários tipos de fissuras possíveis de ocorrer no concreto



Fonte: Concrete Society, 2010.

I. Assentamento plástico

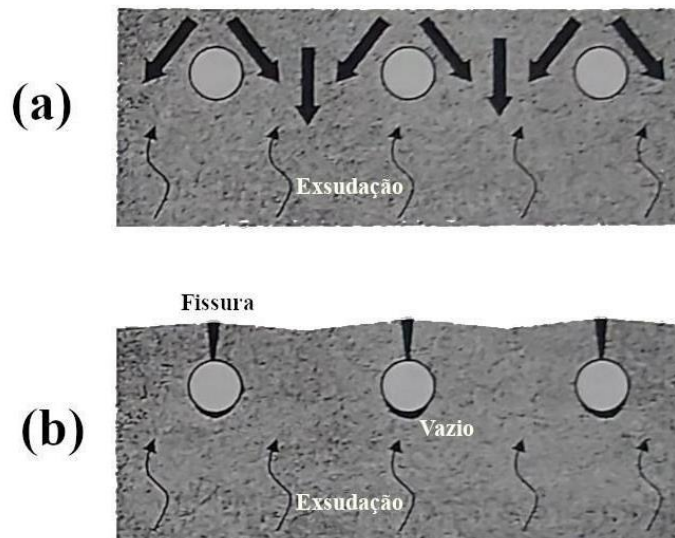
A exsudação é uma forma de segregação na qual parte da água da mistura tende a migrar para a superfície do concreto recém-lançado. Isso é causado pela incapacidade de os constituintes sólidos da mistura reterem toda a água de amassamento quando se assentam em direção ao fundo, já que a água tem a menor massa específica entre todos os constituintes da mistura.

O processo de exsudação, como a ascensão da água na superfície após a concretagem e desempenamento tem de início uma diferenciação de densidade dos materiais e da água. Os agregados por apresentarem uma densidade superior ao da água, acabam migrando para o fundo da forma e permitindo tal ascensão. Esse processo também pode ser ocasionado pelo excesso de vibração do concreto. Se não for realizada a cura do concreto, pode gerar fissuras, diminuição da resistência e afetar a durabilidade.

O assentamento plástico, representado na Figura 02 pelas letras A, B e C, normalmente localizado sobre a armadura, em arcos ou mudanças de espessuras. O assentamento diferenciado do concreto ocorre no estado fresco, quando o concreto ainda tem capacidade de se deformar. Um concreto muito fluido e a exsudação excessiva são fatores que agravam os efeitos do assentamento plástico. As fissuras por assentamento plástico são consideradas fissuras mortas (fissuras passivas/ inativas), uma fissura que não vai continuar a se expandir. É importante tratar as fissuras mortas para evitar o ingresso de agentes agressivos que podem atacar as armaduras.

Após o processo de concretagem ainda no estado fresco, à medida que ocorre a exsudação, os constituintes mais densos do concreto fresco se movem para baixo e a água para cima. O concreto tende a continuar a se consolidar (moldagem do concreto dentro das fôrmas), durante a consolidação o concreto pode ser restringido pela armadura, agregado ou espaçadores. Acima dessas restrições é gerado um arqueamento do concreto que causa esforços de tração na superfície. As fissuras podem se desenvolver espaçadas igualmente e normalmente sobre uma restrição, que pode ser a armadura ou o agregado graúdo conforme mostrado na Figura 3, o item a da figura apresenta o início do processo de fissuração e o item b, a condição após algumas horas após o lançamento do concreto (THE CONCRETE SOCIETY, 2000).

Figura 3: Representação da formação do assentamento plástico



Fonte: Adaptado de THE CONCRETE SOCIETY, 2000.

Essa restrição pode gerar vazios abaixo do elemento de restrição, representados no item b da Figura 05, isso pode levar a uma descontinuidade horizontal sob as barras, resultando em dano ao cobrimento do concreto que protege a barra contra a corrosão. Uma vibração insuficiente ou formas flexíveis podem aumentar os efeitos do assentamento. O uso de um concreto com baixo abatimento e um aumento na cobertura das armaduras reduz a fissuração por assentamento plástico (ACI 224, 1998).

O padrão de fissura associado ao assentamento plástico depende do elemento (dimensões, continuidade etc.) que causa a restrição. A situação mais comum ocorre quando o movimento é restringido por armaduras de reforço em lajes. Nesse caso, as fissuras ocorrem na superfície superior e seguem as armaduras, formando uma série de fissuras paralelas. As fissuras geralmente possuem 1 milímetro de largura e vão da superfície do concreto até a superfície da barra de aço, conforme apresentado no item b da Figura 06 (THE CONCRETE SOCIETY, 2000).

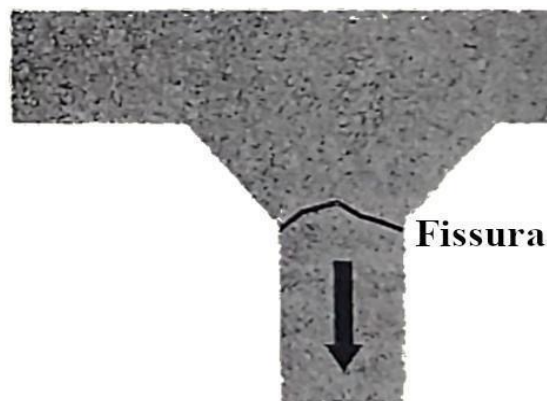
Se o cobrimento da armadura for pequeno, aproximadamente 20 milímetros, as fissuras podem ocorrer rapidamente, entre 10 e 20 minutos após a vibração do concreto. Se a cobertura for aumentada o tempo para surgir a fissura aumentará e o risco de surgir fissuras diminui (CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992).

As fissuras por assentamento plástico podem ocorrer em uma face vertical quando existe uma altura elevada de concreto, como ocorre nos casos de pilares. A forma restringe o

assentamento do concreto, nesse caso, é possível que as fissuras ocorram entre as barras de aço (THE CONCRETE SOCIETY, 2000).

Nos pilares, o concreto pode sofrer restrição pela fôrma, formando fissuras horizontais, geralmente ocorre na parte superior dos pilares, como apresentado na Figura 4, e tendem a ter 1 milímetro de largura, podendo atravessar por toda seção de concreto (THE CONCRETE SOCIETY, 2000).

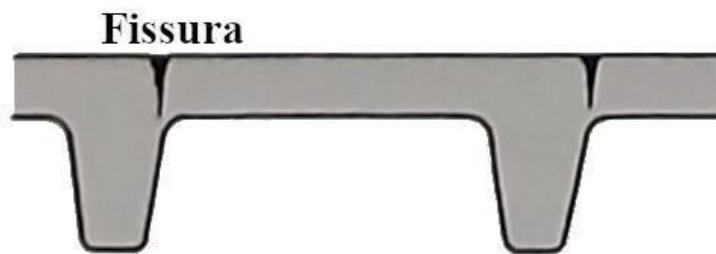
Figura 4: Representação de uma fissura no pilar causada por assentamento plástico



Fonte: Adaptado de: THE CONCRETE SOCIETY, 2000.

As fissuras também podem ocorrer na mudança de profundidade da seção, essa mudança de profundidade ocorre geralmente nas lajes nervuradas, como apresentado na Figura 5.

Figura 5: Representação de uma fissura devido a mudança de espessura causada por assentamento plástico



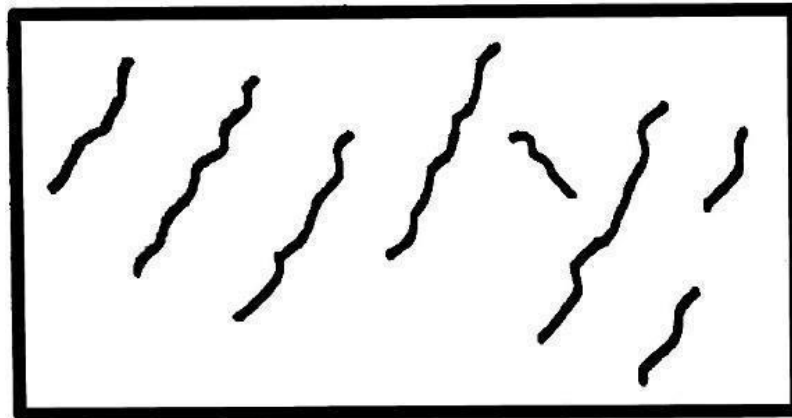
Fonte: Adaptado de: CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992.

A fissuração por assentamento plástico pode ser evitada pelo uso de concretos com menor fluidez, por um adensamento adequado e pela não permissão de uma velocidade muito rápida de execução do concreto. Pode ocorrer em temperaturas médias, algumas vezes, a fissuração por retração plástica pode ser confundida com a fissuração por assentamento plástico (NEVILLE, 2016).

II. Retração plástica

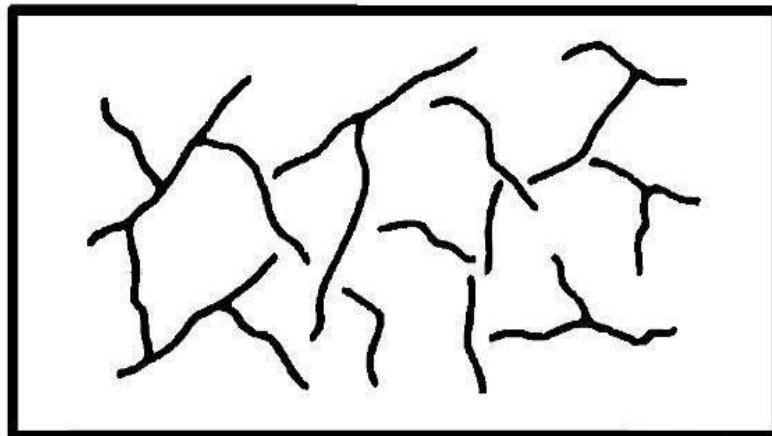
A fissura por retração plástica, representada na Figura 02 pelas letras D, E e F, ocorre durante o estado fresco, não está ligada ao processo de cura. Geralmente assumem três formas, sendo a primeira caracterizada por fissuras diagonais em aproximadamente 45° em relação às bordas, como apresentado na Figura 6, espaçadas de 0,3 a 1 metro, podendo ter comprimento de 0,2 a 2 metros (NEVILLE, 2016). A segunda forma é caracterizada por fissuras aleatórias, conforme apresentado na Figura 7, mas pode ser influenciada pela direção na qual as operações de acabamento foram executadas. A terceira forma segue as armaduras do concreto, como apresentado na Figura 8 (CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992).

Figura 6: Representação de fissuras diagonais causadas por retração plástica



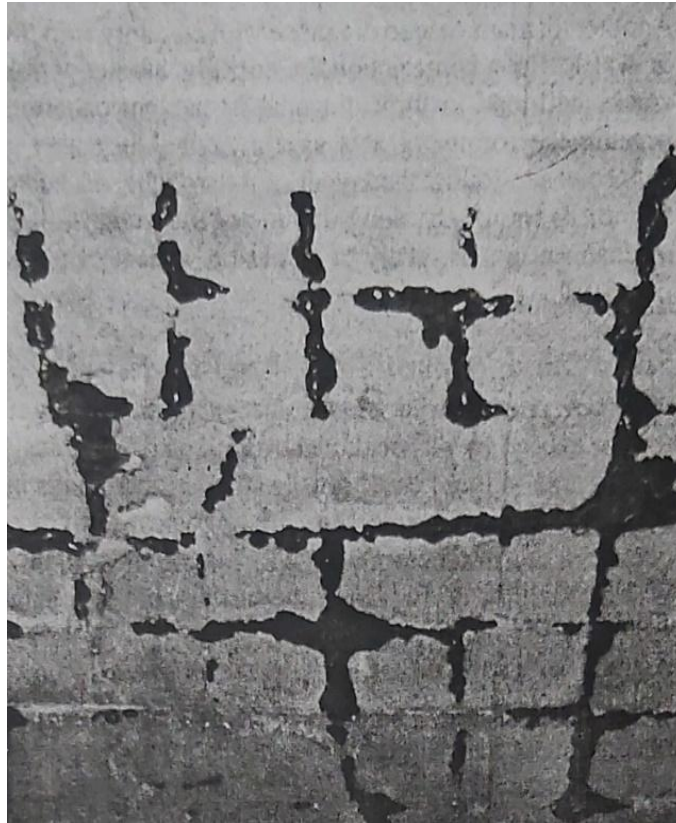
Fonte: Adaptado de: CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992.

Figura 7: Representação de fissuras aleatórias causadas por retração plástica



Fonte: Adaptado de: CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992.

Figura 8: Representação de fissuras causadas por retração plástica seguindo as armaduras

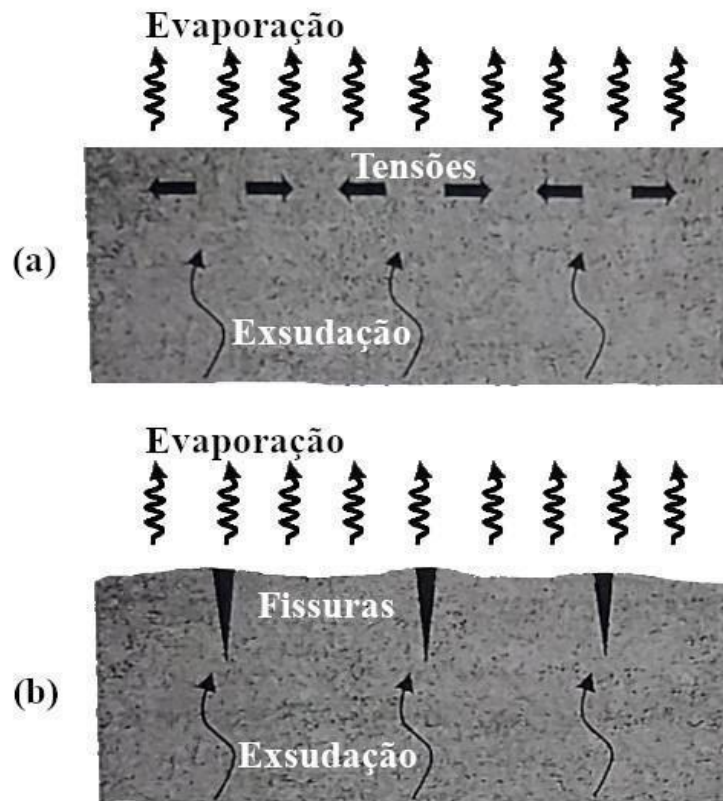


Fonte: Adaptado de: CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992.

Raramente as fissuras por retração plástica atingem as bordas livres do elemento, pois as bordas têm o deslocamento livre. Isto pode auxiliar no momento de diferenciar uma fissura por retração plástica das fissuras por assentamento plástico, quando se desconhece o tempo de formação das fissuras (CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992).

Quando a umidade evapora da superfície do concreto fresco mais rápido que a exsudação, ocorre a retração superficial do concreto. Os esforços de tração são capazes de gerar fissuras irregulares durante o estado fresco do concreto onde a resistência é muito baixa, o processo de retração plástica é ilustrado na Figura 9, no item a, o início de processo de evaporação, no item b, o surgimento das fissuras (ACI 224.1R, 1998).

