

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão do
Ambiente Construído

Evandro Rocha Dutra

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: FISSURAS

Causas / Diagnóstico / Recuperação

Belo Horizonte,
2016

EVANDRO ROCHA DUTRA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: FISSURAS
CAUSAS / DIAGNÓSTICO / RECUPERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo de Aguiar

**Belo Horizonte,
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por poder chegar a este momento tão esperado de Final de Curso.

Ao Professor Doutor José Eduardo de Aguiar pela orientação, incentivo e colaboração na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Jucélia e Wanildo, por todo o apoio e ensinamento em todas as fases do meu desenvolvimento.

A minha irmã, Karina, por todo carinho e companheirismo.

A todos que participaram de alguma forma da realização deste trabalho.

RESUMO

O número de manifestações patológicas nas construções aumenta cada vez mais com a evolução tecnológica dos materiais e projetos mais ousados, associados também à falta de controle dos materiais e serviços. Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam as edificações, alguns deles são as fissuras que são muito comuns. Assim, torna-se necessário um estudo, não somente das causas do aparecimento das fissuras, como também das ações preventivas e corretivas a serem tomadas para evitar que outras construções herdem o processo construtivo que levam ao aparecimento de patologias. O objetivo deste trabalho é abordar, por meio de estudos em algumas edificações, as causas de aparecimento das fissuras, analisando os mecanismos de formação das mesmas e algumas formas de reparos. Neste trabalho, as fissuras, trincas e rachaduras, são denominadas preferencialmente fissuras, variando somente a dimensão de suas aberturas. Pretende-se avaliar as configurações mais típicas das fissuras nas edificações, os principais fatores que levam ao aparecimento e os mecanismos pelos quais se desenvolvem, e dessa forma, estudar as maneiras de corrigi-las, pois são manifestações patológicas causadoras de muitos transtornos financeiros, administrativos e até jurídicos para as construtoras.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Trincas. Fissuras. Patologias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fissuras causadas por corrosão de armaduras	18
Figura 2: Fissuras causadas por flexão.....	18
Figura 3: Fissuras causadas por torção	19
Figura 4: Fissuras causadas por falta de estribos.....	19
Figura 5: Fissuras causadas por recalques na fundação	20
Figura 6: Fissuras causadas por deformação excessiva da estrutura.....	22
Figura 7: Fissuras causadas devido à dilatação térmica.....	22
Figura 8: Fissuras causadas por ataques de sulfatos	24
Figura 9: Fissuração na base do Concreto Armado, de uma torre de rede elétrica.....	24
Figura 10: Fissuras na alvenaria por excesso de carga	25
Figura 11: Fissuras causadas na alvenaria por abertura de vãos	26
Figura 12: Fissuras causadas por retração hidráulica.....	26
Figura 13: Figura esquemática de alguns tipos de fissuras comuns.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.2 Objetivos Específicos.....	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 Formação das Manifestações Patológicas	12
3.1.1 Lesões.....	12
3.1.2 Causas	15
3.2 Mecanismos de formação das Fissuras	16
3.3 Prevenção de Fissuras nos Edifícios	28
3.3.1 Fundações	29
3.3.2 Estruturas de Concreto Armado.....	29
3.3.3 Ligações entre estrutura e paredes de vedação	30
3.3.4 Alvenarias	30
3.3.5 Lajes de Cobertura.....	31
3.3.6 Revestimentos rígidos de parede.....	31
3.3.7 Pisos Cerâmicos	32
3.3.8 Forros de Gesso	32
3.3.9 Caixilhos e Envidraçamentos	32
4. DIAGNÓSTICO DAS FISSURAS	33
5. MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE COMPONENTES FISSURADOS	35
5.1 Reparos de componentes de concreto armado devido à corrosão de armaduras.....	36
5.2 Reparo estrutural devido ao excesso de cargas.....	36
5.3 Reparos de fissuras em paredes de alvenaria.....	37
5.4 Reparo de fissuras causadas na alvenaria por abertura de vãos	38
5.5 Reparos de fissuras causadas na alvenaria devido à movimentação térmica e à deflexão de viga	39

5.6 Reparos de fissuras causadas por retração da argamassa de revestimento	39
5.7 Reparos de fissuras causadas por recalque.....	39
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade devido a projetos cada vez mais ousados e com a evolução tecnológica dos materiais, o número de manifestações patológicas nas construções aumenta cada vez mais, associado aos modernos processos de construção, cada vez mais esbeltos e rápidos, somados ainda à falta de controle dos materiais e serviços durante os processos construtivos.

Dentre vários problemas patológicos que afetam residências, edifícios, sejam eles comerciais ou não, estão os problemas das fissuras, que são muito comuns. Esse tipo de problema é caracterizado por alguns aspectos fundamentais: aviso de um possível estado perigoso para a estrutura, comprometimento da obra, durabilidade, além do constrangimento por parte dos usuários devido à fissuração do edifício.

Tais fatos, aliados a quadros mais complexos, como por exemplo, má formação de engenheiros e arquitetos, além de sistemas de financiamento inconsistentes, vem provocando cada vez mais a queda da qualidade nas construções, chegando ao ponto de encontrar edifícios que nem sequer foram habitados, e já se encontram parcialmente condenados.

As fissuras podem começar a surgir logo no projeto arquitetônico. Os profissionais responsáveis muito podem fazer para minimizar esse tipo de problema, pelo simples fato de reconhecer que as movimentações dos materiais e componentes das edificações são inevitáveis.

Associa-se muitas vezes como causa do problema o mau uso, ou o uso de materiais ruins, mas é muito relativo falar isso devido ao fato de que a durabilidade do material está diretamente relacionada às condições de aplicação e exposição.

Por outro lado, como não existe nenhum material infinitamente resistente, todos irão trincar ou romper sob ação de um determinado carregamento, nível este que não pode ser atingido, caso não queira componentes trincados ou rompidos na edificação.

Incompatibilidade entre projetos arquitetônicos, estruturais e de fundações normalmente conduzem tensões que sobrepõem a resistências dos materiais, levando ao surgimento de fissuras.

Considerando-se as falhas de planejamento, falta de especificações técnicas, mão de obra desqualificada, falta de fiscalização e, muitas vezes, imposições

políticas de prazos e preços, chega-se à execução da obra, onde são feitas várias improvisações para se construir um edifício de boa qualidade.

Feito isso, o único fato que teremos será uma obra com ocorrências de fissuras, destacamentos, infiltrações de águas, e outros males.

Assim torna-se necessário um estudo, não apenas de causas do surgimento das fissuras, mas também das ações preventivas e corretivas que devem ser tomadas a fim de se evitar que outras construções herdem processos construtivos que levem a manifestações patológicas (THOMAZ, 1989).

O surgimento de fissuras é um problema muito comum no setor da construção civil e com algumas medidas poderia minimizar muito, como por exemplo, cuidados na execução da obra, mão de obra especializada, observação mais detalhada às exigências das normas técnicas, compatibilização de projetos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é abordar as diversas causas do aparecimento de fissuras em algumas edificações, por meio de estudos de caso, analisando mecanismos de formação, medidas preventivas e algumas formas de reparo. Serão mostradas fissuras.

2.2 Objetivos Específicos

Pretendem-se avaliar as formas mais comuns de fissuras em edificações, os mecanismos que acarretam esse tipo de patologia, as ações preventivas que devem ser tomadas quando são detectados tais problemas, e também a recuperação das estruturas corrompidas, assim, espera-se chamar atenção para os problemas apresentados, pois estes são verdadeiras fontes de transtornos financeiros e até jurídicos para os construtores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A patologia construtiva pode ser definida como a ciência que estuda os diversos problemas encontrados nas edificações. De acordo com a definição, a

palavra vem de origem grega: Pathos (doença) e Logos (estudo) (OLIVEIRA *apud* AGUIAR, 2016).

A qualidade final do produto durante etapas de um processo construtivo depende de vários fatores, como: **planejamento**, **projeto** (programação de todas as etapas da obra, compatibilização entre projetos, especificações), **materiais** (qualidade e conformidades com as especificações), **execução** (conformidade com as especificações) e **uso** (LORDSLEEM JÚNIOR, 1997*apud* AGUIAR, 2016).

Essas quatro primeiras etapas envolvem um tempo relativamente curto – menos de dois anos geralmente, enquanto a última etapa do processo tem um tempo prolongado, sendo utilizada durante vários anos, geralmente mais de cinquenta, para edificações (THOMAZ, 1989).

O grande problema, na maioria das vezes, acontece por parte dos usuários, que não se preocupam com a manutenção e cuidados necessários para manter a edificação em perfeito estado, não dando importância ao manual de manutenção e operação, fato que é fundamental para vida útil da edificação.