Figura 9: Representação da formação de fissuras por retração plástica

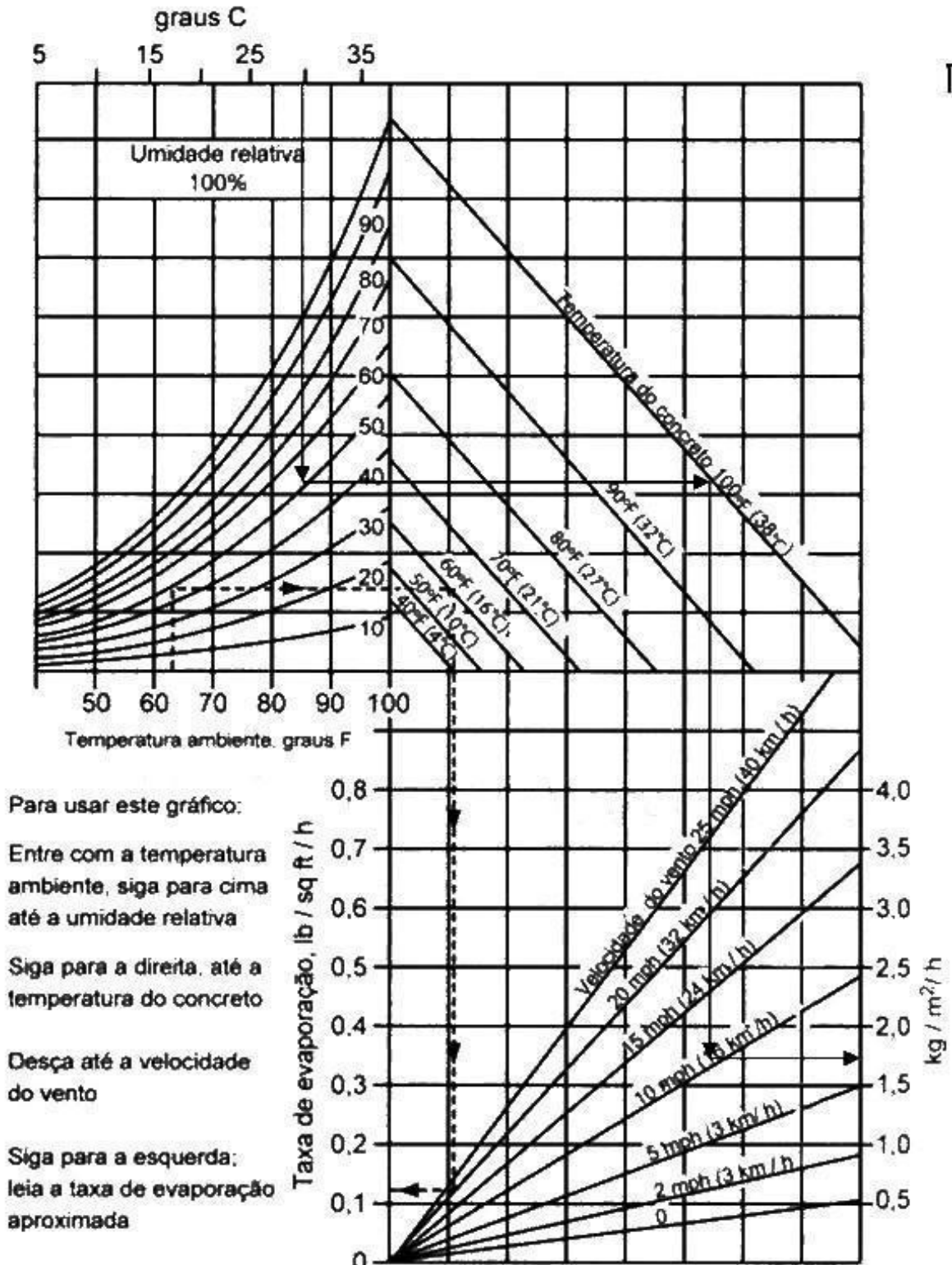


Fonte: Adaptado de: The Society Concrete, 2000.

A intensidade da retração plástica é afetada pela quantidade de água perdida a partir da superfície do concreto, que é influenciada pela temperatura, pela umidade relativa do ambiente e pela velocidade do vento local. A prevenção total da evaporação de água, imediatamente após o lançamento, elimina a fissuração (NEVILLE, 2016). Um dos métodos utilizados para prevenir a perda de água na superfície do concreto é a cura por névoa, que pode manter a umidade alta evitando a evaporação da água.

Uma forma de estimar a evaporação da água superficial do concreto em campo é a utilização do ábaco apresentado na Figura 10. Ele permite aproximar a taxa de evaporação de água em quilograma por metro quadrado hora ($\text{kg/m}^2\text{h}$) em função da umidade relativa do ar, da temperatura superficial do concreto e a velocidade do vento. Sabendo a taxa de exsudação é possível usar o ábaco para definir se é necessária alguma intervenção para evitar a formação de fissuras por retração plástica. Para determinar a taxa de exsudação é realizado o ensaio da mesa vibratória, o ensaio é descrito pela ABNT NBR 15558/08.

Figura 10: Ábaco para estimar a taxa de evaporação de água



Fonte: Adaptado de CONCRETE SOCIETY REPORT, 1992.

III. Retração por secagem

A retração por secagem ou retração hidráulica, representada na Figura 2 pela letra I, ocorre geralmente nas idades iniciais, quando o concreto ainda possui uma baixa resistência à tração. Seu surgimento se dá normalmente transversal ao eixo de movimentação quando ocorre a secagem.

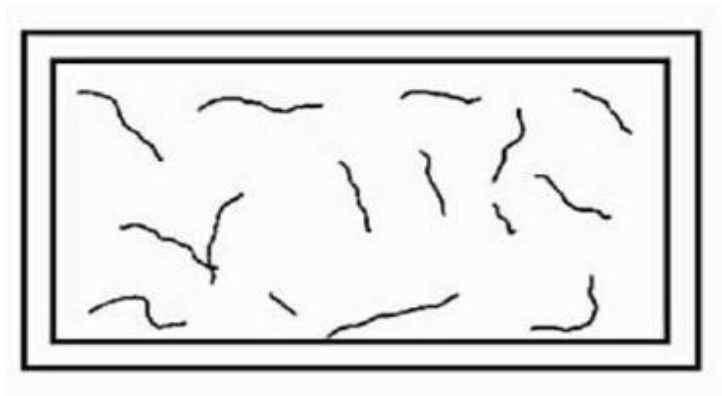
As Figuras 11, 12, 13 e 14 mostram configurações típicas de fissuras de retração, que normalmente são notadas algum tempo depois do endurecimento do concreto. No caso das vigas, as fissuras situam-se em todo o contorno de sua alma, paralelas entre si, a intervalos quase regulares, podendo ocorrer em qualquer ponto do vão. No caso das lajes, formam uma figura de aspecto ramificado, podendo ocorrer em ambas as faces da peça (SOUZA, 1998).

Figura 11: Fissuras devido à retração por secagem em laje de concreto



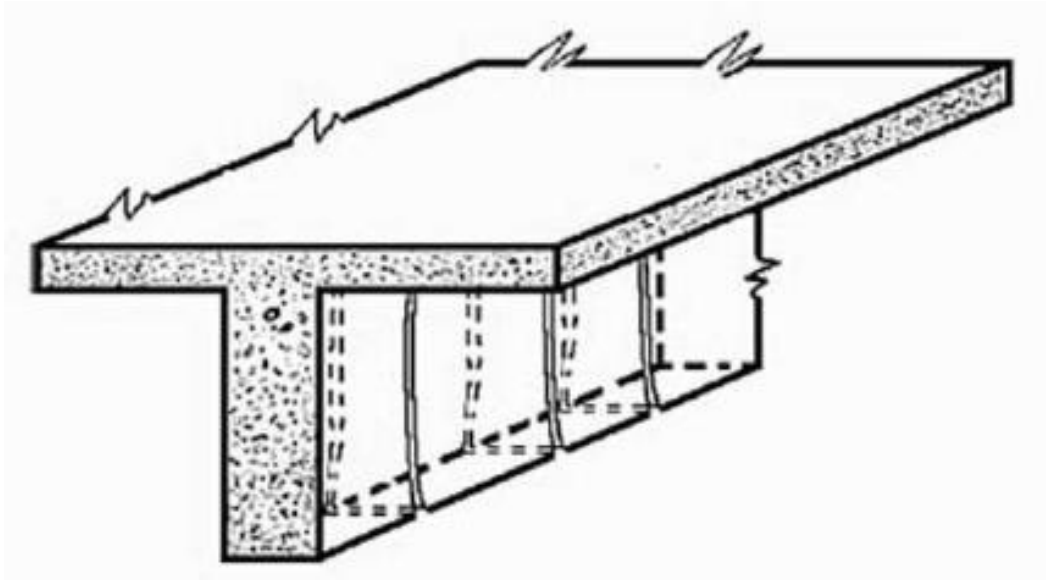
Fonte: MARCELLI, 2007.

Figura 12: Fissuras devido à retração em laje



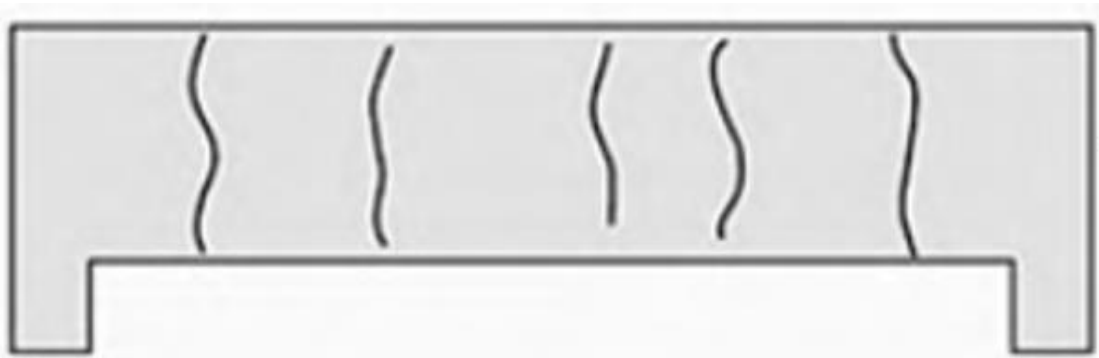
Fonte: SOUZA, 1998.

Figura 13: Fissuras devido à retração em viga



Fonte: SOUZA, 1998.

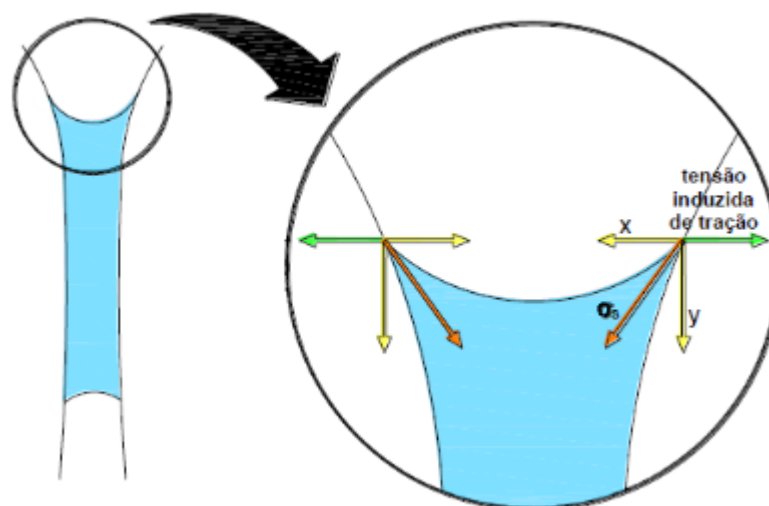
Figura 14: Fissuras devido à retração por secagem em viga de concreto



Fonte: MARCELLI, 2007.

A água nos poros do concreto forma meniscos que geram esforços de tração nas paredes dos poros, conforme a Figura 15. Quanto menor for o diâmetro dos poros maiores serão as tensões. A fissuração pode ter início por outras causas como, retração plástica ou assentamento plástico e se intensificar com a retração por secagem.

Figura 15: Tensões geradas pelo menisco de água no poro de concreto



Fonte: Adaptado de TRALDI et al, 2014.

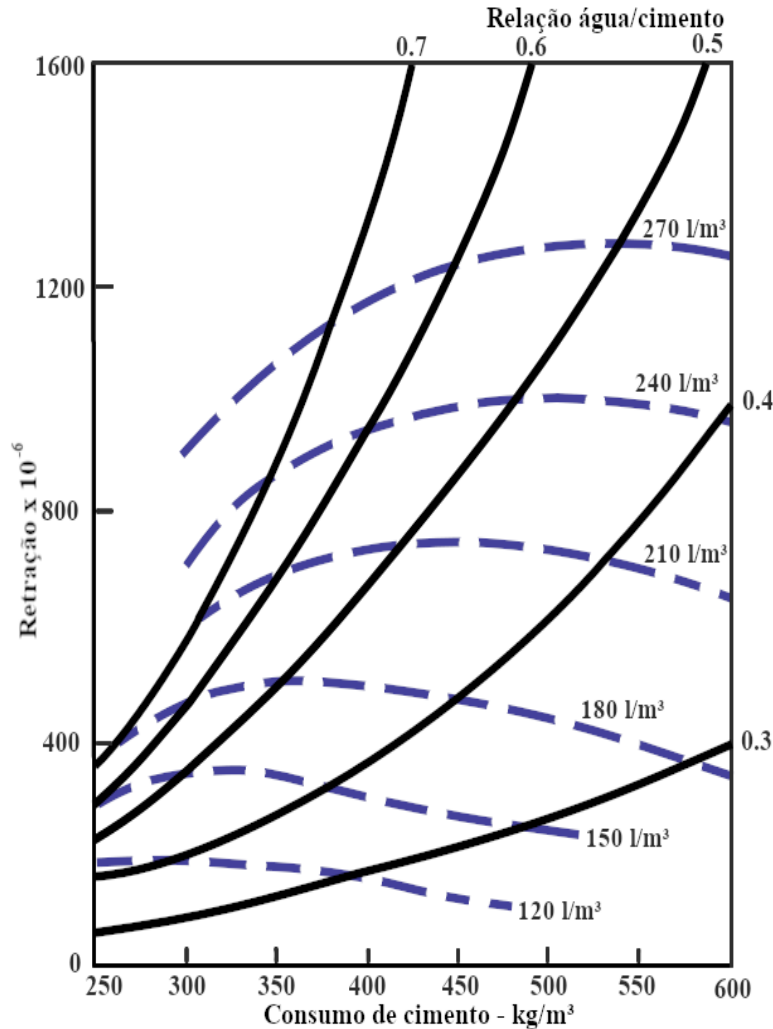
A retração por secagem é causada pela perda de umidade do constituinte da pasta de cimento, que pode retrair em até 1%. Entretanto, o agregado fornece restrição interna que reduz a magnitude dessa mudança de volume para cerca de 0,06%. Ao molhar, o concreto tende a se expandir, essas mudanças de volume induzidas pela umidade são uma característica do concreto. A combinação de retração e restrição, geralmente fornecida por outra parte da estrutura ou por uma camada inferior, causa o desenvolvimento de tensões de tração (ACI 224.1R, 1998).