As manifestações patológicas geralmente têm como causa um conjunto de fatores, que podem ser classificados de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou com a etapa do processo construtivo em que ocorrem (LORDSLEEM JÚNIOR, 1997 *apud* AGUIAR, 2016).

Do ponto de vista físico, um edifício nada mais é do que a interligação racional entre diversos materiais e componentes. É muito comum especificarem-se nos projetos componentes bons e resistentes, não se dando maior cuidado aos elementos de ligação e esquecendo-se, frequentemente, de que um sistema de juntas, às vezes, é indispensável para que os componentes apresentem o desempenho presumido.

É muito comum referir-se a materiais como bons ou ruins, duráveis ou não duráveis e resistentes ou não resistentes, como se essas fossem propriedades inerentes dos materiais. Na realidade esses termos são muito relativos: a durabilidade do material está diretamente relacionada às condições de aplicação e de exposição (THOMAZ, 1989).

Incompatibilidades entre projetos de arquitetura, estrutura e fundações normalmente conduzem a tensões que sobrepõem a resistência dos materiais em seções particularmente desfavoráveis, originando problemas de fissuras. No Brasil é ainda muito comum a falta de diálogo entre os autores dos projetos mencionados e os fabricantes dos materiais e componentes da construção (THOMAZ, 1989).

Assim, projetam-se fundações sem levar em conta se a estrutura é rígida ou flexível, calculam-se estruturas sem considerar os sistemas de vinculação e as propriedades elásticas dos componentes de vedação, projetam-se vedações e sistemas de piso sem a consideração da ocorrência de recalques diferenciados e das acomodações da estrutura (THOMAZ, 1989).

Partindo-se, muitas vezes, de projetos incompatíveis ou mal detalhados e considerando-se, ainda, a interferência de todos os projetos das instalações, as falhas de planejamento, a carência de especificações técnicas, a ausência de mão-obra bem treinada e, finalmente, a execução sem os devidos cuidados, acabam gerando edificações com problemas patológicos (THOMAZ, 1989).

A fissuração é um processo patológico que interessa vários ramos da engenharia, entre outros motivos, por estar diretamente relacionada à resistências dos materiais (LORDSLEEM JUNIOR, 1997).

As fissuras são fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado e que podem se manifestar em cada uma das três fases de sua vida: fase plástica, fase de endurecimento e fase de concreto endurecido (LAPA, 2008).

É importante focar os mecanismos de formação das fissuras, para se compreender o seu surgimento. Estes mecanismos podem ser, dentre outros (THOMAZ, 1989):

- 1 Movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade;
- 2 Atuação de sobrecargas ou concentrações de tensões;
- 3 Deformabilidade excessiva das estruturas;
- 4 Recalques diferenciados das fundações;
- 5 Retração de produtos à base de ligantes hidráulicos;
- 6 Alterações químicas de materiais de construção.

O adequado tratamento das trincas (fissuras de grande abertura) e fissuras depende, inicialmente, de uma correta classificação em fissuras ativas ou passivas e do conhecimento de suas causas (LAPA, 2008).

Cada manifestação observada em um processo construtivo é chamada de lesão e consiste no sintoma ou efeito final do processo patológico em questão. A lesão é o ponto de início de cada estudo patológico, sendo de extrema importância sua correta identificação, já que um erro nesse primeiro passo conduzirá a um diagnóstico e tratamento incorreto.

Os tipos de lesões se dividem em: lesões físicas, mecânicas e químicas. Consideram-se as lesões onde haja movimentos ou se produzam aberturas ou separação entre materiais ou elementos, ou aquelas em que apareçam desgastes (OLIVEIRA *apud* AGUIAR, 2016).

As fissuras de grande abertura, conhecidas também como trincas, são fraturas lineares do concreto; podem se desenvolver parcial ou completamente ao longo de um elemento estrutural, sem haver separação nítida e indiscutível entre trincas e fissuras, tendo essas últimas aberturas menores (LAPA,2008).

3.1 Formação das Manifestações Patológicas

As manifestações patológicas são estudadas em etapas (OLIVEIRA *apud* AGUIAR, 2016):

- a) A identificação da doença é feita através da observação do aparecimento de lesões(sintomas);
- b) Feita a identificação, estuda-se as causas(origem);
- c) Feito isso, faz-se a identificação do processopatológico.

Feitos essas etapas, pode-se dar início a um diagnóstico e possível recuperação da estrutura.

3.1.1 Lesões

a) Lesões Físicas:

Geralmente possuem causas físicas e sua evolução dependerá de processos sem que haja mutações químicas, embora possa haver alteração na cor, na forma e no teor de umidade e podem ocorrer de acordo com alguns fatores, como: umidade, sujeira e erosão.

a1) Umidade é o aparecimento incontrolado de uma quantidade de água superior ao desejado em um elemento estrutural qualquer. Pode ser apenas uma mancha ou até minar água, mas sempre implicará numa alteração das características físicas do material ou elemento estrutural, o que deve ser corrigido.

a2) Sujeira (manchas escuras) é o depósito de partículas em suspensão na atmosfera sobre as superfícies das fachadas externas, podendo penetrar nos poros superficiais sem chegar a reações químicas entre elas e o material de vedação. Consiste no enegrecimento das fachadas por processo puramente físico.

a3) Erosão é a perda ou transformação superficial do material através da sua desagregação.

b) Lesões Mecânicas:

São todas manifestações patológicas onde predomina o fator mecânico, tanto nas causas, como na sua evolução e sintomas, por exemplo: fissuras, destacamentos, erosão mecânica.

b.1) Fissuras é um tipo de manifestação patológica resultante de uma solicitação maior do que a capacidade de resistência. São todos os tipos de abertura longitudinais que afetem a superfície do elemento construtivo, ou seu acabamento. Podem ocorrer devido a reflexo do suporte ou ser inerente.

b.2) Destacamentos são as separações do material de acabamento da base onde foi aplicado.

b.3) Erosões Mecânicas são perdas de material por causa dos esforços mecânicos sobre ele. Ocorrendo muito em pavimentação de pisos, alvenarias e partes baixas de fachada.

c) Lesões Químicas:

Ocorrem devido à presença de sais, ácidos ou álcalis que reagem quimicamente fazendo com que o material sofra uma decomposição, provocando a perda da integridade da estrutura e a perda de durabilidade. Podem ocorrer de acordo com alguns fatores, como: eflorescência, oxidação, corrosão, erosão química.

c.1) Eflorescência trata-se de um processo químico que tem como causa direta uma lesão prévia, a umidade. Define-se pela cristalização de sais solúveis contidos na superfície do mesmo, que são arrastados ao exterior pela água que os dissolve, que tende ir de dentro para fora, onde evapora permitindo acristalização.

c.2) Oxidação é a transformação em óxido da superfície dos metais em contato com oxigênio.

c.3) Corrosão é a perda progressiva de partículas da superfície de um metal como, por exemplo, formação de uma pilha eletroquímica, em presença de um eletrólito, onde o material em questão atua como ânodo, perdendo elétrons em favor do pólo positivo (cátodo), elétrons que acabam desfazendo moléculas, o que traduz na perda de material.

c.4) Erosão Química é todo tipo de transformação molecular da superfície de materiais pétreos como consequência de reações químicas de seus componentes com outras substâncias agressivas, como agentes atmosféricos, sais ou álcalis dissolvidos em águas de capilaridade, infiltração, acidentais, ou por produtos utilizados pelo homem (OLIVEIRA *apud* AGUIAR, 2016).

3.1.2 Causas

A causa é o fator ativo ou passivo que dá início à origem da manifestação patológica, que pode levar ao aparecimento de uma ou mais lesões. Algumas vezes, uma lesão é desenvolvida devido a várias causas distintas.

Um dos pontos mais importantes no processo da recuperação da estrutura é que o processo patológico não pode ser resolvido e anulado enquanto a origem não é descoberta e interrompida.

Muitos erros e fracassos no processo devem-se à falta de ataque à causa do problema, ficando preocupados em resolver os sintomas (lesões). Nesses casos, a causa permanece “viva” o que leva novamente ao aparecimento das lesões (AGUIAR, 2016).

As manifestações patológicas se dividem em causas diretas e indiretas, onde: As causas diretas significam origem imediata do problema, como esforços mecânicos, contaminação, etc. As indiretas significam erros em projetos ou execução, e dependem de uma causa direta para que o processo se inicie.

O estudo dos processos patológicos e, principalmente, de suas causas, nos permitem estabelecer medidas preventivas com objetivo de evitar novos processos patológicos em futuras construções. Após o conhecimento da manifestação patológica, devido aos seus sintomas e sua origem (causa), pode-se definir um diagnóstico e dar início ao processo de recuperação.

Manifestações patológicas na construção civil têm bastante semelhança como que acontece na medicina, onde se aplica a patologia preventiva e a curativa.

Na patologia preventiva é tomada uma série de medidas no detalhamento construtivo e na seleção de materiais a serem utilizadas, a fim de possibilitar uma resistência às ações, assim como outras medidas de manutenção e utilização correta dos elementos.

Na patologia curativa acontece primeiramente um estudo (investigação), para se poder chegar ao diagnóstico. Ocorre uma série de análises sobre o processo patológico por completo, antes de qualquer medida corretiva. Nessa fase é feita a investigação partindo dos sintomas, para se chegar à origem do problema (OLIVEIRA, 2003 *apud* AGUIAR, 2016).

3.2 Mecanismos de formação das fissuras

As fissuras se manifestam por processos totalmente aleatórios, mas que na maioria das vezes têm origem por fenômenos físicos, químicos e mecânicos (THOMAZ, 1989).

Os mecanismos de formação das fissuras podem ser (THOMAZ, 1989):

- a) Fissuras devido à corrosão das armaduras;
- b) Fissuras devido à flexão;
- c) Fissuras de torção;
- d) Fissuras por falta de estribos;
- e) Fissuras devido aos recalques;
- f) Deformação excessiva das estruturas;
- g) Fissuras devido à dilatação térmica;
- h) Fissuras por ataque desulfatos;
- i) Fissuras por atuação de sobrecargas
- j) Fissuras de retração hidráulica
- k) Fissuras devido à trepidação

a) As fissuras devido à corrosão das armaduras ocorrem devido ao uso de cobrimentos insuficientes ou de concretos mal adensados, assim as armaduras ficam expostas à presença de água e ar, podendo desencadear um processo de corrosão, que pode vir a afetar toda a armadura mal protegida (THOMAZ, 1989).

A corrosão é a causa mais frequente de deterioração e perda de resistência das armaduras do concreto, e também da degradação do concreto. Sendo um fenômeno expansivo, a corrosão provoca fissuras e, até, desagregação do concreto (LAPA, 2008).

As principais causas da corrosão das armaduras são a presença do cloreto nas proximidades e carbonatação do concreto, e as principais causas da corrosão do concreto são os gases presentes na atmosfera, as águas marinhas, ácidas, e os compostos fluidos ou sólidos de natureza orgânica (LAPA, 2008)

A corrosão das armaduras nas estruturas de concreto é decorrente de processos eletroquímicos, característicos de corrosão em meio úmido, que são intensificados na presença de elementos agressivos e aumento de heterogeneidades da estrutura, como: aeração diferencial da peça, diferenças na espessura do revestimento de concreto, ou mesmo das tensões que está submetida (CÁNOVAS *apud* THOMAZ, 1989).

Em termos de ambientes agressivos destacam-se os ambientes marinhos, solos com alto teor de matéria orgânica em decomposição, solos contaminados, e diversas atmosferas industriais. As paredes de galerias de esgoto também são bastante suscetíveis de ataque (THOMAZ, 1989).

Em lajes, essa corrosão pode estar relacionada também à falta de espaçadores; abertura nas juntas das fôrmas, levando à fuga da nata de cimento; agentes agressivos; falta de revestimento ideal; concreto com alta permeabilidade e/ou elevada porosidade e insuficiência de estanqueidade das fôrmas (LORDSLEEM JUNIOR, 1997 *apud* AGUIAR, 2016).

Esse tipo de fissura tem maior índice de ocorrência em regiões agressivas (marinhas e industriais), como mostra a figura 1 (OLIVEIRA *apud* AGUIAR, 2016).

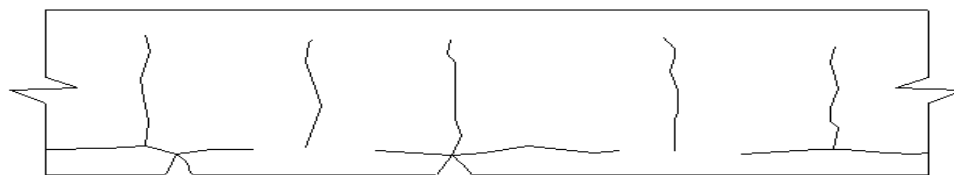


Figura 1: Fissuras causadas por corrosão de armaduras. **Fonte:** THOMAZ, 1989.

b) Fissuras devido à flexão ocorrem devido à atuação de sobrecargas, previstas ou não em projetos, não implicando, necessariamente, na ruptura ou instabilidade da estrutura. A ocorrência de fissuras no componente estrutural distribui as tensões ao longo da estrutura de maneira que a solicitação externa geralmente acaba sendo absorvida de forma globalizada pela estrutura ou parte dela, como mostra a figura 2 (THOMAZ,1989).

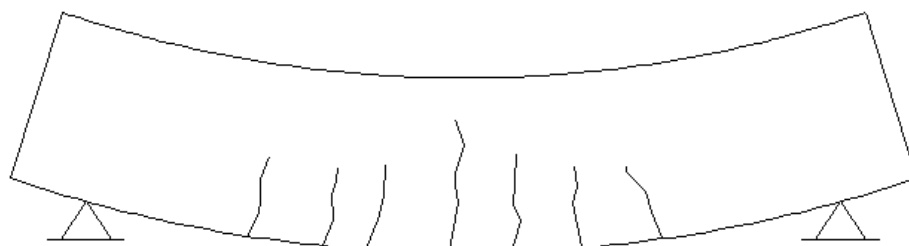


Figura 2: Fissuras causadas por flexão. **Fonte:** THOMAZ, 1989.

Como existem casos em que a possibilidade de redistribuição das tensões é limitada, seja pelo critério de dimensionamento da estrutura, seja pela magnitude das tensões ou, até pelo próprio comportamento do conjunto estrutural adotado, este raciocínio não pode ser estendido de forma indiscriminada (THOMAZ,1989).

c) Fissuras de torção podem surgir em vigas de borda, junto aos cantos das construções, por excesso na deformabilidade das lajes ou vigas que lhe são transversais, por atuação de cargas excêntricas ou por recalques diferenciados das fundações. Podem ocorrer também em vigas nas quais se engastam marquises e que não estejam convenientemente armadas à torção. Esse tipo de fissurararamente se manifesta em estruturas de concreto armado; constitui, entretanto um

tipo característico: as fissuras inclinam-se aproximadamente 45° e aparecem nas superfícies laterais das vigas, segundo retas reversas. Nesses casos as fissuras apresentam-se inclinadas em relação aos bordos da laje, como mostra na figura 3 (THOMAZ, 1989).

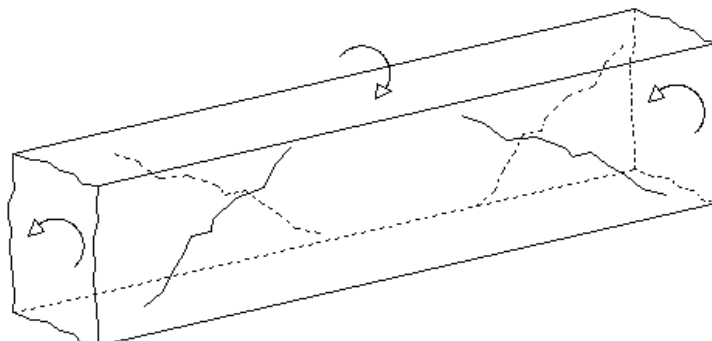


Figura 3: Fissuras causadas por torção. **Fonte:** THOMAZ, 1989.

d) Fissuras por falta de estribos são causados por erros de projetos, execução ou ainda por terem sido arrastados na concretagem. É um erro muito grave, pois pode ocorrer a deformação dos pilares. As fissuras verticais que se manifestam nos pilares geralmente são decorrentes de um projeto inadequado no dimensionamento dos estribos.

Em função da grande diferença entre o módulo de deformação do agregado graúdo e o módulo de deformação da argamassa intersticial, esta vai apresentar deformações bem mais acentuadas, criando superfícies de cisalhamento paralelas ao esforço de compressão. Assim, as fissuras verticais indicam que os estribos foram subdimensionados, como mostra a figura 5 (THOMAZ, 1989).