Em elementos de concreto maciço, os esforços de tração são causados pela retração diferencial entre a superfície e o concreto interno. A maior retração na superfície causa o desenvolvimento de fissuras que podem, com o tempo, se desenvolver com maior profundidade. A magnitude das tensões de tração induzidas pela mudança de volume é influenciada por uma combinação de fatores, incluindo a quantidade de retração, o grau de restrição, o módulo de elasticidade e a quantidade de fluência (ACI 224.1R, 1998).

A retração está ligada às variáveis interdependentes associadas à dosagem do concreto, sendo elas, o consumo de cimento, de água e a relação de água/cimento. É influenciada principalmente pelo consumo e tipologia do agregado e pelo teor de água da mistura, quanto mais alto o teor de água, maior será a retração. A partir do gráfico da Figura 16 é possível observar como cada variável afeta a retração. Com exceção das relações água/cimento mais altas, 0,7 e 0,6, a retração depende principalmente do consumo de água e não da relação água/cimento, visto que, para um mesmo consumo de água a variação de retração é pequena.

Pode ser notado que um aumento no consumo de cimento não diminui a retração, pois a retração ocorre principalmente na pasta de cimento, portanto, aumenta a retração, principalmente para relações água/cimento maiores ou igual a 0,4.

Figura 16: Gráfico para aproximação da retração em função do teor de cimento, relação água cimento e consumo de água



Fonte: Adaptado de TAYLOR, 1969.

IV. Retração superficial

A fissuração por retração superficial, representada na Figura 2 pelas letras J e K, é um exemplo de retração por secagem em pequena escala. Ocorre geralmente em paredes e lajes, que passam por acabamento de alisamento. O processo de acabamento incrementa a exsudação, aumentando o teor de água na camada alisada. Quando a camada superficial de concreto tem um teor de água superior ao do concreto interno, o resultado é uma série de rachaduras finas, pouco profundas e próximas, como apresentado na Figura 17.

Figura 17: Fissuras geradas pela retração superficial em parede de concreto



Fonte: Acervo de Elton Bauer, 2021.

A exsudação eleva o teor de água na superfície do concreto, uma camada superficial com um teor de água elevado é mais propensa a retrações. O acabamento de alisamento é um processo que incrementa a exsudação, portanto, deve ser evitado até que a água superficial fique seca.

Além do cuidado com o preparo do concreto é importante manter a cura úmida até o momento em que o concreto adquire resistência para suportar os esforços de retração, principalmente em locais quentes e secos onde a evaporação ocorre de forma rápida.

V. Flexão

As fissuras causadas pela flexão são perpendiculares às armaduras. Inicia na face inferior e pode progredir até a linha neutra. São maiores e mais retas onde os esforços são máximos e menores, com inclinação maior, conforme se aproxima dos apoios (Figura 18).

Figura 18: Representação das fissuras ocorridas por flexão pura

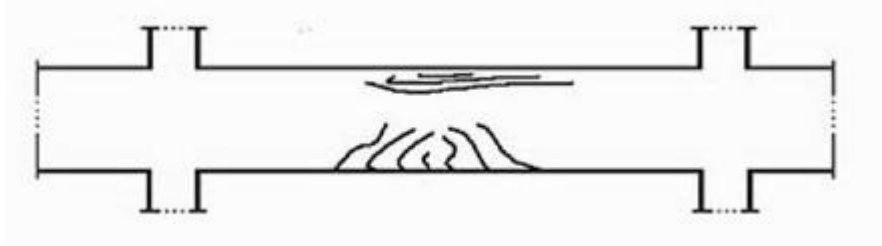


Fonte: CÓIAS, 2006.

Quando as vigas são submetidas à flexão composta ou flexo-compressão, podem ser desenvolvidas fissuras relevantes sempre que a resistência última do concreto for ultrapassada. A Figura 19 apresenta as fissuras ocorridas pela flexão composta. São fissuras que surgem no

meio da viga, sendo que, na face superior surgem fissuras devido a compressão e na face inferior devido a tração.

Figura 19: Representação das fissuras ocasionadas por flexão composta



Fonte: SOUZA, 1998.

A Figura 20 representa a tipificação de fissuras por flexão em vigas, ocorridas pela insuficiência da seção de aço diante do momento negativo, nota-se que ocorre na parte superior e próximo ao apoio com momento negativo presente.

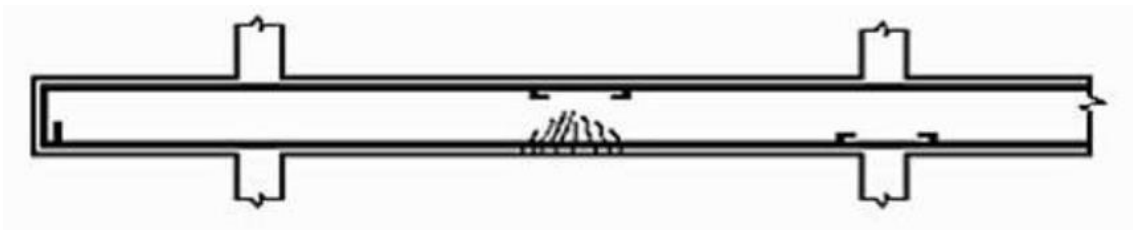
Figura 20: Representação das fissuras de flexão em vigas por momentos negativos



Fonte: SOUZA, 1998.

A Figura 21 representa a fissuração por flexão em vigas ocorridas pela insuficiência da seção de aço diante do momento positivo, nota-se que as fissuras surgem no meio da viga, onde, geralmente, os momentos positivos são máximos.

Figura 21: Representação das fissuras de flexão em vigas por momentos positivos

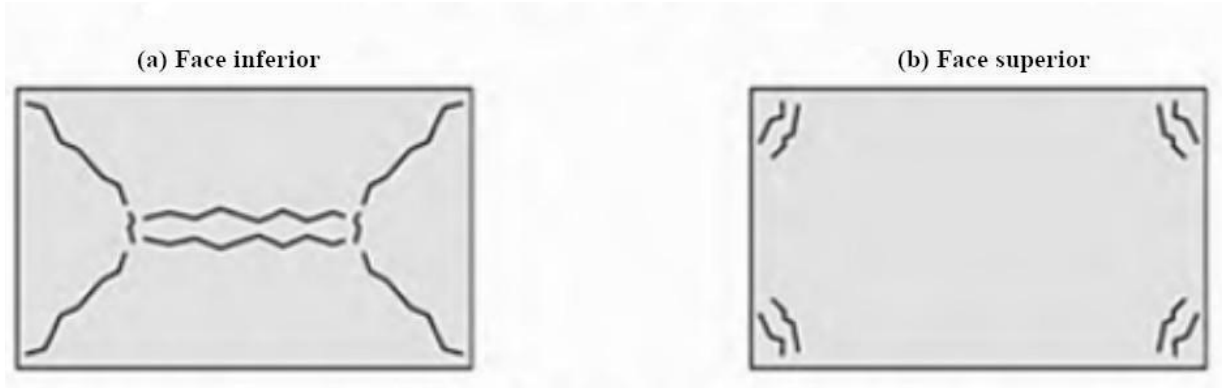


Fonte: SOUZA, 1998.

No caso de lajes, elas apresentam grandes deformações, porém com uma variação maior de configuração das trincas, dependendo da relação entre largura e comprimento, tipo de vinculação, natureza da solicitação e esquema de armadura (MARCELLI, 2007). A Figura 22,

item a, apresenta o esquema de possíveis fissuras por flexão na face inferior de uma laje armada em cruz e apoiada nas 4 faces, as fissuras saem dos cantos até o centro da laje. No item b, mostra as fissuras na face superior, próximo aos cantos da laje.

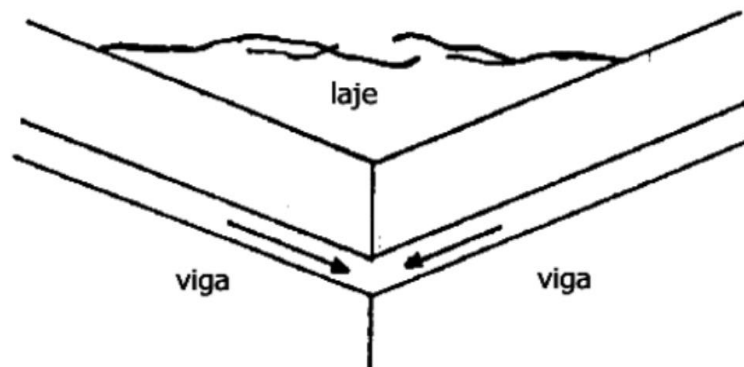
Figura 22: Fissuras de flexão em lajes armadas



Fonte: MARCELLI, 2007.

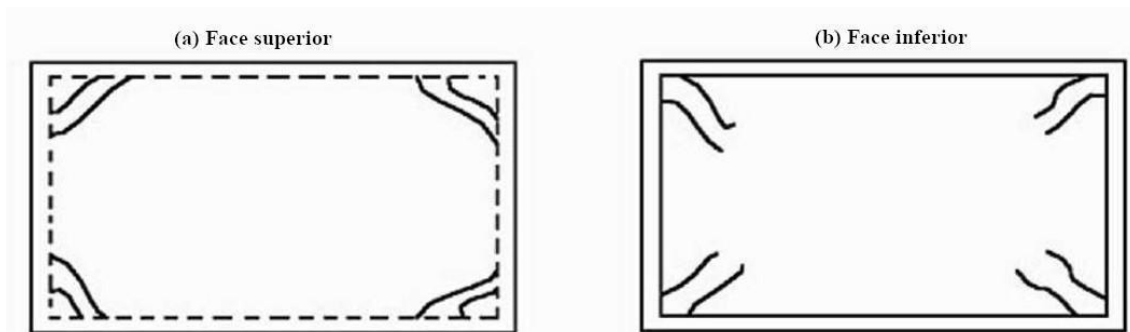
Os momentos volventes se desenvolvem nas proximidades dos cantos da laje e podem produzir fissuras inclinadas, constituindo com esses cantos triângulos aproximadamente isósceles. Nos cantos da laje com suas bordas apoiadas surgem momentos fletores negativos, que causam tração no lado superior da laje na direção da diagonal, e positivos na direção perpendicular à diagonal, que causam tração no lado inferior da laje, como apresentado na Figura 23. A Figura 24, item a, mostra o aspecto típico do fissuramento devido aos momentos volventes na face superior de uma laje simplesmente apoiada, submetida a carregamento uniformemente distribuído, o item b, as fissuras na face inferior da laje.

Figura 23: Momentos volventes em laje



Fonte: BOLDO, 2002.

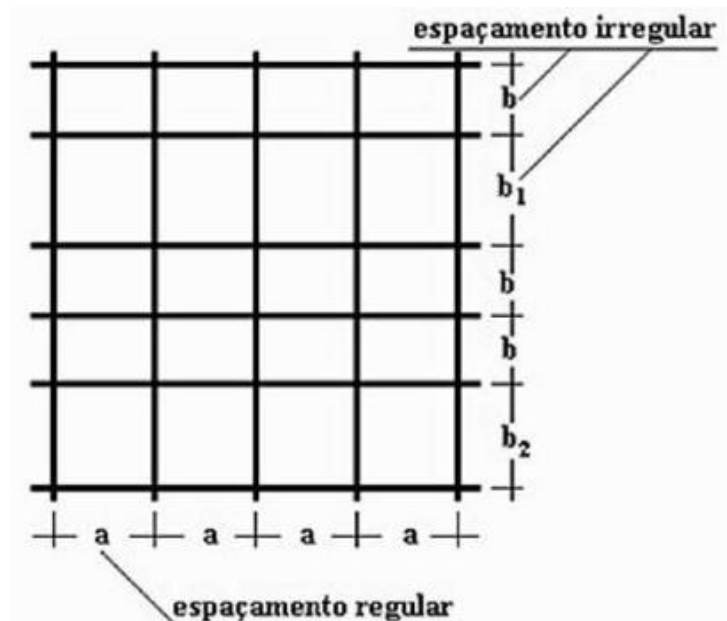
Figura 24: Fissuras por momentos volventes nas faces da laje



Fonte: SOUZA, 1998.

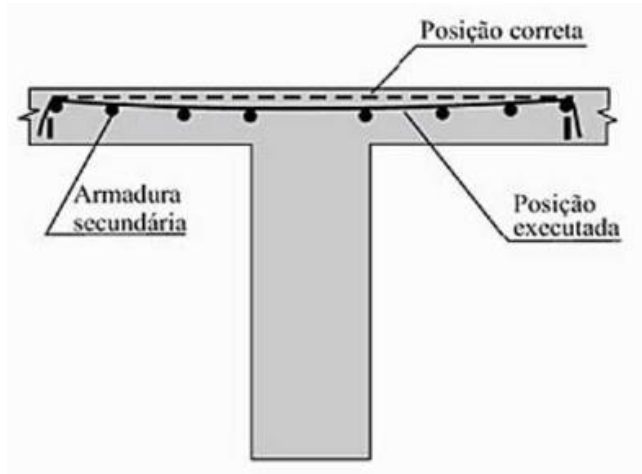
O posicionamento inadequado das armaduras, que se pode traduzir na não observância do correto espaçamento das barras, como na Figura 25, ou no deslocamento das barras de suas posições originais, muitas vezes motivado pelo trânsito de operários e carrinhos de mão, por cima da malha de aço, durante as operações de concretagem, o que é particularmente comum nas armaduras negativas das lajes (ver Figura 26) e poderá ser crítico nos casos de balanço. O uso de recursos e dispositivos adequados, como os espaçadores, pastilhas, caranguejos são fundamentais para garantir o correto posicionamento das barras da armadura (SOUZA, 1998).

Figura 25: Espaçamento irregular das armaduras de laje



Fonte: SOUZA, 1998.

Figura 26: Armaduras negativas da laje fora de posição

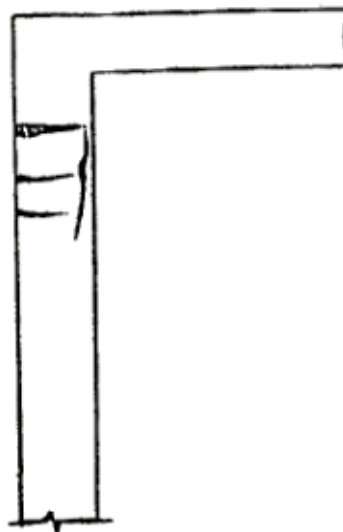


Fonte: SOUZA, 1998.

As fissuras por flexo-tração em pilares são normais ao eixo do pilar na face tracionada e paralelas na face comprimida, como apresentado na Figura 27, podendo indicar esmagamento do concreto. Geralmente são mais próximas de extremidades com maior momento.

Em pilares, podem surgir fissuras horizontais ou ligeiramente inclinadas quando os pilares são solicitados a flexo-compressão ou em casos mais graves pode indicar a ocorrência de flambagem. Geralmente a flambagem ocorre em pilares esbeltos ou por deficiência de montagem, por meio do desaprumo ou desalinhamento.

Figura 27: Representação das fissuras em pilar ocasionadas por flexo-tração

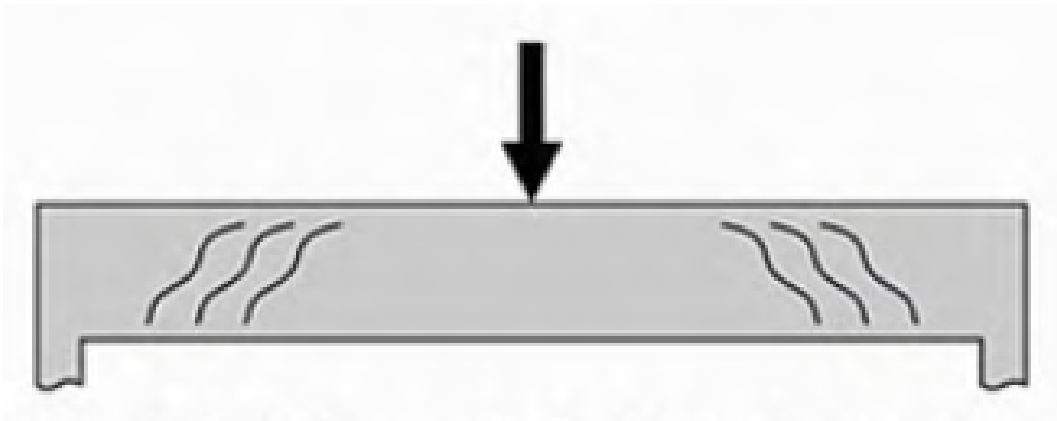


Fonte: SOUZA, 1998.

VI. Cisalhamento

Fissuras de cisalhamento se formam perto dos apoios, como apresentado na Figura 28, e são inclinadas de 30° a 45° em relação ao eixo da viga (THE CONCRETE SOCIETY, 2000). As fissuras de cisalhamento normalmente ocorrem nos pontos de esforço de cortante máxima e são geradas por seção insuficiente, excesso de carga, falta de armadura ou disposta de forma errada para combater esse tipo de esforço (MARCELLI, 2007). A Figura 29 representa as fissuras por cisalhamento, devido a insuficiência de armaduras para combater os esforços cortantes. São fissuras lineares e inclinadas, que surgem próximo aos apoios.

Figura 28: Representação das fissuras ocasionadas pelo esforço cortante



Fonte: MARCELLI, 2007.

Figura 29: Representação das fissuras de cisalhamento em vigas por insuficiência de armadura

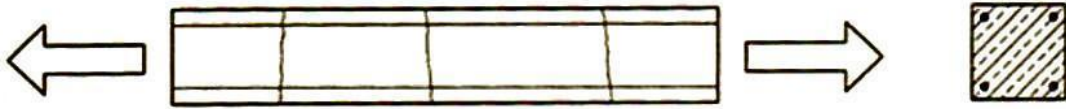


Fonte: SOUZA, 1998.

VII. Tração

As fissuras devido à tração atravessam toda a seção do elemento (CÓIAS, 2006). Geralmente, são espaçadas igualmente entre si, como representado na Figura 30. Além do esforço de tração, a retração por secagem é uma das causas que pode gerar as fissuras representadas na Figura 30.

Figura 30: Representação das fissuras ocorridas por tração



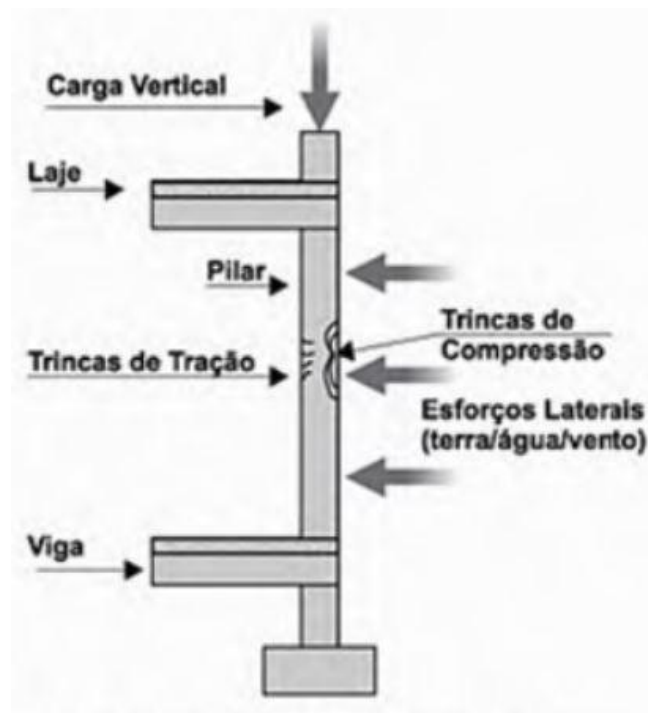
Fonte: CÓIAS, 2006.

VIII. Compressão

As fissuras provocadas por compressão em vigas e principalmente em pilares necessitam maior atenção e providências rápidas, uma vez que o concreto é o elemento responsável em absorver a maior parcela dos esforços de compressão. Quando o concreto apresenta fissuras por compressão, pode significar que o elemento está na iminência de um colapso, ou até mesmo já perdeu sua capacidade de suportar cargas, redistribuindo os esforços para estruturas vizinhas, que podem sofrer rupturas (MARCELLI, 2007).

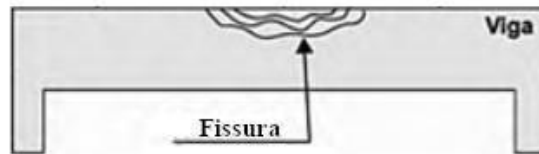
A Figura 31 apresenta como este tipo de fissura pode ocorrer em um pilar, uma das causas pode ser devido a flexão no pilar, gerando as fissuras de compressão em um dos lados e no outro fissura por tração. Em vigas, geralmente, ocorre por flexão, como mostrado na Figura 32, sendo apenas a parte superior comprimida, as fissuras devido à compressão serão nesta região comprimidas da viga.

Figura 31: Fissuras no pilar submetido à flexão e compressão



Fonte: MARCELLI, 2007.

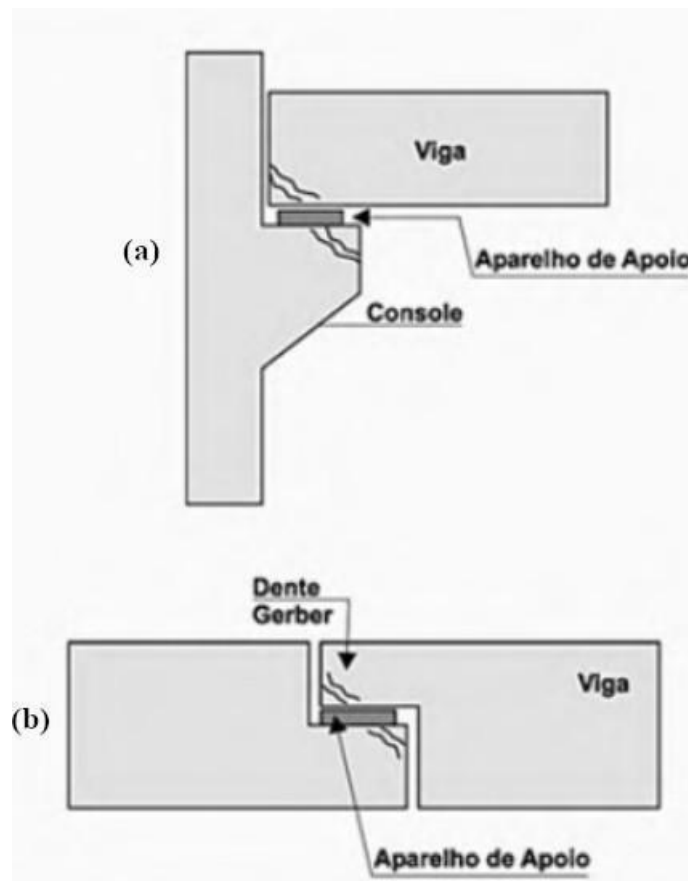
Figura 32: Fissuras na viga devido à compressão gerada pela flexão



Fonte: MARCELLI, 2007.

Outro tipo de fissura provocada por compressão, geralmente, ocorre em consoles e dentes Gerber, como apresentado nos itens a e b da Figura 33, respectivamente. São elementos comumente usados em pontes e estruturas pré-moldadas. As fissuras são resultantes da concentração de tensões normais e tangenciais da peça. Esse fenômeno ocorre pela ineficiência ou inexistência do aparelho de apoio, apresentado na Figura 33, sendo que em alguns casos a deficiência está no dimensionamento estrutural ou na colocação incorreta da armadura (MARCELLI, 2007).

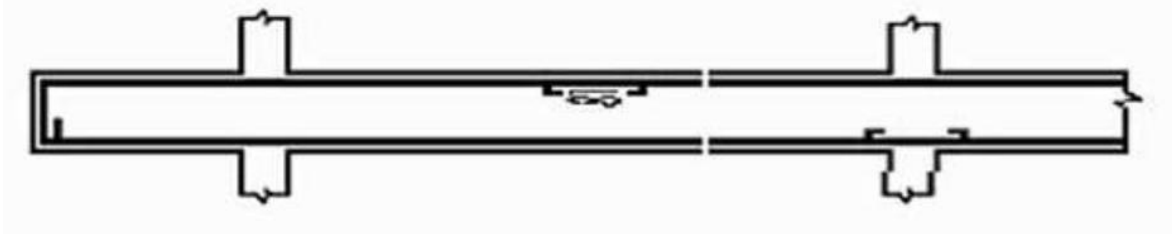
Figura 33: Fissuras em dente Gerber e console



Fonte: MARCELLI, 2007.

A Figura 34 mostra as fissuras em vigas por esmagamento do concreto ocasionadas por insuficiência da armadura de compressão, são fissuras que surgem na parte comprimida da viga, geralmente na parte superior, e próximo ao meio do vão.

Figura 34: Representação das fissuras em vigas ocorridas por esmagamento



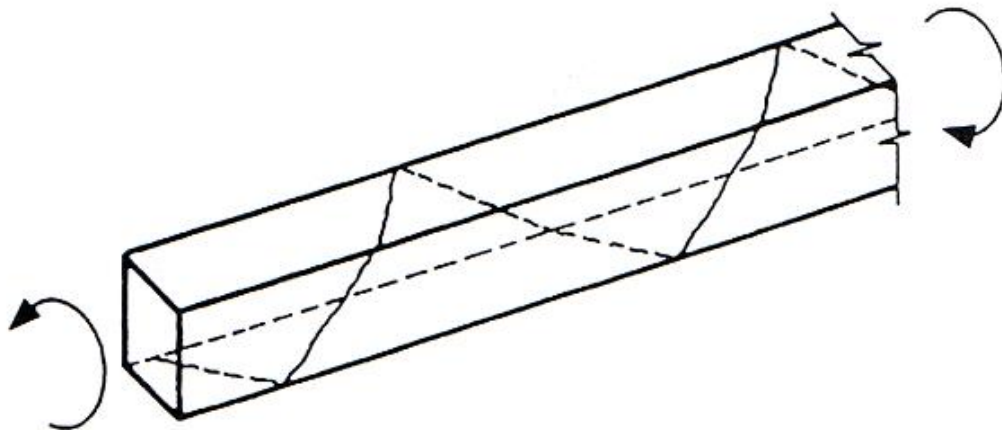
Fonte: SOUZA, 1998.

IX. Torção

As fissuras por torção têm inclinações opostas em lados opostos do elemento, como representado na Figura 35 (C.B.E., 1982). Geralmente ocorrem em vigas de eixo curvo, principalmente nas sacadas, em vigas ou lajes que tem flecha excessiva e se apoiam em outras vigas, (Figura 37 item b) causando uma rotação nestas últimas, ou em lajes em balanço do tipo marquise engastadas apenas na viga (Figura 37 item a) (MARCELLI, 2007).

A Figura 37 apresenta situações que provocam uma rotação no plano da seção transversal do elemento estrutural e, quando esse esforço gera deformações acima da capacidade de suporte da peça, surgem as fissuras características de torção. Devemos notar que elas são inclinadas aproximadamente a 45° , devido ao binário de forças apresentado na Figura 36 (MARCELLI, 2007).

Figura 35: Representação das fissuras ocorridas por torção



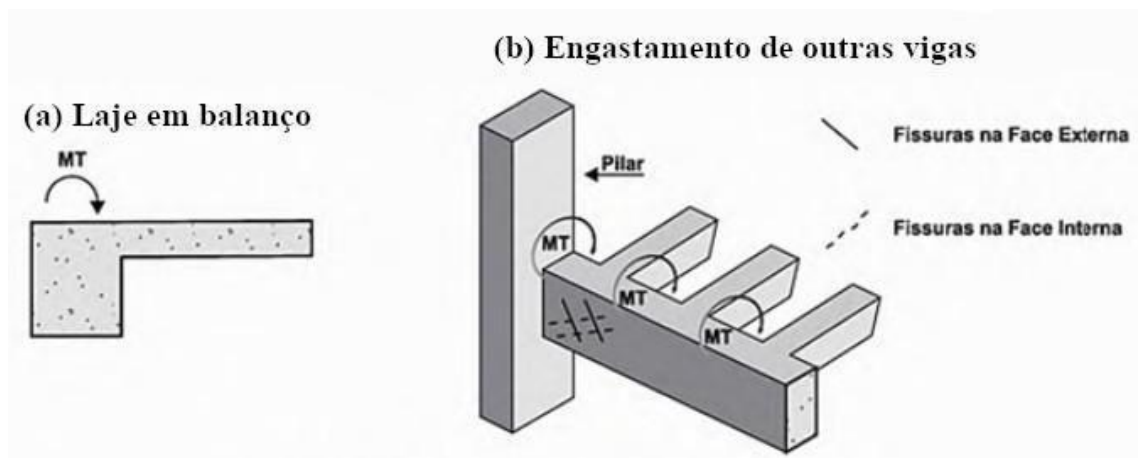
Fonte: C.E.B., 1982.

Figura 36: Esquema de forças atuantes em elemento finito com fissura por rotação



Fonte: MARCELLI, 2007.