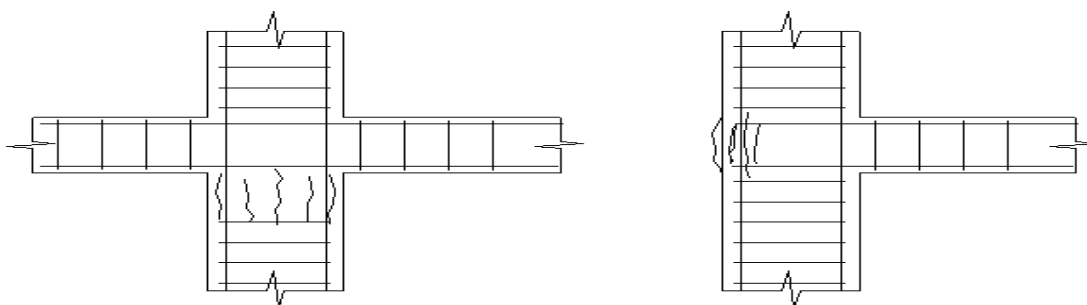


Figura 4: Fissuras causadas por falta de estribos. **Fonte:** THOMAZ, 1989.

e) Fissuras devido ao recalque das fundações

Até pouco tempo as fundações dos edifícios eram dimensionadas por critério de ruptura do solo, apresentando as construções cargas que não excediam a $500Tf$.

Com o passar dos anos, os edifícios foram ganhando altura, chegando hoje em dia a obras cuja carga total sobre o solo atinge até 20.000Tf. Assim, é imprescindível uma mudança para o cálculo e dimensionamento das fundações dos edifícios (THOMAZ, 1989)

A capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes, sendo função dos seguintes fatores mais importantes (THOMAZ, 1989):

- tipo e estado do solo (areia nos vários estados de compactidade ou argila nos vários estados de consistência);
- disposição do lençol freático;
- intensidade da carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio;
- dimensões e formato da placa carregada (placas quadradas, retangulares, circulares);
- interferência de fundações vizinhas.

De maneira geral, as fissuras provocadas por recalques são inclinadas, podendo, às vezes, até ser confundida com fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Outra característica é a presença de esmagamentos localizados, em formas de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que a provocaram (THOMAZ, 1989).

Geralmente, surgem a 45° nas ligações de alvenaria com pilares ou vigas, mais comuns em fundações diretas sem estudo adequado. No uso de estacas também ocorrem essas fissuras devido à má execução ou falha no projeto (CARMONA *apud* AGUIAR, 2016).

O excesso do peso, acomodação do prédio, a fraqueza do terreno ou do material fazem com que o conjunto se deforme ou afunde como mostra na figura 5 (THOMAZ, 1989 *apud* AGUIAR, 2016).

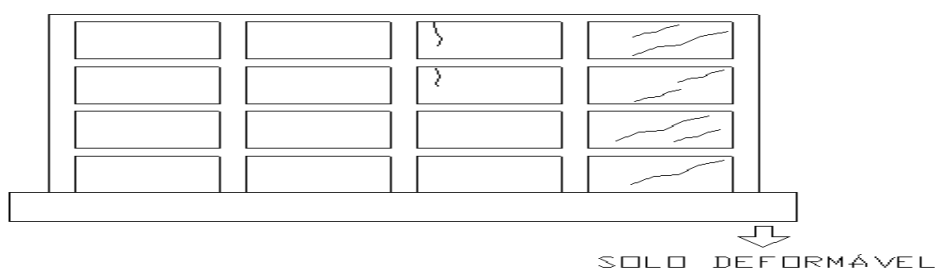


Figura 5: Fissuras causadas por recalques na fundação. **Fonte:** THOMAZ, 1989 *apud* AGUIAR, 2016.

f) Deformação excessiva das estruturas acontece, normalmente, nas alvenarias, que costumam introduzir nestes componentes esforços de tração e cisalhamento, levando a fissuras com diferentes configurações, como mostra a figura 6 (CARMONA *apud* AGUIAR, 2016).

Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer a estética, estabilidade e a resistência da construção; tais flechas, entretanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação das paredes ou outros componentes que integram os edifícios (THOMAZ, 1989).

A Norma Brasileira 6118-2014 estipula as máximas flechas permissíveis para vigas e lajes (alínea C, item 4.2.3.1):

a) “as flechas medidas a partir do plano que contém os apoios, quando atuarem todas as ações, não ultrapassarão $1/300$ do vão teórico, exceto no caso de balanços para os quais não ultrapassarão $1/150$ do seu comprimento teórico”.

b) “o deslocamento causado pelas cargas acidentais não será superior a $1/500$ do vão teórico e $1/250$ do comprimento teórico dos balanços”.

Na prática, essa recomendação da norma NBR 6118 não tem sido seguida corretamente pelos calculistas brasileiros, presenciando frequentemente casos de fissuras em alvenarias causados pelas flechas dos componentes estruturais (THOMAZ, 1989).

A fissuração pode ser considerada como causa mais frequente de falha no desempenho da alvenaria, assim, prejudica a estética, o conforto do usuário, a estanqueidade da construção, ou seja, as condições de serviço não são atendidas (GRIMM *apud* VALLE, 2008).

Os componentes do edifício mais sujeitos à flexão de vigas e lajes são como já foi dito anteriormente, as alvenarias. Para paredes de vedação sem aberturas de portas e janelas existem três configurações típicas, a saber, (THOMAZ, 1989):

a) O componente de apoio deforma-se mais que o componente superior:

Surgem fissuras inclinadas no canto superior da parede, originadas do carregamento da viga sobre o painel, já que a tendência é de ocorrer maior carregamento nos cantos.

b) O componente de apoio deforma-se menos que o componente superior.

Neste caso, a parede atua como viga, resultando em fissuras semelhantes às do caso de flexão.

c) *O componente de apoio e o superior apresentam deformações aproximadamente iguais*

Neste caso, as fissuras iniciam-se nos vértices inferiores do painel, propagando-se aproximadamente a 45° , como mostra a figura 6.

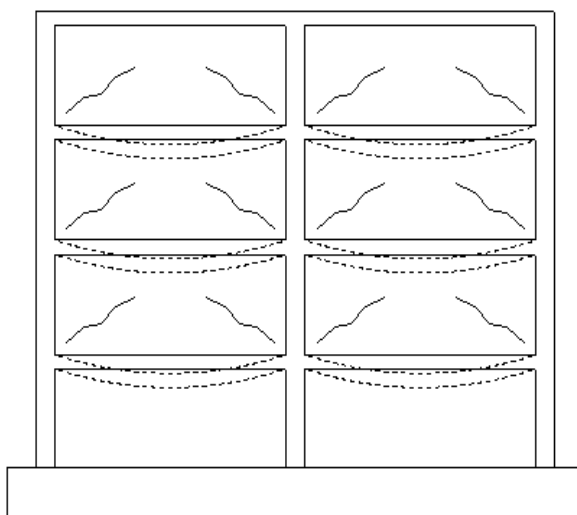


Figura 6: Fissuras causadas por deformação excessiva da estrutura. **Fonte:** (CARMONA apud AGUIAR, 2016)

g) Fissuras devido à dilatação térmica podem surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesm material.

Os elementos de um conjunto estrutural estão sujeitos a mudanças de temperaturas diárias e sazonais. Essas mudanças levam a uma variação dimensional dos materiais de construção (dilatação ou contração), assim podendo levar ao aparecimento de fissuras, como mostra na figura 7 (THOMAZ, 1989).

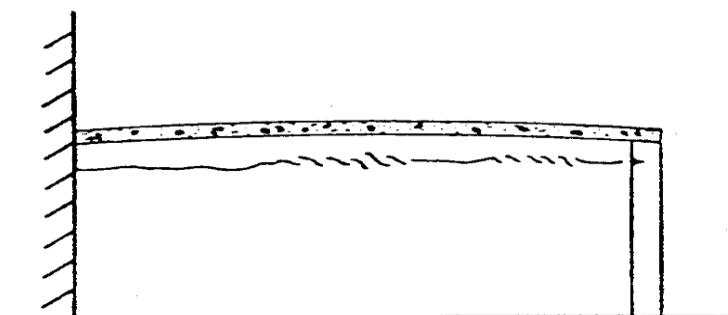


Figura 7: Fissuras causadas devido à dilatação térmica. **Fonte:** THOMAZ apud AGUIAR, 2016.

As movimentações térmicas podem surgir também por movimentações diferenciadas entre os componentes de um elemento, entre elementos de um sistema, e entre regiões diferentes de um mesmo material. As principais movimentações diferenciadas ocorrem devido a (THOMAZ, 1989):

- junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, expostos à mesma variação de temperatura
- exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais
- gradiente de temperaturas ao longo do mesmo componente

Todos os materiais empregados na construção estão sujeitos a dilatações com o aumento da temperatura, e a contrações com sua diminuição. A intensidade dessa variação dimensional, para uma determinada temperatura, varia de material para material.

Para quantificarem-se as movimentações sofridas por um componente, além das propriedades físicas, deve-se conhecer o ciclo de temperatura que esta sujeita e o tempo das mudanças térmicas (THOMAZ, 1989).

h) Fissuras por ataques de sulfatos ocorrem devido à reação do aluminato tricálcico (figura 8), que é um constituinte normal dos cimentos, com os sulfatos, resultando assim na formação do composto denominado sulfoaluminato tricálcico ou etringita, sendo que esta reação é acompanhada de grande expansão.