Figura 37: Situações que podem gerar fissuras de torção

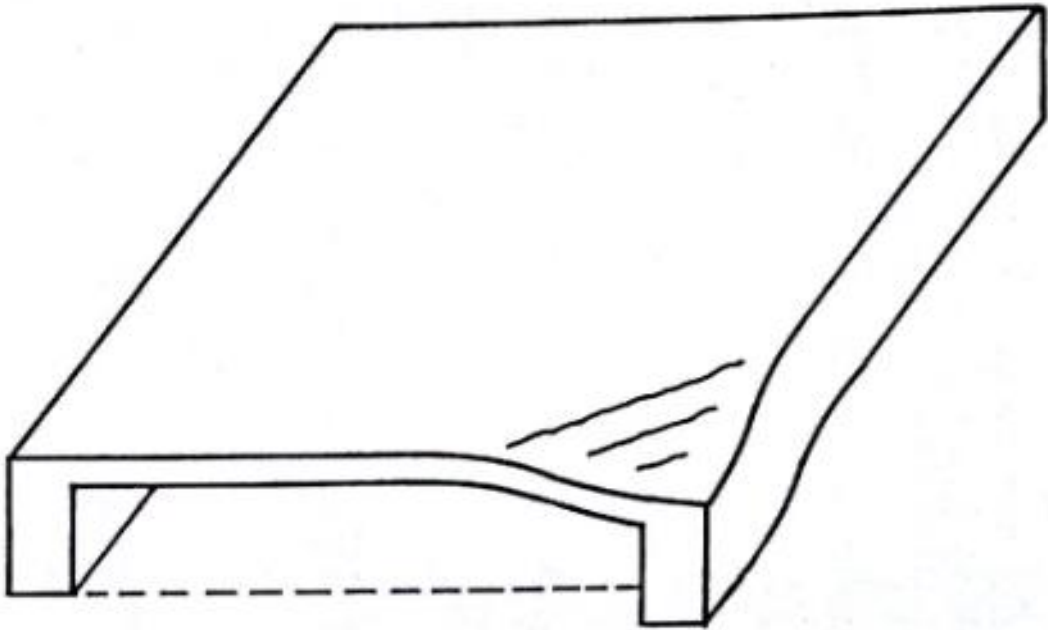


Fonte: MARCELLI, 2007.

Por recalque diferencial das fundações ou por deformabilidade da estrutura as lajes podem ser submetidas a solicitações de torção muito mais significativas do que aquelas que se desenvolvem nas lajes fletidas, as fissuras nesse caso apresentam-se inclinadas em relação às bordas da laje, como apresentado na Figura 38 (THOMAZ, 2003).

Durante a obra ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, está sujeita a deslocamentos verticais, lentos, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido. Em projetos mal concebidos, com erros de cálculo nas fundações, como por exemplo, nas fundações superficiais com diferenças acentuadas na relação carga/área de fundação, ocorrem recalques diferenciais entre os vários apoios, causando a abertura de trincas nas alvenarias e na estrutura (SOUZA, 1998).

Figura 38: Fissuras inclinadas devido à torção na laje



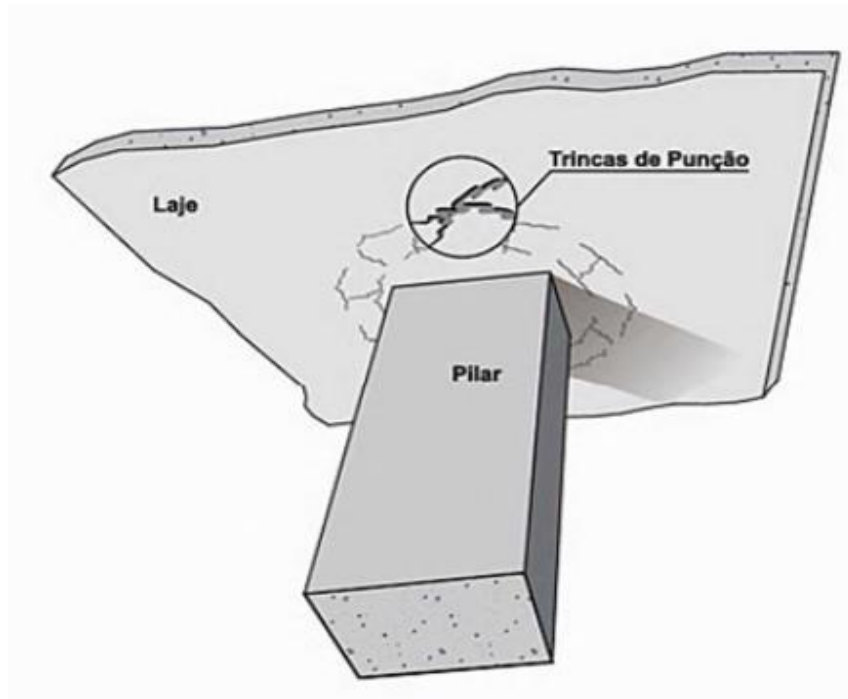
Fonte: THOMAZ, 2003.

X. Punção

O fenômeno de punção ocorre principalmente em lajes que recebem um esforço pontual, como no caso de lajes muito delgadas ou lajes cogumelos que se apoiam diretamente sobre o pilar sem o auxílio do capitel, ou outro método que distribui os esforços em uma área adequada para suportar os esforços.

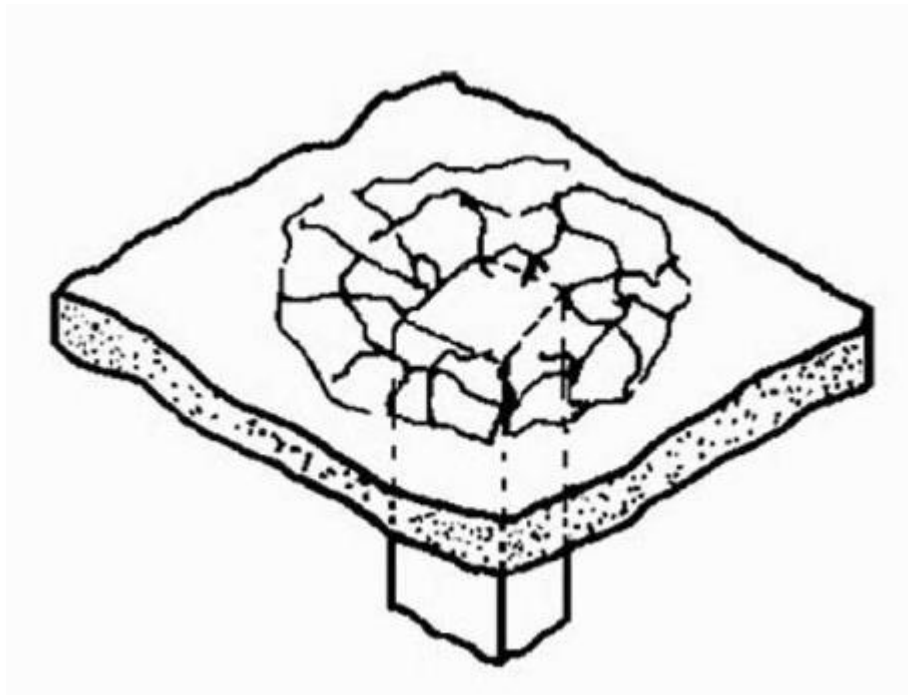
Apresentado nas Figuras 39 e 40, as fissuras por punção surgem de forma radial em torno do pilar. Surgem devido a vários fatores, por exemplo, quando há um excesso de carga, concreto da laje com resistência inadequada, armadura insuficiente ou mal posicionada junto aos apoios, falta de capitel ou falha de execução (MARCELLI, 2007).

Figura 39: Fissuras de punção, face inferior da laje



Fonte: MARCELLI, 2007.

Figura 40: Fissuras de punção, face superior da laje



Fonte: SOUZA, 1998.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento de uma ferramenta de compilação dos mecanismos e sintomas associados à fissuração exige desde um levantamento bibliográfico até a associação das diferentes tipologias de fissuras com suas causas. São utilizadas bibliografias com foco no estudo das fissuras no concreto, focando nos três principais elementos estruturais, que são as vigas, lajes e pilares.

A primeira fase do estudo se refere ao levantamento das principais causas de fissuração no concreto, realizada por meio da literatura bibliográfica. As fissuras definidas para estudo são as ocasionadas nas idades iniciais e por carregamento. As fissuras nas idades iniciais são fissuras que podem ocorrer ainda no estado fresco ou quando o concreto ainda não adquiriu resistência adequada, essas fissuras são, fissuras por assentamento plástico, retração plástica, retração superficial e retração por secagem. As fissuras por carregamentos ocorrem devido ao uso da estrutura, elas podem ocorrer por flexão, cisalhamento, compressão, torção, tração e de punção.

A segunda fase do estudo consiste em uma avaliação da tipologia, causas e mecanismos das fissuras. Sendo a tipologia da fissura classificada neste estudo como, fissuras lineares e fissuras ramificadas. Quando a fissura é classificada como linear ela possui mais duas subtipificações, podendo ser fissuras diagonais ou fissuras paralelas às bordas. Uma mesma causa pode gerar fissuras com tipologias diferentes em um mesmo elemento ou em elemento diferente, então é observado os mecanismos de surgimento das fissuras, de modo a diferenciar a tipologia para cada elemento estrutural (viga, laje e pilar). É realizada então, a classificação da tipologia, verificando como cada causa gera uma tipologia que depende do mecanismo de surgimento e do elemento fissurado.

Na terceira fase é realizada a elaboração de uma sequência de análise para cada um dos três elementos estruturais (viga, laje e pilar), por meio da sistematização dos dados obtidos nas fases anteriores. A compilação de parâmetros para se diagnosticar a fissuração na inspeção é realizada por meio da análise da fissura, levando em consideração o tipo de elemento estrutural, os locais possíveis de surgimento na estrutura, a sua orientação, o seu tempo de surgimento e as características específicas para cada causa de fissuração.

Na quarta fase, a partir da compilação dos referenciais bibliográficos, da sistematização, especificação e caracterização realizadas nas fases anteriores, é elaborada uma ferramenta de auxílio na identificação de fissuras na inspeção, denominada de FLUXOM. A ferramenta, desenvolvida no formato de um fluxograma, possui caminhos e pontos de decisão que vão orientar o usuário até a possível causa da fissuração.

O FLUXOM é programado para auxiliar na identificação de uma fissura por vez, por exemplo, se houver mais de uma fissura com características visuais diferentes, elas devem ser analisadas separadamente, permitindo assim, a correta identificação de todas as causas de fissuração.

O fluxograma é desenvolvido no programa Bizage. Esse programa é escolhido para realizar a criação pois é possível produzir o fluxograma de forma prática, e permite a exportação para a linguagem HTML. Essa linguagem faz a integração do fluxograma em um site online, assim é possível acessar a ferramenta pela internet, sem ser necessário baixar nenhum aplicativo.

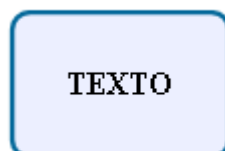
As principais características são apresentadas no fluxograma por meio de caixas de texto, o usuário deve verificar se a característica apresentada é compatível com a característica observada em campo e seguir o caminho correspondente a sua decisão. As características vão sendo filtradas de acordo com as decisões tomadas, até chegar a um resultado final, podendo ele ser uma das fissuras estudadas ou um tipo de fissura não abordado neste estudo, sendo assim, classificada como não convencional.

São propostos 3 fluxogramas, sendo um para cada elemento estrutural abordado (viga, laje e pilar), o primeiro passo do inspetor é identificar qual o elemento estrutural ele está analisando e assim poder seguir os passos seguintes. O fluxograma é composto por caixas de texto, em formato retangular, (Figura 41) que possuem afirmações a serem julgadas, e os pontos de decisão, que são em formato de um losango, (Figura 42) onde é definido o próximo caminho de acordo com a decisão do inspetor.

As caixas de texto, Figura 41, são desenvolvidas para interagir ao click do usuário. Ao clicar nelas é aberta uma janela com um texto mais aprofundado sobre o tema, Figura 43, e se necessário haverá uma imagem para exemplificar o conteúdo.

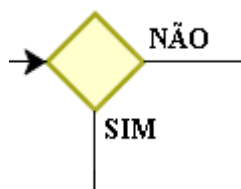
O FLUXOM tem como foco direcionar o inspetor a uma provável causa da fissura, para isso é proposto etapas nas quais existam afirmações que o inspetor deve concordar ou discordar, seguindo o caminho com a palavra “SIM” caso concorde ou seguir o caminho com a palavra “NÃO” caso discorde, como apresentado na Figura 42.

Figura 41: Caixa de texto do fluxograma



Fonte: Figura elaborada pelos autores.

Figura 42: Ponto de decisão do fluxograma.



Fonte: Figura elaborada pelos autores.

Os fluxogramas são compostos por etapas, e cada etapa é composta por uma característica da fissura, as duas primeiras etapas são realizadas de forma visual, sendo a primeira utilizada para filtrar a localização da fissura na estrutura e a segunda etapa para filtrar a forma da fissura. A terceira etapa é composta por aspectos mais específicos da fissura para cada elemento estrutural abordado, com questões desde o momento de concretagem até o uso da estrutura, observando assim, se ocorreu ou está ocorrendo aspectos que determinam um tipo específico de fissura.

Para ter acesso ao FLUXOM é necessário ter um dispositivo com acesso à internet, em seguida deve ser acessado o link a seguir: <https://fissura.000webhostapp.com>. Ao acessar o site, na tela inicial, Figura 44, o usuário deve primeiramente escolher o tipo de elemento estrutural que será investigado, viga, laje ou pilar. Após esta escolha será direcionado ao fluxograma correspondente onde é possível interagir com as caixas de texto e tomar as decisões para chegar no resultado.

Figura 43: Janela disponível ao clicar na caixa de texto

FISSURAS EM VIGA

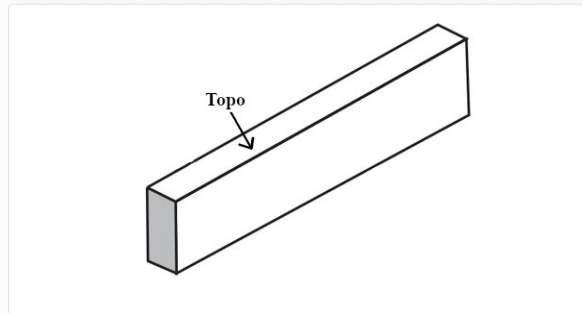
Localizada no topo da viga

Descrição

Fissura localizada na face superior da viga.