Para que a reação ocorra necessita-se da presença de água, cimento e sulfatos solúveis. Por isso a utilização conjunta de cimento e gesso é potencialmente perigosa (THOMAZ, 1989).

Os sulfatos surgem de diversas fontes, como o solo, águas contaminadas ou mesmo componentes cerâmicos constituídos por argilas com altos teores de sais solúveis (KULISCH, 2011). Já a água pode ter acesso pela penetração de água da chuva em superfícies mal impermeabilizadas, ou pela própria absorção da umidade.

As estruturas mais propícias a esses ataques são as estruturas marinhas de concreto armado, devido a teores consideráveis de sulfatos presentes na água salgada, principalmente as peças sujeitas ao refluxo da maré, submetidas a constantes ciclos de umedecimento e secagem.



Figura 8: Fissuras causadas por ataques de sulfatos. **Fonte:** THOMAZ apud AGUIAR, 2016.

As consequências do ataque por sulfatos não estão relacionadas apenas a desagregação por expansão e fissuração, mas também a perda de resistência do concreto devido à perda de coesão na pasta de cimento e a perda de aderência entre a pasta e partículas do agregado.

A principal característica de um concreto atacado por sulfatos é sua aparência esbranquiçada. A deterioração geralmente começa nos cantos seguida de uma fissuração progressiva e lascamento que reduzem o concreto a uma condição friável ou mesmo mole (NEVILLE *apud* AGUIAR, 2016). A figura 9 mostra um concreto executado com cimento de alto teor de sulfatos.



Figura 9: Fissuração na base do concreto armado, de uma torre de rede elétrica. **Fonte:** AGUIAR, 2016.

i) Fissuras por atuação de sobrecargas se manifestam geralmente em alvenarias, na maioria das vezes, verticais, originada da deformação transversal da argamassa de assentamento e os próprios componentes da alvenaria (figura 10). Podem também, em alguns casos, aparecer fissuras horizontais devido ao esmagamento da argamassa de assentamento ou devido à ruptura dos

componentes da alvenaria (tijolos) de baixa resistência a compressão (AGUIAR, 2016).

A atuação de sobrecargas pode fissurar componentes como pilares, vigas e paredes. Essas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, como também a peça pode estar submetida a uma sobrecarga superior a prevista (THOMAZ, 1989).

As fissuras por excesso de capacidade de carga surgem devido ao erro de cálculo ou na hora de confeccionar as peças, que podem nascer fracas, ou seja, com pouco cimento nas peças estruturais.

Por isso é de extrema importância pesquisar e identificar as causas que resultou no aparecimento das fissuras. Uma tentativa de “tampar” a manifestação estará apenas adiando o problema, que aparecerá novamente no futuro e provavelmente com uma gravidade maior do que a já encontrada.

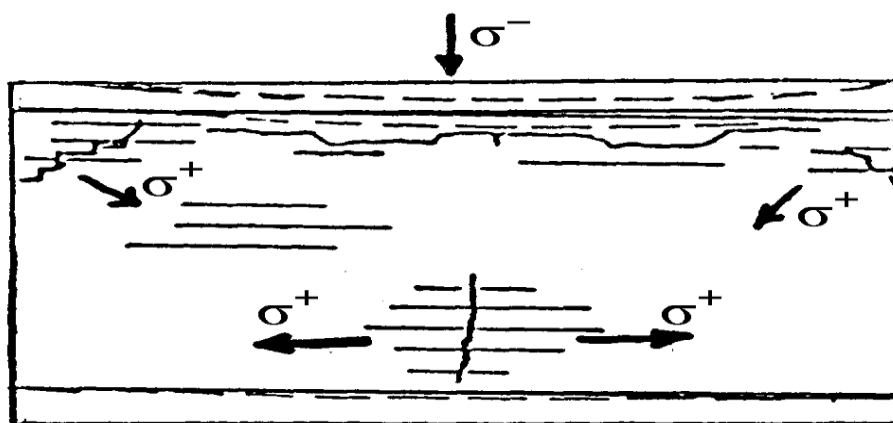


Figura 10: Fissuras na alvenaria por excesso de carga. **Fonte:** THOMAZ, 1989.

Nos painéis de alvenaria onde existem aberturas as trincas formam-se a partir dos vértices dessa abertura e sob o peitoril.

Essas trincas (fissuras de grande abertura) poder-se-ão manifestar segundo diversos fatores como: dimensões do painel de alvenaria, dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no painel, anisotropia dos materiais, dimensões e rigidez de vergas e contravergas, etc.

Na prática procura-se combatê-las através de construção de vigas sob as aberturas esquecendo na maioria das vezes, que nas regiões dos vértices inferiores das janelas a concentração de tensões é bastante significativa, como mostra a figura 11 (THOMAZ, 1989).

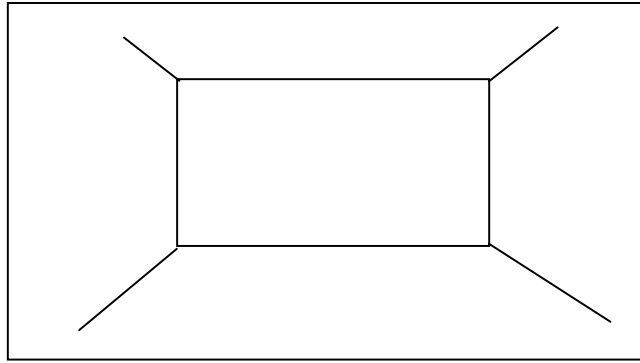


Figura 11: Fissuras causadas na alvenaria por abertura de vãos. **Fonte:** THOMAZ, 1989.

j) Fissuras de retração hidráulica ocorrem em estruturas devido à perda d'água por reação de hidratação do cimento e por evaporação (figura 12). São limpas e de espessura constantes.

A hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis, ocorrendo uma formação de camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros (THOMAZ, 1989).

Para que ocorra a reação química completa entre a água e os compostos anidros é necessário cerca de 22 a 32% de água em relação à massa do cimento. Para formação do gel é necessário um acréscimo de 15 a 25%. Em média uma relação água/cimento de aproximadamente 0,40 é suficiente para completa hidratação do cimento (HELENE *apud* THOMAZ, 1989).

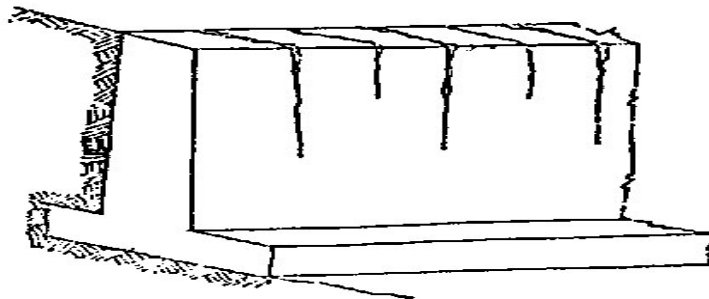


Figura 12: Fissuras causadas por retração hidráulica. **Fonte:** THOMAZ *apud* AGUIAR, 2016.

k) Fissuras devido à trepidação ocorrem devido a compressores, elevadores e até mesmo o tráfego de veículos nas ruas que produzem vibrações que podem afetar parte dos edifícios, como mostra a figura 13 (WATANABE *apud* AGUIAR, 2016).

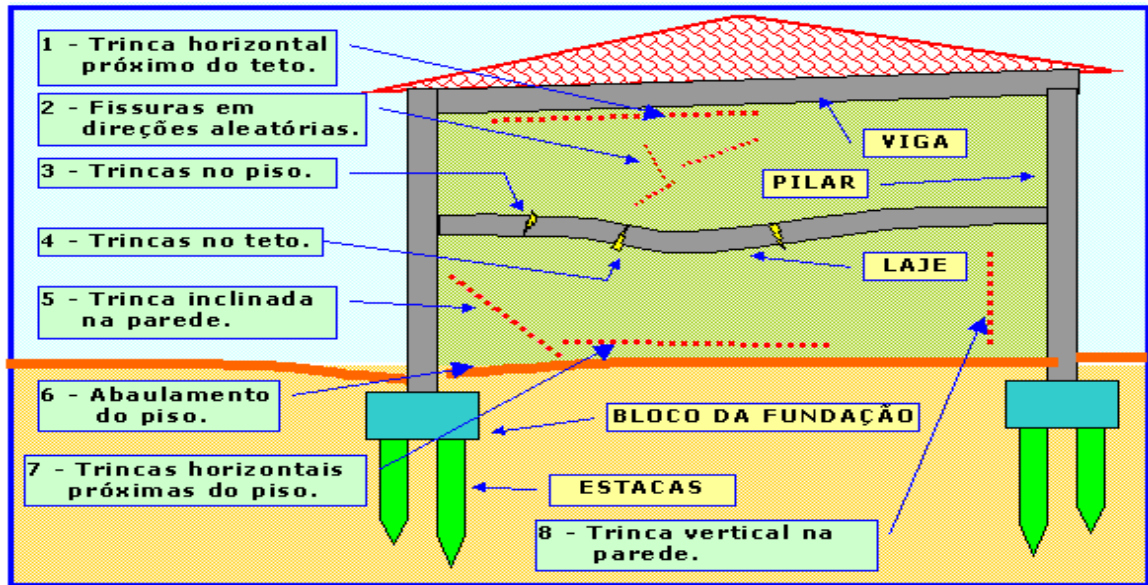


Figura 13: Figura esquemática de alguns tipos de fissuras comuns. **Fonte:** WATANABE *apud* AGUIAR, 2016.