Subprocessos publicados

Figura

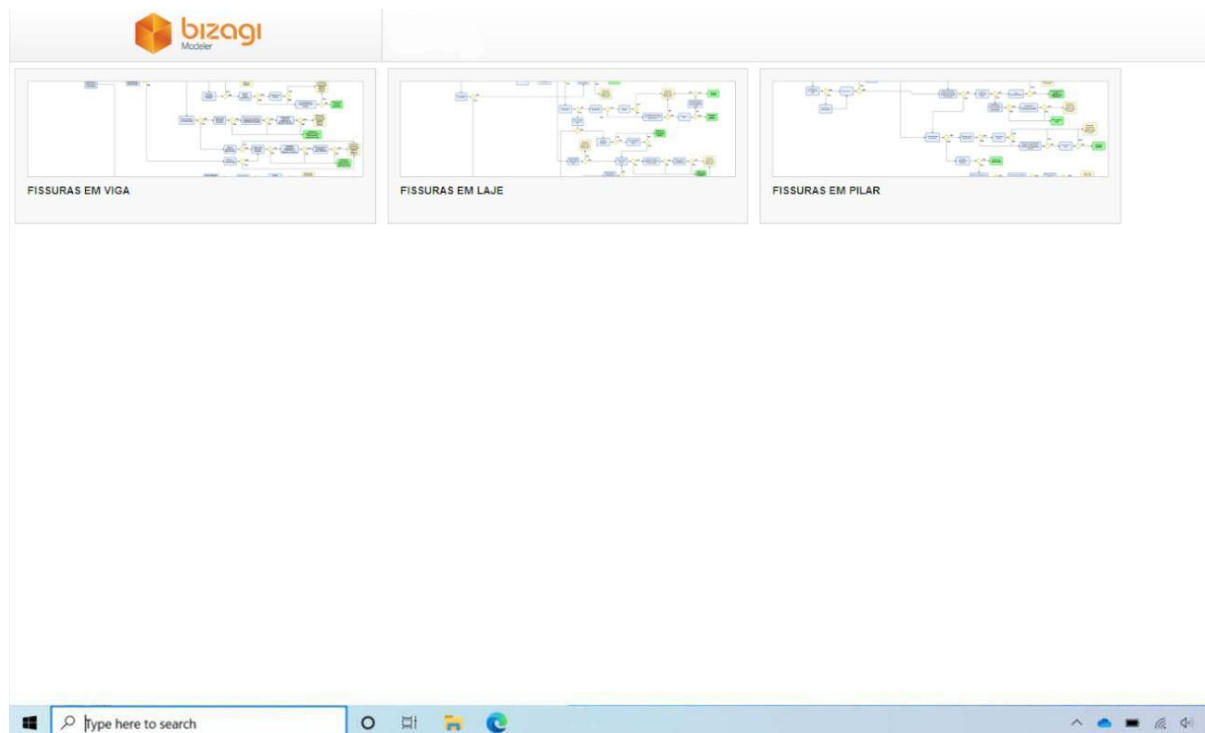


Fonte

Figura do autor

Fonte: Figura elaborada pelos autores.

Figura 44: Tela inicial do site



Fonte: Figura elaborada pelos autores.

4. RESULTADOS

O desenvolvimento da ferramenta para auxiliar a identificação das causas de fissuração em estruturas de concreto se inicia com o estudo dos principais elementos estruturais, sendo as definidas para estudo as vigas, lajes e pilares. Para cada um dos elementos é observado as características e os mecanismos de fissuração.

As fissuras podem ter seu surgimento em formato linear ou ramificado, isso depende de vários fatores, sendo um deles o tipo de elemento fissurado. Cada elemento pode apresentar um único formato de fissura ou até ambos os formatos devido à mesma causa. Para cada um dos três elementos abordados (viga, laje e pilar) é observado os possíveis formatos de fissuração.

Quando as fissuras são classificadas como formato linear, deve ser observado a orientação desta fissura. Para as vigas e lajes, as fissuras podem surgir com uma orientação paralela às bordas da viga ou em diagonal. Para os pilares, as fissuras podem surgir orientadas na horizontal ou vertical, podendo haver uma pequena inclinação em ambas as orientações.

As fissuras nas idades iniciais podem ter seu surgimento ainda no estado fresco ou quando a resistência do concreto não seja adequada para suportar os esforços impostos. Ocorrem por assentamento plástico, retração plástica, retração superficial e retração por secagem. As fissuras por carregamentos geralmente ocorrem durante o estado endurecido, quando a edificação está em uso, ocorrem por esforços de tração, compressão, cisalhamento e torção.

A ferramenta, denominada de FLUXOM, possui 3 fluxogramas, sendo um para cada elemento estrutural abordado. Os fluxogramas são programados de forma que as fissuras sejam analisadas de forma individual, sendo que, se existe mais que uma fissura com características visuais distintas, elas devem ser analisadas de forma individual. Os fluxogramas são compostos com caixas de textos com afirmações, setas indicativas e caminhos a serem seguidos de acordo com os aspectos observados durante a inspeção, para, ao final, ser possível a classificação da causa da fissuração que ocorre na estrutura de concreto inspecionada.

A utilização do FLUXOM se dá início com a escolha do elemento estrutural a ser analisado. Com o elemento estrutural definido, pode-se dar início ao processo de identificação da fissura, o primeiro passo é observar o local da fissura no elemento. Feita a identificação da localização, o segundo passo é identificar a orientação da fissura. Com a orientação definida, o

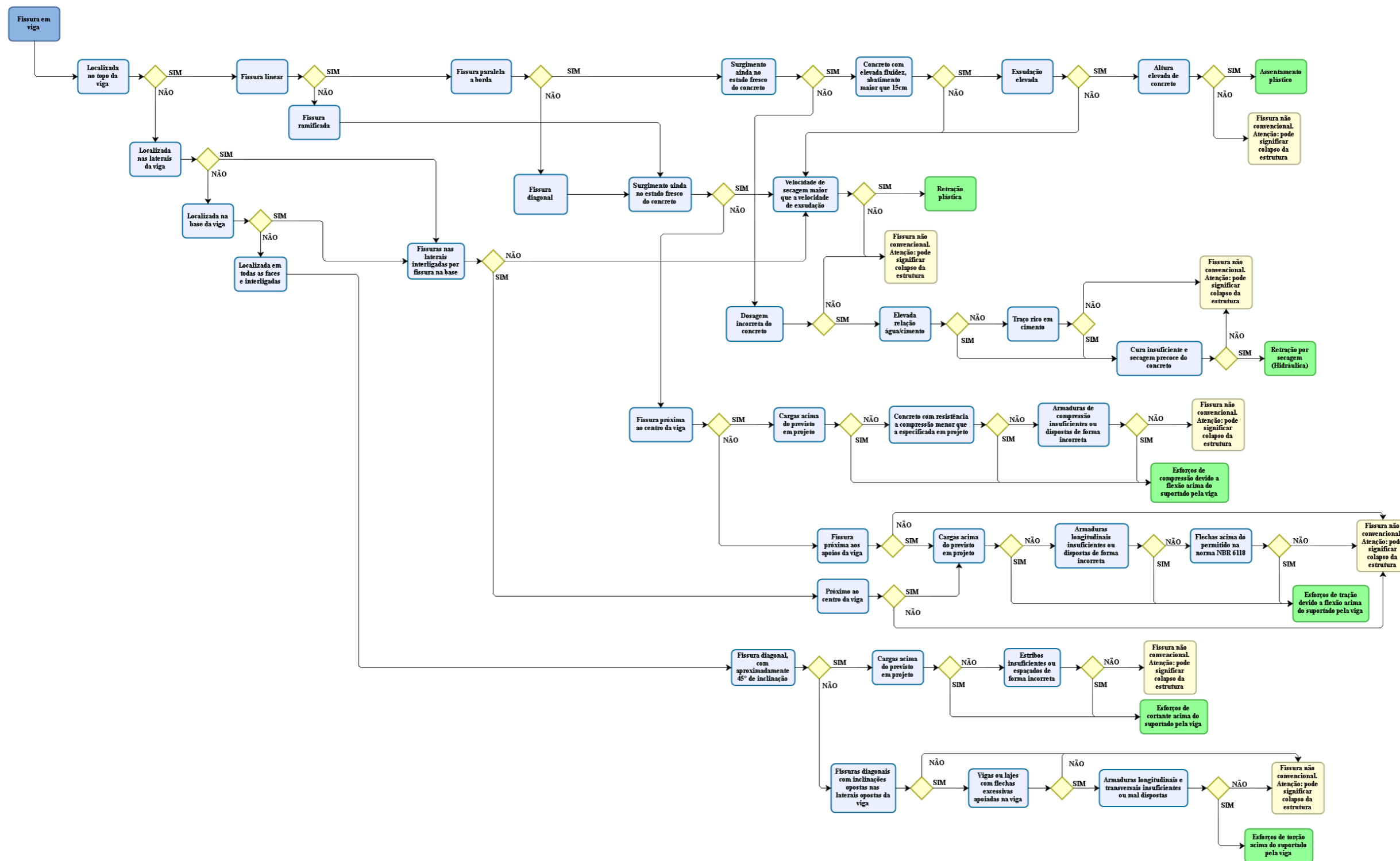
terceiro passo é identificar o momento de surgimento da fissura. Realizada a identificação do momento de surgimento se inicia o passo quatro, nesse momento é apresentada características e mecanismos mais específicos de cada tipo de fissura. No quinto passo, é realizada a identificação da provável causa da fissura ou, para os casos que não seja possível realizar a identificação, a não possibilidade de identificar a fissura.

No fluxograma para vigas, apresentado na Figura 45, o processo de identificação da fissura se dá início com a localização da fissura que podem ser encontradas: no topo, na lateral, na base ou em todas as faces da viga. Os tipos de fissuras que ocorrem neste elemento estrutural são devido ao assentamento plástico, retração plástica, retração por secagem (hidráulica), esforços de compressão, esforços devido a flexão, esforços de cortante ou esforços de torção. O apêndice A apresenta a descrição de cada caixa de texto presente no fluxograma para vigas da Figura 45.

Na Figura 46 é apresentado o fluxograma para os pilares. O processo de identificação da fissura se inicia com a definição do local da fissura, que pode ser encontrada na parte superior, no terço médio ou na base do pilar. Os tipos de fissuras que ocorrem neste elemento são gerados por assentamento plástico, flexão transversal devido à compressão axial (flambagem), flexo tração, retração superficial, esforços de tração e esforços de compressão. A descrição de cada passo do fluxograma para pilares da Figura 46 é apresentado no Apêndice B.

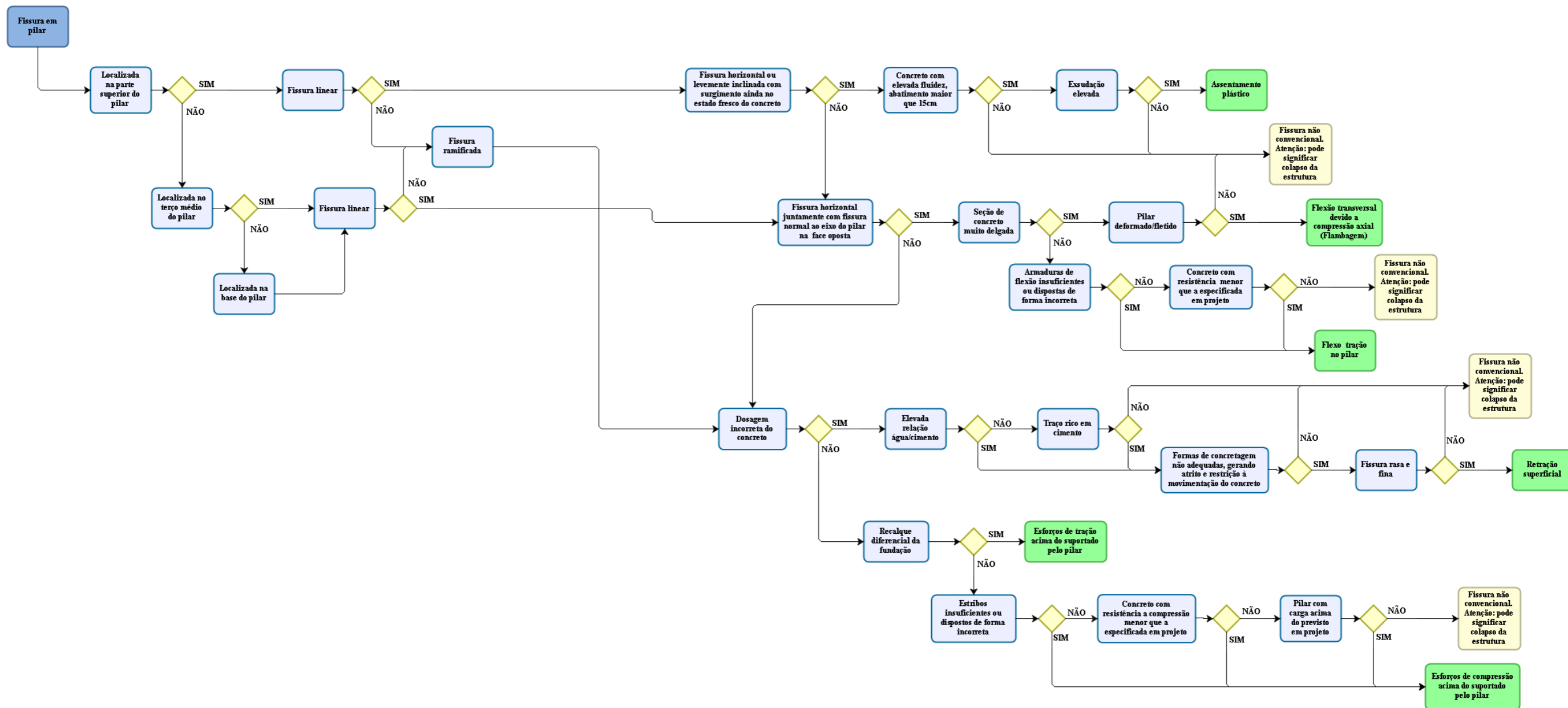
A identificação das fissuras em lajes, abordadas no fluxograma apresentado na Figura 47, se dá início com a definição da localização da fissura, podendo ter seu surgimento na face superior ou na face inferior. Os tipos de fissuras que geralmente ocorrem neste elemento são: o assentamento plástico, retração plástica, retração superficial, retração por secagem (hidráulica), esforços de torção, esforços de flexão, esforços de cortante (fissura devido a punção). No Apêndice C é apresentado a descrição de cada passo do fluxograma para lajes da Figura 47.