As fissuras aparecem nas construções de várias formas, como (WATANABE *apud* AGUIAR, 2016).

1) As fissuras horizontais próximo ao teto podem se manifestar devido a várias causas, como adensamento da argamassa de assentamento dos tijolos ou blocos, falta de amarração da parede com a viga superior, retração de lajes ou a até dilatação térmica da laje de cobertura; recalque da base; ascensão capilar por causa da deficiência ou falta impermeabilização da base (fissuras horizontais próximas ao piso).

2) As fissuras em várias direções podem ser devido à falta de aderência da pintura, retração da argamassa de revestimento, retração da alvenaria ou falta de aderência da argamassa com a parede.

3) Fissuras no piso podem ser devido ao excesso de peso ou fraqueza na laje, e também vibrações de motores.

4) Fissuras no teto podem ser devido ao recalque da laje, falta de resistência ou excesso de peso sobre a mesma.

5) Fissuras inclinadas na parede são características de recalque. O excesso de peso faz com que a fundação não aguarde o peso e afunde. Geralmente é grave.

6) O abaulamento do piso pode ser devido a recalques da estrutura, por expansão do subsolo ou colapso no revestimento. Quando é devido a recalques, vem acompanhado de fissuras inclinadas na parede. Solos muito compressíveis, com a presença da água, expandem-se e empurram o piso para cima.

7) As fissuras horizontais próximas do piso podem ser devido ao recalque do baldrame ou até mesmo pela subida de umidade pelas paredes, por causa do colapso ou falta de impermeabilização.

8) Fissuras verticais na parede são causadas, na maioria das vezes, pela falta de amarração da parede com algum elemento estrutural como pilar ou outra parede que nasce naquele ponto do outro lado da parede.

3.3 Prevenção de Fissuras nos Edifícios

A prevenção de fissuras nos edifícios começa no bem planejar, bem projetar e bem construir. Mas ainda, exige um eficiente controle de qualidade dos materiais e serviços, uma perfeita compatibilização dos projetos, estocagem e manuseio correto dos materiais e componentes no canteiro de obra, utilização e manutenção correta do edifício (THOMAZ, 1989).

É muito extensa a relação de medidas preventivas que podem ser consideradas, algumas não implicando praticamente a oneração do custo do edifício. Pode-se argumentar que a maioria das medidas preventivas são demasiadamente caras, incompatíveis com o poder de compra dos consumidores de edificações.

Pode-se contra argumentar, entretanto, que o custo de um edifício não se restringe ao seu custo inicial, mas também ao custo de operação e manutenção, e que não prevenir a ocorrência de fissuras é uma medida puramente financeira ou comercial, nem técnica e nem econômica (THOMAZ, 1989).

É possível evitar o fissuramento do concreto através de medidas que são praticamente as mesmas para todos os casos (RIPPER, 1986):

- dosar adequadamente o concreto;
- adotar o menor teor de água possível;
- usar agregado com maior tamanho máximo possível;

- produzir misturas densas;
- lançar o concreto dentro da técnica de “artesanato”, sem pressa, lembrando que a concretagem é a mais curta das operações de materialização de uma estrutura;
- vibrar o mínimo por ponto, na maior quantidade de pontos possível;
- não usar o vibrador para “correr” o concreto, mas sim para adensá-lo em posição vertical;
- usar o mínimo possível a desempenadeira no acabamento;
- iniciar a cura do concreto tão logo perca o brilho da água;
- desformar o concreto após confirmar que a sua resistência seja suficiente para resistir aos esforços a que será submetido.

Como já foi dito, a série de medidas é muito extensa, faltam espaço e competência para relacioná-las. Mas, considerando os problemas mais comuns nos edifícios, apresentam-se alguns cuidados básicos que podem reduzir sensivelmente o problema, sem onerar no custo da obra.

3.3.1 Fundações

Para que a fissuração devida a recalques diferenciados seja evitada, no projeto das fundações deve-se ter um conhecimento mínimo sobre as propriedades do solo, o que é possível através de um programa de sondagens de simples reconhecimento.

A partir dos resultados obtidos poder-se-á optar pelo melhor tipo de fundação e pelas exigências do seu dimensionamento, ou concluir-se pela necessidade de estudos mais aprofundados (ensaios edométricos, provas de carga etc) (THOMAZ, 1989).

3.3.2 Estruturas de Concreto Armado

Como já visto anteriormente, as estruturas de concreto armado poderão apresentar deformações que não afetarão o comportamento em serviço dos seus

componentes, mas que poderão comprometer o desempenho de outros elementos da construção (vedações, pisos, caixilhos etc).

Os esforços e deformações introduzidos nos componentes estruturais pelas cargas de serviço e deformações impostas (recalques de fundação, movimentações térmicas etc.) poderão ser calculados com razoável precisão utilizando-se modelos da teoria da elasticidade e as regulamentações técnicas desenvolvidas.

O Comitê Euro-International Du Beton, por exemplo, publicou um trabalho sobre efeitos produzidos em estruturas de concreto pelas movimentações térmicas.

Em função da natureza dos componentes de fechamento e condições de exposição do edifício, ou até mesmo em função de movimentos da fundação, grandes espaçamentos poderão provocar sérios danos aos componentes não estruturais do edifício.

Assim sendo, a cada dois pavimentos seriam criadas juntas de movimentação entre o topo das paredes e a estrutura, visando acomodar as deformações do concreto vindas de variações térmicas, retração etc (THOMAZ, 1989).

3.3.3 Ligações entre estrutura e paredes de vedação

Movimentações higrotérmicas da parede e da estrutura, acomodações do solo e as deflexões dos componentes das estruturas vão gerar tensões nas paredes de fechamento que em função da natureza dos materiais e da própria intensidade de movimentação, poderão ser absorvidas.

Sendo assim, sempre que houver incompatibilidade entre as deformações impostas e as admitidas pela parede, devem-se tomar cuidados a fim de evitar a fissuração da parede ou o próprio destacamento do componente estrutural, principalmente em fachadas onde, através da fissura ou destacamento pode ocorrer penetração de água para o interior do edifício (THOMAZ, 1989).

3.3.4 Alvenarias

As alvenarias, portantes ou não, apresentam bom comportamento às solicitações de compressão axial, o mesmo não ocorre com outros esforços (tração e cisalhamento). Portanto, as cargas excêntricas devem ser evitadas, as

concentradas deverão ser distribuídas por meio de coxins, as concentrações de tensões nas aberturas deverão ser absorvidas por vergas e contravergas.

Também deve ser evitada a presença de água na alvenaria acabada, o que pode provocar movimentações higroscópicas acentuadas, manifestação de eflorescências, expansão pela presença de sulfatos ou até mesmo a dissolução de compostos da argamassa de assentamento (THOMAZ, 1989).

3.3.5 Lajes de Cobertura

As paredes do último pavimento dos edifícios estão sujeitas a condições particularmente adversas, em função da movimentação térmica da laje de cobertura. Deve-se frisar também que o maior efeito da dilatação térmica dos pilares acontecerá neste último pavimento, já que eles só podem expandir-se para cima.

No período pós-concretagem as lajes de cobertura estarão expostas a grandes intensidades de radiação solar, assim, caso não sofram um processo cuidadoso de cura, essas lajes apresentarão grande retração de secagem, com efeitos diretos sobre as paredes do último pavimento.

Uma das primeiras soluções para o problema é a criação de juntas de movimentação na laje, que poderiam absorver tanto as movimentações resultantes da retração quanto as movimentações térmicas (THOMAZ, 1989).

3.3.6 Revestimentos rígidos de parede

As fissuras que ocorrem em argamassas de revestimento, sem fissuração da base, acontecem devido a solicitações higrotérmicas e, sobretudo, por retração da argamassa. A incidência dessas fissuras será tanto maior quanto maiores forem a resistência à tração e o módulo de deformação da argamassa.

Portanto, as argamassas de revestimento deverão trazer em sua constituição teores consideráveis de cal, sendo comum o emprego dos traços 1:1:6, 1:2:9, 1:2, 5:10 e 1:3:12 (cimento, cal e areia, em volume) (THOMAZ, 1989).

Além do proporcionamento adequado, a qualidade dos materiais é essencial para obtenção de uma boa argamassa de revestimento. Areias com alto teor de finos, impurezas orgânicas, ou aglomerados argilosos favorecerão as fissuras de retração da argamassa, além de provocar outras patologias.

3.3.7 Pisos Cerâmicos

Devido a uma série de motivos, os pisos cerâmicos podem se fissurar ou destacar da base, como: argamassas de assentamento muito rígidas, ausência de juntas entre as peças adjacentes, retração acentuada da base de assentamento, ladrilhos assentados demasiadamente secos etc.

No sentido de prevenir a ocorrência de problemas com o piso cerâmico, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) recomenda diversas medidas:

- emprego de argamassas não muito rígidas, sugerindo os traços 1:4 (cimento e areia) ou 1:0, 25:5 (cimento, cal e areia);
- assentamento com observação de folgas entre as peças, variando essas folgas de 1mm a 5mm em função do tamanho dos ladrilhos e da localização do piso (interno ou externo ao edifício);
- dessolidarização do piso cerâmico de pilares e de paredes laterais.

No caso de pisos cerâmicos assentados sobre lajes muito flexíveis, onde a deflexão da laje pode fazer com que o piso venha a trabalhar como capa de compressão, o IPT recomenda a introdução de uma camada de separação entre o piso e a laje (THOMAZ, 1989).

3.3.8 Forros de Gesso

O gesso é um material com movimentações higroscópicas altas e resistência à tração e ao cisalhamento relativamente baixas. Assim, os forros constituídos por placas de gesso não poderão ser encunhados nas paredes laterais, devendo ter folgas em todo o contorno capazes de absorver as movimentações do gesso ou da própria estrutura (THOMAZ, 1989).

3.3.9 Caixilhos e Envidraçamentos

As placas de vidro podem se fissurar ou romper em função de solicitações térmicas extremamente adversas. Como medida preventiva mais importante devem ser adotadas folgas entre as placas de vidro e sua estrutura de suporte (caixilhos ou

até a própria estrutura de concreto armado), podendo as folgas ser projetadas de acordo com as indicações da ABNT.

4. DIAGNÓSTICO DAS FISSURAS

Assim como um médico se defronta com um paciente pela primeira vez, sem conhecer suas condições de gestação, crescimento, etc. o engenheiro ou o arquiteto é chamado para diagnosticar a causa de determinados problemas em estruturas. Nem sempre é fácil diagnosticar a causa de uma fissura.

Uma causa pode provocar diversas configurações de uma fissura e uma configuração pode provocar diversas causas. Em alguns casos, o diagnóstico só pode ser dado após uma consulta a especialistas, minuciosos ensaios de laboratório, revisão de projetos e mesmo instrumentação e acompanhamento de obra. Pode haver casos em que as verdadeiras causas das fissuras jamais serão determinadas com absoluta certeza (THOMAZ, 1989).

A resolução de um problema patológico passa por três etapas:

a) levantamento de subsídios: acumular e organizar as informações necessárias e suficientes para o entendimento dos fenômenos;

b) diagnóstico da situação: entender os fenômenos, identificando as múltiplas relações de causa e efeito que normalmente caracterizam um problema patológico;

c) definição de conduta: prescrever a solução do problema, especificando todos os insumos necessários, e prever a real eficiência da solução proposta.

No levantamento efetuado no local, existe uma série de fatores que devem ser investigados, tais como (THOMAZ, 1989):

a) incidência, configuração, comprimento, abertura e localização da fissura;

b) idade aproximada da fissura, do edifício e época em que foi construído;

- c)** se a mesma aprofunda-se por toda a espessura do componente fissurado;
- d)** se fissura semelhante aparece em componente paralelo ou perpendicular àquele exame;
- e)** se fissura semelhante aparece em pavimentos contíguos;
- f)** se fissura semelhante aparece em edifício vizinho;
- g)** se o aparecimento da fissura é intermitente ou se sua abertura varia sazonalmente;
- h)** se fissura já foi reparada anteriormente;
- i)** se ocorreu alguma modificação profunda nas cercanias da obra;
- j)** se no entorno da fissura aparecem outras manifestações patológicas, como umidade, descolamentos, manchas de ferrugem e de bolor, eflorescências etc;
- l)** se nas proximidades da fissura existem tubulações ou eletrodutos embutidos;
- m)** se na obra existem caixilhos comprimidos;
- n)** se as fissuras manifestam-se preferencialmente em alguma das fachadas da obra;
- o)** se existem descolamentos relativos (para fora ou para dentro) na superfície do componente fissurado;
- p)** se a abertura da fissura é constante ou se ocorre estreitamento numa dada direção;
- q)** se a fissura é acompanhada por escamações indicativas de cisalhamento;
- r)** se está ocorrendo condensação ou penetração de água de chuva para o interior do edifício;
- s)** se o edifício está sendo corretamente utilizado.

Uma boa técnica exploratória, para que não sejam esquecidos ou descartados aspectos importantes, é aquela que se baseia em eliminações

subsequentes, tentando-se considerar todo o universo de causas hipotéticas ou agentes patológicos.

No caso de não se conseguir chegar, através dos levantamentos mencionados, a um diagnóstico seguro, medidas mais trabalhosas deverão ser adotadas, como revisão de cálculo estrutural, análise dos perfis de sondagem e a tentativa de estimarem-se recalques etc (THOMAZ, 1989).

Com base nas observações e levantamentos efetuados no local da obra, entretanto, o técnico já poderá chegar na maioria das vezes ao diagnóstico do problema. Deve-se alertar que juízos precipitados e idéias preconcebidas geralmente conduzem a diagnósticos incorretos. A similaridade de situações, algumas vezes muito forte, pode induzir a erro o técnico menos avisado ou menos cuidadoso (THOMAZ, 1989).

5. MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE COMPONENTES FISSURADOS

A recuperação de componentes fissurados só deverá ser procedida em função de um diagnóstico seguramente firmado, e somente após se ter pleno conhecimento da implicação das fissuras no comportamento do edifício como um todo. Antes da recuperação de uma parede fissurada, por exemplo, deve-se ter certeza de que: não ocorreram danos às instalações; esta fissura não prejudicou o contraventamento da obra; não foram reduzidas perigosamente as áreas de apoio de lajes ou tesouras da cobertura, não ocorreram desaprumos muito acentuados etc.

Entendida que a fissuração não compromete a segurança da estrutura, diversas outras questões devem ser analisadas antes de se estabelecer o processo de reparo, tais como: implicações da fissura em termos do desempenho global do componente ou de componentes vizinhos (isolação termo-acústica, estanqueidade à água, durabilidade); sazonalidade ou estágio de avanço do movimento que deu origem à fissura; possibilidade de adoção de um reparo definitivo ou provisório; época mais apropriada para execução do reparo; etc.

Os reparos definitivos deverão sempre ser projetados tendo-se em mente as causas que deram origem ao problema: todos os esforços devem ser direcionados no sentido de suprimi-las ou minimizá-las. Assim sendo, as medidas de reparos deverão ser baseadas sempre nas medidas preventivas, pois quanto maior a

aproximação entre a medida preventiva recomendada e a solução corretiva adotada, maior será a eficiência do reparo (THOMAZ, 1989).

A seguir apresentam-se alguns métodos de reparos para os diversos tipos de fissuras (THOMAZ, 1989).

5.1 Reparos de componentes de concreto armado devido à corrosão de armaduras.

Desde que não tenha ocorrido acentuada perda da armadura na área resistente, a recuperação pode ser executada da seguinte maneira:

a) Remoção do concreto solto, desagregado ou lascado, nas proximidades das barras corroídas;

b) Remoção do óxido de ferro, mediante lixamento ou jateamento de água sob pressão, até que se atinja o metal;

c) Remoção da poeira aderente às barras e à cavidade do concreto, com jato de ar ou escova;

d) Proteção das barras de aço com pintura de base cimentícia;

e) Saturação do substrato de forma que ele fique muito úmido, mas sem água empoçada ou escorrendo;

f) Aplicação de argamassa de cimento com polímeros, energicamente aplicada contra as armaduras e a cavidade do concreto;

g) Cura úmida da argamassa.