Figura 45: Fluxograma para fissuras em viga



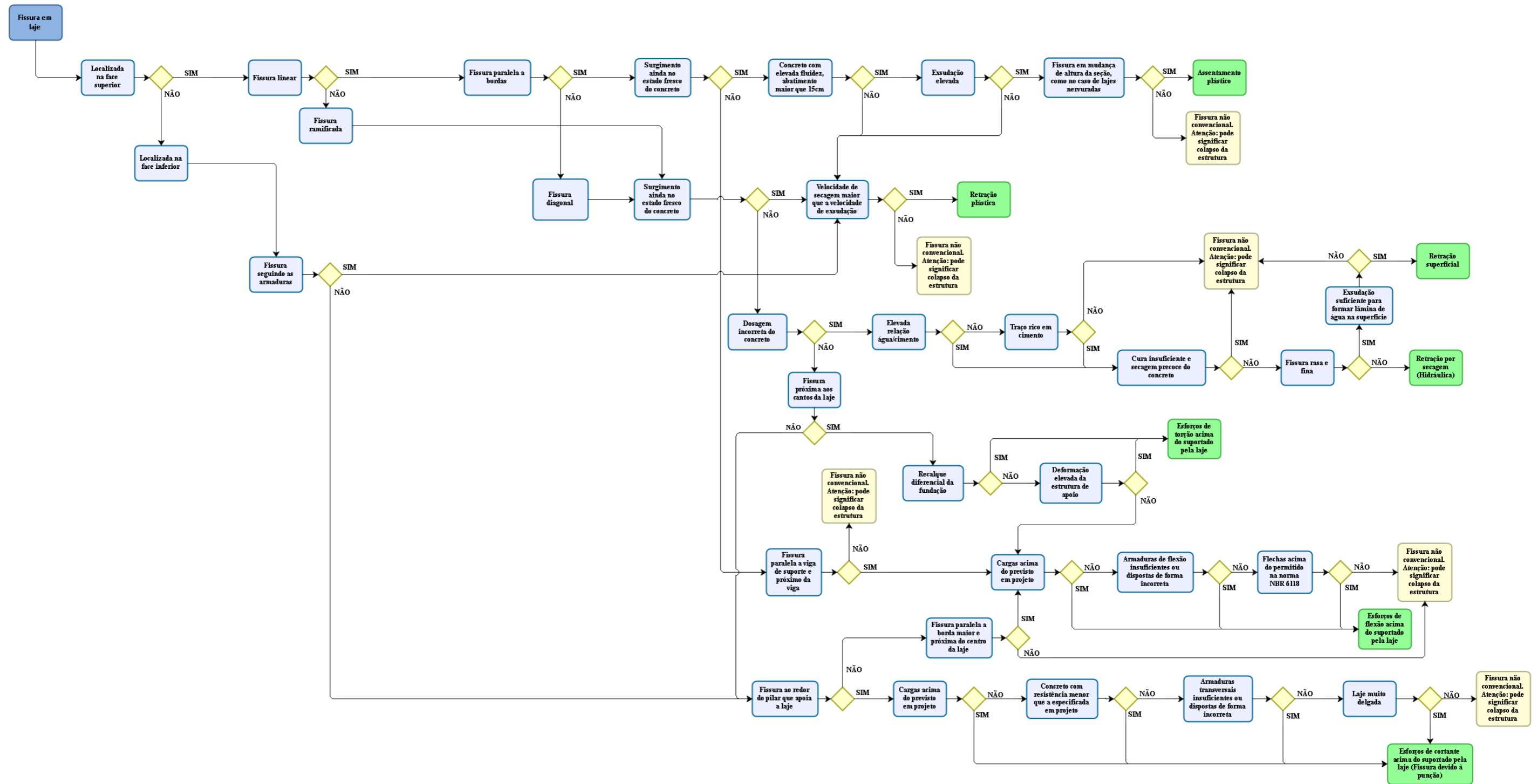
Fonte: Figura elaborada pelos autores.

Figura 46: Fluxograma para fissuras em pilar



Fonte: Figura elaborada pelos autores.

Figura 47: Fluxograma para fissuras em laje



Fonte: Figura elaborada pelos autores.

Nos três fluxogramas é possível que a fissura identificada seja “Fissura não convencional”. Esta classificação pode ocorrer quando a fissura inspecionada não ocorre por uma das causas abordadas por esse estudo ou é uma fissura que está em estágio avançado de dano, podendo indicar o início de um colapso estrutural.

O FLUXOM está sendo disponibilizado em site web, com endereço <https://fissura.000webhostapp.com>, podendo ser utilizado de maneira mais interativa. Ao clicar nas caixas de textos, aparecerá textos explicativos com imagens sobre o que está sendo abordado. Por exemplo, ao clicar na caixa “Fissuras lineares”, será possível ter acesso ao conceito e à imagem dessa fissura em específico. Dessa forma, o site pode auxiliar usuários de áreas afins que necessitem da utilização do fluxograma.

Analisando o FLUXOM de forma objetiva, é possível observar que ele auxilia na identificação de aspectos muito relevantes para o reconhecimento das fissuras nessas três estruturas, pois permite que o usuário siga um caminho explícito, com aspectos claros e definidos para, ao final, identificar a causa da fissura na estrutura observada. Dessa forma, pretende-se auxiliar o inspetor no diagnóstico a fim de que, de forma mais exata, seja realizada a identificação da causa da fissuração.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura de concreto armado é o tipo de estrutura mais utilizado na construção civil. Isso se dá por diversos aspectos, entre eles: durabilidade, maleabilidade, custo-benefício, facilidade em encontrar mão de obra, entre outros. É nessa perspectiva, que as estruturas em concreto, mesmo apresentando diversos benefícios para o sistema construtivo, apresenta consigo patologias causadas durante o processo executivo, de projeto ou de uso.

As patologias nas estruturas de concreto armado são dos mais variados tipos e causas, uma das principais é a fissuração. A fissuração em concreto pode afetar o desempenho, durabilidade e uso das estruturas. Quando se trata da avaliação de fissuras para o processo de manutenção das edificações, devido à quantidade de tipos de fissuras existentes em cada elemento de concreto, bem como, em alguns casos, a similaridade de possíveis causas entre alguns tipos, há dificuldades durante o processo de identificação e avaliação.

5.1. CONCLUSÕES

Com o levantamento bibliográfico realizado a partir de diversas literaturas nacionais e internacionais, foi desenvolvida a sistematização dos tipos de fissuras e suas principais causas e mecanismos de surgimento. Durante o processo de desenvolvimento da pesquisa, ocorreu a junção teórica, facilitando tanto a leitura em um material unificado, como a perspectiva de futuras pesquisas sobre a temática.

A proposta de desenvolver uma rotina de análise para diagnóstico das patologias de fissuras na inspeção é efetiva. A partir da sistematização dos dados obtidos no levantamento bibliográfico, foi possível compilar as informações obtidas e sistematizar as características através de fluxogramas, que permite implementar uma rotina com decisões a serem tomadas para chegar na provável causa da fissuração.

A ferramenta proposta, denominada de FLUXOM, é composta por três fluxogramas, sendo o primeiro para fissuras em viga, o segundo para fissuras em laje e o último para fissuras em pilar. O FLUXOM apresenta a aplicação de uma rotina de inspeção para identificação das fissuras, por meio das características das fissuras, indicando caminhos e pontos de decisão que vão orientar o inspetor para a provável causa da fissuração.

A apresentação do FLUXOM nesta pesquisa é de relevante contribuição para o campo da engenharia pois auxiliará de forma prática, o inspetor, mostrando-lhe os aspectos que devem ser observados para a identificação do tipo de fissura que ocorre na estrutura de concreto nos três elementos estabelecidos: vigas, lajes e pilares.

A observação das características das fissuras permite a identificação da sua causa, entretanto nota-se que, existem características semelhantes que necessitam de maior atenção para evitar erros no momento da identificação. Mesmo com a utilização da ferramenta proposta é necessário que o inspetor tenha conhecimento técnico adequado para poder tomar as decisões propostas durante o processo.

Vale ressaltar que, a ferramenta FLUXOM proposto nesta pesquisa requer ainda uma aplicação em campo, estudos mais aprofundados, bem como a correção de possíveis erros, pois trata-se de uma ferramenta ainda no campo didático/teórico.

5.2. Recomendações para trabalhos futuros

- Aplicação em campo do FLUXOM;
- Desenvolvimento do FLUXOM para as patologias de corrosão de armaduras e ataques químicos;
- Desenvolvimento do estudo para fissuras em alvenaria;
- Desenvolvimento do estudo para outros elementos estruturais;
- Desenvolvimento do estudo para estruturas mistas e híbridas nas ligações destas.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **ACI 224: Causes, evaluation and repair of cracks in concrete structures**. USA, 1998.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **ACI 201: Guide to durable concrete**. USA, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15558: Concreto – Determinação da exsudação**. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. Rio de Janeiro, 2011.
- CARVALHO, R. C.; Filho, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas de concreto armado**. 4ª Edição. São Paulo: Edufscar, 2010.
- C.E.B. *Durability of concrete structures*. Comite Euro-international du Beton. Paris, 1982.
- C.B.I.C. **Guia nacional para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2014.
- CÓIAS, V. **Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios**. 2ª Edição. Lisboa: IST Press, 2006.
- CONCRETE SOCIETY REPORT. *Non-structural cracks in concrete*. Concrete Society Technical Report No. 22, 3ª Edição. Reino Unido, 1992.
- FILHO, A. C; CARMONA, T. Boletim Técnico. **Fissuração nas estruturas de concreto**. México, 2013.
- FLORES, I. **Estratégias de manutenção - Elementos da envolvente de edifícios correntes**. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2002.
- FLORES, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Instituto Superior Técnico. Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil. Lisboa, 2009.

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (JSCE). *Standard specifications for concrete structures: Maintenance*. English version. Japão, 2007.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2016.

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

BOLDO, P. **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do exército brasileiro**. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília. Brasília, 2002.

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

SITTER, W. R. *Costs for service life optimization the "Law of fives"*. Boletim técnico. Copenhagen, 1983.

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

TAYLOR, W. H. *Concrete technology and practice*. Angua and Robertson. Sydney, 1969.

THE CONCRETE SOCIETY. *Diagnosis of deterioration in concrete structures*. Concrete Society Technical Report No. 54, Reino Unido, 2000.




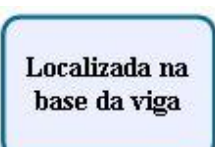
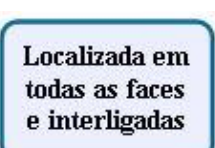
THOMAZ E. **Trincas em edifícios, causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, PINI, 2003.

TRALDI, C. L.; AGUIRRE, L. M.; SILVA, E. F.; LOPES, A. N. M. **Polímero superabsorvente como agente de cura interna para prevenir fissuração em concretos**. Jornadas Sul-Americanas da Engenharia Estrutural. Uruguai, 2014.

VIEIRA, M. M. **Patologias em estruturas de concreto**. Universidade de Araraquara (UNIARA). São Paulo, 2016.

APÊNDICES

Apêndice A - Descrição dos itens do fluxograma para fissura em viga

Fissura em viga	
Caixa de texto	Descrição
	<p>Texto: Fissura em viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto de partida, indica que a fissura em análise se encontra em um elemento estrutural de viga.
	<p>Texto: Localizada no topo da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura no topo da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não seja esta a localização da fissura, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
	<p>Texto: Localizada nas laterais da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura na lateral da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não seja esta a localização da fissura, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
	<p>Texto: Localizada na base da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura na base da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não seja esta a localização da fissura, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
	<p>Texto: Localizada em todas as faces e interligadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura em todas as faces da viga e interligadas, o usuário deve seguir a seta indicada.

<p style="text-align: center;">Fissura linear</p>	<p>Texto: Fissura linear.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a tipologia da fissura corresponde à fissura linear, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a tipologia da fissura não corresponda à fissura linear, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura ramificada</p>	<p>Texto: Fissura ramificada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a tipologia da fissura corresponde à fissura ramificada, o usuário deve seguir a seta indicada.
<p style="text-align: center;">Fissura paralela a borda</p>	<p>Texto: Fissura paralela a borda.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação da fissura paralela às bordas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a orientação da fissura não seja paralela às bordas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura diagonal</p>	<p>Texto: Fissura diagonal.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação da fissura diagonal em relação às bordas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada.
<p style="text-align: center;">Surgimento ainda no estado fresco do concreto</p>	<p>Texto: Surgimento ainda no estado fresco.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado o surgimento da fissura ainda no estado fresco do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso o surgimento da fissura ocorra no estado endurecido do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Concreto com elevada fluidez, abatimento maior que 15cm</p>	<p>Texto: Concreto com elevada fluidez, abatimento maior que 15cm.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a elevada fluidez do concreto, com abatimento maior que 15 cm, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso o concreto tenha uma fluidez adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Exsudação elevada</p>	<p>Texto: Exsudação elevada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma exsudação elevada, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não seja confirmada a exsudação elevada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".

<p style="text-align: center;">Altura elevada de concreto</p>	<p>Texto: Altura elevada de concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma altura elevada de concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não exista uma altura elevada de concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Velocidade de secagem maior que a velocidade de exsudação</p>	<p>Texto: Velocidade de secagem maior que a velocidade de exsudação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma velocidade de secagem da água superior a velocidade de exsudação, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a velocidade de secagem seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Dosagem incorreta do concreto</p>	<p>Texto: Dosagem incorreta do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma dosagem incorreta do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a dosagem do concreto seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Elevada relação água/cimento</p>	<p>Texto: Elevada relação água/cimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma elevada relação água/cimento, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a relação água/cimento do concreto seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Traço rico em cimento</p>	<p>Texto: Traço rico em cimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado um traço rico em cimento, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a dosagem seja com quantidade de cimento adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Cura insuficiente e secagem precoce do concreto</p>	<p>Texto: Cura inadequada e secagem precoce do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma cura inadequada capaz de secar de forma precoce o concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a cura seja realizada de forma adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura próxima ao centro da viga</p>	<p>Texto: Fissura próxima ao centro da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização próxima ao centro da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja localizada próxima ao centro da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".

<p style="text-align: center;">Cargas acima do previsto em projeto</p>	<p>Texto: Carga acima do previsto em projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma carga acima da qual a estrutura foi projetada para suportar, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso as cargas presentes na estrutura sejam adequadas ao projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Concreto com resistência a compressão menor que a especificada em projeto</p>	<p>Texto: Concreto com resistência à compressão menor que a especificada em projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma resistência à compressão menor que a especificada em projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a resistência à compressão atenda o projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Armaduras de compressão insuficientes ou dispostas de forma incorreta</p>	<p>Texto: Armaduras de compressão insuficientes ou dispostas de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a insuficiência de armaduras ou sua disposição incorreta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso as armaduras sejam suficientes e dispostas de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura próxima aos apoios da viga</p>	<p>Texto: Fissura próxima aos apoios da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura próxima aos apoios da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a localização da fissura não seja próxima aos apoios, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Armaduras longitudinais insuficientes ou dispostas de forma incorreta</p>	<p>Texto: Armaduras longitudinais insuficientes ou dispostas de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a insuficiência de armaduras ou sua disposição incorreta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso as armaduras sejam suficientes e dispostas de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Flechas acima do permitido na norma NBR 6118</p>	<p>Texto: Flechas acima do permitido na norma NBR 6118</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a flecha na viga maior que o permitido em norma, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a flecha esteja dentro do permitido, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura diagonal, com aproximadamente 45° de inclinação</p>	<p>Texto: Fissura diagonal, com aproximadamente 45° de inclinação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação diagonal da fissura, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a orientação da fissura não seja diagonal com inclinação próxima a 45°, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".

<p>Estribos insuficientes ou espaçados de forma incorreta</p>	<p>Texto: Estribos insuficientes ou espaçados de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a insuficiência de estribos ou seu espaçamento incorreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso os estribos sejam suficientes e espaçados de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissuras diagonais com inclinações opostas nas laterais opostas da viga</p>	<p>Texto: Fissuras diagonais com inclinações opostas nas laterais opostas da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação diagonal da fissura com inclinações opostas nas laterais opostas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não siga a orientação diagonal com inclinação oposta em laterais opostas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Vigas ou lajes com flechas excessivas apoiadas na viga</p>	<p>Texto: Vigas ou lajes com flechas excessivas apoiadas na viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado o apoio de lajes ou vigas com flechas na viga fissurada, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não exista lajes ou vigas com flechas excessivas apoiadas na viga fissurada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Armaduras longitudinais e transversais insuficientes ou mal dispostas</p>	<p>Texto: Armaduras longitudinais e transversais insuficientes ou mal dispostas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a insuficiência de armaduras ou sua disposição incorreta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso as armaduras sejam suficientes e dispostas de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura não convencional. Atenção: pode significar colapso da estrutura</p>	<p>Texto: Fissura não convencional. Atenção: pode significar colapso da estrutura.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, não foi possível determinar a causa da fissura. ● É importante tomar cautela neste caso, pois a fissura investigada pode significar o início de colapso estrutural.
<p>Assentamento plástico</p>	<p>Texto: Assentamento plástico.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pelo assentamento plástico. ● É complexa a diferenciação entre fissuras causadas por assentamento plástico e retração plástica, podendo haver uma margem de erro na identificação entre essas duas causas.

<p style="text-align: center;">Retração plástica</p>	<p>Texto: Retração plástica.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela retração plástica. ● É complexa a diferenciação entre fissuras causadas por assentamento plástico e retração plástica, podendo haver uma margem de erro na identificação entre essas duas causas.
<p style="text-align: center;">Retração por secagem (Hidráulica)</p>	<p>Texto: Retração por secagem (Hidráulica).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela retração por secagem (Hidráulica).
<p style="text-align: center;">Esforços de compressão devido a flexão acima do suportado pela viga</p>	<p>Texto: Esforços de compressão devido a flexão acima do suportado pela viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de compressão em razão da flexão ocorrida na viga.
<p style="text-align: center;">Esforços de tração devido a flexão acima do suportado pela viga</p>	<p>Texto: Esforços de tração devido a flexão acima do suportado pela viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de tração em razão da flexão ocorrida na viga.
<p style="text-align: center;">Esforços de cortante acima do suportado pela viga</p>	<p>Texto: Esforços de cortante acima do suportado pela viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de cortante não suportados pela viga.
<p style="text-align: center;">Esforços de torção acima do suportado pela viga</p>	<p>Texto: Esforços de torção acima do suportado pela viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de torção não suportados pela viga.

Apêndice B - Descrição dos itens do fluxograma para fissura em laje

Fissura em laje	
Caixa de texto	Descrição
Fissura em laje	<p>Texto: Fissura em laje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto de partida, indica que a fissura em análise se encontra em um elemento estrutural de laje.
Localizada na face superior	<p>Texto: Localizada na face superior.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura na face superior da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja localizada na face superior da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Localizada na face inferior	<p>Texto: Localizada na face inferior.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura na face inferior da laje, o usuário deve seguir a seta indicada.
Fissura ramificada	<p>Texto: Fissura ramificada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a tipologia da fissura corresponde à fissura ramificada, o usuário deve seguir a seta indicada.
Fissura linear	<p>Texto: Fissura linear.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a tipologia da fissura corresponde à fissura linear, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a tipologia da fissura não corresponda à fissura linear, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Fissura diagonal	<p>Texto: Fissura diagonal.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação da fissura diagonal em relação às bordas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada.
Fissura paralela a bordas	<p>Texto: Fissura paralela a borda.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação da fissura paralela às bordas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a orientação da fissura não seja paralela às bordas da viga, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".

<p style="text-align: center;">Surgimento ainda no estado fresco do concreto</p>	<p>Texto: Surgimento ainda no estado fresco.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado o surgimento da fissura ainda no estado fresco do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso o surgimento da fissura ocorra no estado endurecido do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Concreto com elevada fluidez, abatimento maior que 15cm</p>	<p>Texto: Concreto com elevada fluidez, abatimento maior que 15cm.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a elevada fluidez do concreto, com abatimento maior que 15 cm, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso o concreto tenha uma fluidez adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Exsudação elevada</p>	<p>Texto: Exsudação elevada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma exsudação elevada, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não seja confirmada a exsudação elevada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura em mudança de altura da seção, como no caso de lajes nervuradas</p>	<p>Texto: Fissura em mudança de altura de seção, como no caso de lajes nervuradas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a fissura em uma mudança de altura, que geralmente ocorre em lajes nervuradas, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não exista uma mudança de altura da seção, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Velocidade de secagem maior que a velocidade de exsudação</p>	<p>Texto: Velocidade de secagem maior que a velocidade de exsudação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma velocidade de secagem da água superior a velocidade de exsudação, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a velocidade de secagem seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Fissura seguindo as armaduras</p>	<p>Texto: Fissura seguindo as armaduras.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado que a fissura segue o padrão das armaduras da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja orientada pelas armaduras da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p style="text-align: center;">Dosagem incorreta do concreto</p>	<p>Texto: Dosagem incorreta do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma dosagem incorreta do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a dosagem do concreto seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".

<p>Elevada relação água/cimento</p>	<p>Texto: Elevada relação água/cimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma elevada relação água/cimento, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a relação água/cimento do concreto seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Traço rico em cimento</p>	<p>Texto: Traço rico em cimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado um traço rico em cimento, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a dosagem seja com quantidade de cimento adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Cura insuficiente e secagem precoce do concreto</p>	<p>Texto: Cura inadequada e secagem precoce do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma cura inadequada capaz de secar de forma precoce o concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a cura seja realizada de forma adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura rasa e fina</p>	<p>Texto: Fissura rasa e fina.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma fissura rasa e com pequena abertura, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja rasa e com abertura pequena, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Exsudação suficiente para formar lamina de água na superfície</p>	<p>Texto: Exsudação suficiente para formar lâmina de água na superfície.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma exsudação elevada, capaz de criar uma lâmina de água na superfície, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a exsudação seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura próxima aos cantos da laje</p>	<p>Texto: Fissura próxima aos cantos da laje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura próxima aos cantos da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja próxima aos cantos da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Recalque diferencial da fundação</p>	<p>Texto: Recalque diferencial da fundação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado a existência de um recalque diferencial da fundação, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não exista um recalque diferencial da fundação, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Deformação elevada da estrutura de apoio</p>	<p>Texto: Deformação elevada da estrutura de apoio.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado a existência de deformações acima do permitido em norma, na estrutura que apoia a laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM".

	<ul style="list-style-type: none"> • Caso não exista deformações consideráveis na estrutura de apoio da laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura paralela a viga de suporte e próximo da viga</p>	<p>Texto: Fissura paralela a viga de suporte e próximo da viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a localização próxima a viga e paralela a ela, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso não seja localizada próxima a viga de apoio e paralela a ela, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Cargas acima do previsto em projeto</p>	<p>Texto: Carga acima do previsto em projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada uma carga acima da qual a estrutura foi projetada para suportar, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso as cargas presentes na estrutura sejam adequadas ao projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Armaduras de flexão insuficientes ou dispostas de forma incorreta</p>	<p>Texto: Armaduras de flexão insuficientes ou dispostas de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a insuficiência de armaduras ou sua disposição incorreta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso as armaduras sejam suficientes e dispostas de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Flechas acima do permitido na norma NBR 6118</p>	<p>Texto: Flechas acima do permitido na norma NBR 6118.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a flecha na viga maior que o permitido em norma, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso a flecha esteja dentro do permitido, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura paralela a borda maior e próxima do centro da laje</p>	<p>Texto: Fissura paralela a borda maior e próxima do centro da laje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a localização da fissura próxima do centro da laje e orientada paralela a borda maior, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso a fissura não seja próxima ao centro da laje ou não seja paralela a borda maior, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura ao redor do pilar que apoia a laje</p>	<p>Texto: Fissura ao redor do pilar que apoia a laje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a localização da fissura na região ao redor do pilar que apoia a laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso a fissura não seja na região ao redor do pilar que apoia a laje, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Concreto com resistência menor que a especificada em projeto</p>	<p>Texto: Concreto com resistência à compressão menor que a especificada em projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada uma resistência à compressão menor que a especificada em projeto, o usuário deve seguir a seta indicada

	<p>com "SIM".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caso a resistência à compressão atenda o projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Armaduras transversais insuficientes ou dispostas de forma</p>	<p>Texto: Armaduras transversais insuficientes ou dispostas de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a insuficiência de armaduras ou sua disposição incorreta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso as armaduras sejam suficientes e dispostas de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Laje muito delgada</p>	<p>Texto: Laje muito delgada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a esbeltez da laje para o carregamento imposto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso a laje seja de espessura adequada para as cargas, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura não convencional. Atenção: pode significar colapso da estrutura</p>	<p>Texto: Fissura não convencional. Atenção: pode significar colapso da estrutura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, não foi possível determinar a causa da fissura. • É importante tomar cautela neste caso, pois a fissura investigada pode significar o início de colapso estrutural.
<p>Assentamento plástico</p>	<p>Texto: Assentamento plástico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pelo assentamento plástico. • É complexa a diferenciação entre fissuras causadas por assentamento plástico e retração plástica, podendo haver uma margem de erro na identificação entre essas duas causas.
<p>Retração plástica</p>	<p>Texto: Retração plástica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela retração plástica. • É complexa a diferenciação entre fissuras causadas por assentamento plástico e retração plástica, podendo haver uma margem de erro na identificação entre essas duas causas.
<p>Retração superficial</p>	<p>Texto: Retração superficial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela retração superficial.

<p>Retração por secagem (Hidráulica)</p>	<p>Texto: Retração por secagem (Hidráulica).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela retração por secagem (Hidráulica).
<p>Esforços de torção acima do suportado pela laje</p>	<p>Texto: Esforços de torção acima do suportado pela laje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de torção não suportados pela laje.
<p>Esforços de flexão acima do suportado pela laje</p>	<p>Texto: Esforços de flexão acima do suportado pela laje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços causados pela flexão da laje.
<p>Esforços de cortante acima do suportado pela laje (Fissura devido à punção)</p>	<p>Texto: Esforços de cortante acima do suportado pela viga.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de cortante não suportados pela laje, em razão da punção.

Apêndice C - Descrição dos itens do fluxograma para fissura em pilar

Fissura em pilar	
Caixa de texto	Descrição
Fissura em pilar	<p>Texto: Fissura em pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ponto de partida, indica que a fissura em análise se encontra em um elemento estrutural de pilar.
Localizada na parte superior do pilar	<p>Texto: Localizada na parte superior do pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura na parte superior do pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja localizada na parte superior do pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Localizada no terço médio do pilar	<p>Texto: Localizada no terço médio do pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura no terço médio do pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja localizada no terço médio do pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Localizada na base do pilar	<p>Texto: Localizada na base do pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a localização da fissura na parte inferior do pilar, o usuário deve seguir a seta indicada.
Fissura linear	<p>Texto: Fissura linear.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a tipologia da fissura corresponde à fissura linear, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a tipologia da fissura não corresponda à fissura linear, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Fissura ramificada	<p>Texto: Fissura ramificada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a tipologia da fissura corresponde à fissura ramificada, o usuário deve seguir a seta indicada.
Fissura horizontal ou levemente inclinada com surgimento ainda no estado fresco do concreto	<p>Texto: Fissura horizontal ou levemente inclinada com surgimento ainda no estado fresco do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a orientação horizontal da fissura e seu surgimento no estado fresco, o usuário deve seguir a seta

	<p>indicada com "SIM".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caso a orientação não seja horizontal ou seu surgimento não se deu no estado fresco, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Concreto com elevada fluidez, abatimento maior que 15cm</p>	<p>Texto: Concreto com elevada fluidez, abatimento maior que 15cm.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a elevada fluidez do concreto, com abatimento maior que 15 cm, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso o concreto tenha uma fluidez adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Exsudação elevada</p>	<p>Texto: Exsudação elevada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada uma exsudação elevada, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso não seja confirmada a exsudação elevada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura horizontal juntamente com fissura normal ao eixo do pilar na face oposta</p>	<p>Texto: Fissura horizontal juntamente com fissura normal ao eixo do pilar na face oposta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a orientação da fissura junto com a fissura normal em face oposta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso não seja confirmada a orientação horizontal da fissura ou a fissura em face oposta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Seção de concreto muito delgada</p>	<p>Texto: Seção de concreto muito delgada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada uma seção muito esbelta de concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso a seção não seja esbelta para as condições impostas ao pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Pilar deformado/fletido</p>	<p>Texto: Pilar deformado/fletido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a existência de deformação do pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso o pilar não esteja deformado, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Armaduras de flexão insuficientes ou dispostas de forma incorreta</p>	<p>Texto: Armaduras de flexão insuficientes ou dispostas de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a insuficiência de armaduras ou sua disposição incorreta, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso as armaduras sejam suficientes e dispostas de forma correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".

<p>Concreto com resistência menor que a especificada em projeto</p>	<p>Texto: Concreto com resistência menor que a especificada em projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma resistência à compressão menor que a especificada em projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a resistência à compressão atenda o projeto, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Dosagem incorreta do concreto</p>	<p>Texto: Dosagem incorreta do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma dosagem incorreta do concreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a dosagem do concreto seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Elevada relação água/cimento</p>	<p>Texto: Elevada relação água/cimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma elevada relação água/cimento, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a relação água/cimento do concreto seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Traço rico em cimento</p>	<p>Texto: Traço rico em cimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado um traço rico em cimento, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a dosagem seja com quantidade de cimento adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Formas de concretagem não adequadas, gerando atrito e restrição a movimentação do concreto</p>	<p>Texto: Formas de concretagem não adequadas, gerando atrito e restrição à movimentação do concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a utilização de formas não adequadas, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a forma utilizada seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Fissura rasa e fina</p>	<p>Texto: Fissura rasa e fina.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada uma fissura rasa e com pequena abertura, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso a fissura não seja rasa e com abertura pequena, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Recalque diferencial da fundação</p>	<p>Texto: Recalque diferencial da fundação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmado a existência de um recalque diferencial da fundação, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso não exista um recalque diferencial da fundação, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
<p>Estribos insuficientes ou dispostos de forma incorreta</p>	<p>Texto: Estribos insuficientes ou dispostos de forma incorreta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Confirmada a insuficiência de estribos ou seu espaçamento incorreto, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". ● Caso os estribos sejam suficientes e espaçados de forma

	correta, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Pilar com carga acima do previsto em projeto	<p>Texto: Pilar com carga acima do previsto em projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmada a carga acima do suportado pelo pilar, o usuário deve seguir a seta indicada com "SIM". • Caso a carga aplicada ao pilar seja adequada, o usuário deve seguir a seta indicada com "NÃO".
Fissura não convencional. Atenção: pode significar colapso da estrutura	<p>Texto: Fissura não convencional. Atenção: pode significar colapso da estrutura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, não foi possível determinar a causa da fissura. • É importante tomar cautela neste caso, pois a fissura investigada pode significar o início de colapso estrutural.
Assentamento plástico	<p>Texto: Assentamento plástico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pelo assentamento plástico.
Flexão transversal devido a compressão axial (Flambagem)	<p>Texto: Flexão transversal devido à compressão axial.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a compressão axial, em alguns casos pode significar a flambagem do pilar.
Flexo tração no pilar	<p>Texto: Flexo tração no pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela flexo tração.
Retração superficial	<p>Texto: Retração superficial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada pela retração superficial.
Esforços de tração acima do suportado pelo pilar	<p>Texto: Esforços de tração acima do suportado pelo pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de tração.
Esforços de compressão acima do suportado pelo pilar	<p>Texto: Esforços de compressão acima do suportado pelo pilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto final, significa o final da investigação, neste caso, a fissura tem uma alta probabilidade de ter sua causa iniciada devido a esforços de compressão.