5.2 Reparo estrutural devido ao excesso de cargas.

Neste caso, deve ser feito um reforço dos componentes estruturais de concreto armado com chapas metálicas, devendo ser efetuado com as seguintes precauções:

A superfície de concreto deve ser apicoado e a poeira resultante totalmente removida; a superfície da chapa de aço deve ser jateada com areia, adquirindo assim certa rugosidade; e deve ser limpa com solventes com alto poder de evaporação (tricloroetileno, xilol etc.);

A resina epóxi deve ser aplicada em excesso, tanto no concreto, quanto na chapa metálica;

A chapa ou a cantoneira deve ser fortemente pressionada contra a superfície da peça de concreto, ocorrendo assim refluxo da resina em excesso; a pressão, obtida com pontaletes ou outros acessórios, é mantida no mínimo por 24 horas.

O reforço de vigas pode ser obtido ainda com o próprio emprego de concreto, adotando-se armaduras suplementares e aumentando-se a altura útil da viga. Nessa hipótese, antes de iniciarem-se as operações de reforço da viga, a estrutura deverá ser convenientemente escorada.

O concreto presente na base e lateral da viga deve ser removido até ferragens existente (AGUIAR, 2016).

5.3 Reparos de fissuras em paredes de alvenaria.

As alvenarias são os componentes mais suscetíveis à fissuração, além do que as fissuras em paredes são as que mais realçam aos olhos dos usuários do edifício. Assim, as recuperações de alvenarias são as mais comuns nas obras.

Serão analisados alguns procedimentos de reparo, realçando-se que a escolha do processo mais adequado será condicionada pela abertura da fissura e intensidade prevista (para a movimentação da fissura).

Os destacamentos entre pilares e paredes poderão ser recuperados mediante a inserção de material flexível no encontro parede/pilar. Nas paredes revestidas, no caso de destacamentos por retração de alvenaria, poder-se-á empregar uma tela metálica leve, como por exemplo, tela de estuque (metal “deployée”), inserida na nova argamassa a ser aplicada e transpassando o pilar 20 cm para cada lado aproximadamente. Para melhorar o desempenho entre alvenaria e o pilar deve-se fixar a tela no interior do pilar (THOMAZ, 1989).

A alvenaria e o pilar deverão ser chapiscados após a colocação da tela, e a argamassa de recuperação deverá ter baixo módulo de deformação (traço 1:2:9 em volume).

5.4 Reparo de fissuras causadas na alvenaria por abertura devãos.

As fissuras provocadas por enfraquecimento localizado da argamassa, seja pela presença de abertura de portas e janelas ou pela inserção de tubulações, poderão ser reparadas superficialmente através da introdução de bandagem no revestimento ou de tela de náilon na pintura, no caso de fissuras mais acentuadas, o comportamento monolítico da parede poderá ser restabelecido mediante a introdução de armaduras ou telas metálicas inseridas no revestimento (THOMAZ, 1989).

As etapas de recuperação da fissura com bandagem seriam as seguintes (THOMAZ, 1989):

a) remoção do revestimento da parede, numa faixa com largura de aproximadamente 10 a 15cm;

b) aplicação da bandagem com distribuição regular para ambos os lados da fissura; as opiniões divergem quanto à largura dessa faixa, ficando compreendidos entre 2 e 10cm;

c) aplicação de chapisco externamente à bandagem e recomposição do revestimento com argamassa de baixo módulo de deformação (traço 1:2:9 em volume).

Existem diversas indicações sobre o tipo de material da bandagem, tais como saco de estopa, esparadrapo, fita crepe, plástico etc. Em todos os casos, o princípio de funcionamento da recuperação com bandagem é a absorção da movimentação da fissura por uma faixa de revestimento relativamente larga, não aderente à base.

Desta forma, quanto melhor a dessolidarização promovida pela bandagem e quanto maior a largura, menores serão as tensões introduzidas no revestimento pela variação na abertura da fissura, e assim, menor a probabilidade da fissura voltar a pronunciar-se no revestimento (THOMAZ, 1989).

5.5 Reparos de fissuras causadas na alvenaria devido à movimentação térmica e à deflexão de viga.

Nas paredes de vedação fissuradas por movimentação térmica de laje de cobertura ou pelo sobre carregamento oriundo da deflexão de componentes, deve-se fazer a desvinculação entre o topo da parede e o componente estrutural, através de junta de movimentação de aproximadamente 10mm e o posterior preenchimento com material selante flexível, mais o processo de bandagem (THOMAZ, 1989).

A aplicação do selante deverá ser preenchida de uma limpeza eficiente da poeira aderente à parede, devendo esta encontrar-se bem seca durante a aplicação.

5.6 Reparos de fissuras causadas por retração da argamassa de revestimento.

Deve-se utilizar pintura elástica encorpada, com aplicação de três ou quatro demãos de tinta à base de resina acrílica, empregando-se ainda reforço com tela de náilon nos locais mais danificados (THOMAZ, 1989).

5.7 Reparos de fissuras causadas por recalque.

Na ocorrência de recalques da fundação, a recuperação do componente fissurado só deverá ser efetuada quando o movimento estabilizar-se ou quando se tiver certo sobre a estabilidade da obra. Em caso contrário, combater inicialmente a causa dos recalques, empregando-se técnicas de consolidação do terreno (cachimbos, estacas laterais, estacas mega etc). Medidas complementares devem ser tomadas como a impermeabilização superficial do terreno ao redor da obra, drenagem superficial de águas que possam eventualmente empoçar nas proximidades da fundação e corte de árvores que absorvem muita água do solo (CARMONA, 2005).

6. CONCLUSÃO

As fissuras manifestam-se nos edifícios segundo processos que podem parecer totalmente aleatórios, mas que na verdade são originados na maioria das vezes por fenômenos físicos, químicos ou mecânicos que já são de perfeito domínio técnico.

A compatibilização dos diversos projetos e o reconhecimento da necessidade de controlar a qualidade dos materiais e dos serviços, o que hoje em dia não é muito comum em diversas empresas do ramo, melhoram em grande escala para um futuro sem o surgimento de patologias.

A previsão de recalques, por mais aproximada que seja, e a estimativa de flechas em vigas e lajes, poderia evidenciar situações favoráveis à fissuração da obra, tomando-se a tempo medidas cabíveis nos dimensionamentos e nos detalhes construtivos que aliviarão as tensões. Isso pressupõe uma interação eficiente entre os projetistas e os responsáveis pela construção, que muitas vezes não se verifica.

Também seria recomendável que a normalização brasileira que trata das fundações dos edifícios e das estruturas de concreto armado (NBR 6122 e NBR 6118), fosse enriquecida com recomendações mais precisas sobre previsão de recalques e flechas.

Por fim, deveriam ser incluídos nos cursos de engenharia e arquitetura, os conceitos mais aprofundados sobre as patologias em construções, o que seria de grande importância para a redução dessas, pois em geral, nos ensinam o que deve ser feito, mas não o que deve ser evitado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. E. **Durabilidade, proteção e recuperação das estruturas**. Notas de aula. Especialização em Construção Civil (Especialização / Aperfeiçoamento) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. Tradução de: CARMONA, A; HELENE, P. R. L. ed. São Paulo: PINI, 1992.

Associação brasileira de normas técnicas. **Projeto e execução de Fundações**. NBR 6122, ABNT, 2010, 91p.

Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. NBR 6118, ABNT, 2014, 238p.

FIGUEROA, T., PALACIO, R. **Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico en medellín**. *Eia*, Medellín, v. 10, p.122-130, dez. 2008.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. 1. ed. São Paulo: PINI (IPT), 1986.

KULISCH, D. **Ataque por sulfatos em estruturas de Concreto**. 2011. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/1e/DANIELE_KULISCH.pdf>. Acesso em: 20/10/2016.

LAPA, J.S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de Concreto**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da Alvenaria de vedação: Avaliação da Capacidade de Deformação**. 1997. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. Disponível em: <[http://www.politech.poli.br/sistema/biblioteca/fotos/Recuperacao de fissuras- Alberto Casado.pdf](http://www.politech.poli.br/sistema/biblioteca/fotos/Recuperacao%20de%20fissuras-%20Alberto%20Casado.pdf)>. Acesso em: 13/09/2016.

OLIVEIRA, F. R. M. **Apostila de patologia e terapia das Edificações**. UFES. 2003.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1986.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios causas, prevenção e recuperação**. PINI: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1ª ed. São Paulo, 1989.

VALLE, J. B. S. **Patologia das alvenarias:** Causa / Diagnóstico / Previsibilidade. 2008. 72 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <[http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologia das alvenarias.pdf](http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologia_das_alvenarias.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2016

WATANABE, R. **Minha casa tem uma trinca bem pequenininha. Eu acho que não há nenhum problema.** (Eng^o Watanabe). Disponível em: <www.ebanataw.com.br/roberto/patologias/trincas.htm>. Acesso em: 20/10/16.