

Monografia

"PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES: TRINCAS E FISSURAS EM EDIFÍCIOS"

Autor: Natália Maria Teixeira Braga

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Janeiro/2010

NATÁLIA MARIA TEIXERIA BRAGA

**" PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES:
TRINCAS E FISSURAS EM EDIFÍCIOS "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Avaliações nas construções

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2010

AGRADECIMENTOS

A Deus por me iluminar e me dar forças para superar os obstáculos encontrados ao longo da caminhada.

Ao Professor Adriano de Paula e Silva pela orientação e apoio que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família por todo o amor, companheirismo, paciência e apoio que foram fundamentais em toda a minha caminhada.

Aos colegas e amigos de turma pelo apoio e amizade, pelas contribuições técnicas e pelo suporte ao longo de todo o curso.

Aos Professores do Curso de Especialização em Construção Civil pelos ensinamentos prestados.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS	16
2.1 <i>Patologia</i>	16
2.2 <i>Fissuras</i>	16
2.3 <i>Trincas</i>	18
2.4 <i>Rachaduras</i>	18
2.5 <i>Terapia</i>	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 <i>Fissuras causadas por movimentações térmicas</i>	20
3.1.2. <i>Configurações típicas de trincas provocadas por movimentações térmicas</i> . 22	
3.1.2.1. <i>Lajes de cobertura sobre paredes autoportantes</i>	22
3.1.2.2. <i>Movimentações térmicas do arcabouço estrutural</i>	26
3.1.2.3. <i>Movimentações térmicas em platibandas</i>	28
3.1.2.4. <i>Movimentações térmicas argamassas de revestimento</i>	28
3.1.2.5. <i>Movimentações térmicas em pisos externos</i>	28
3.1.2.6. <i>Movimentações térmicas em placas de vidro</i>	29
3.2. <i>Fissuras causadas por movimentações higroscópicas</i>	29
3.2.1. <i>Configurações típicas de trincas causadas por movimentações higroscópicas</i>	32
3.3. <i>Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas</i>	36
3.3.1 <i>Configurações típicas de fissuras em componentes de concreto armado, devidas a sobrecargas</i>	37
3.3.1.1. <i>Flexão de vigas</i>	37
3.3.1.2. <i>Torção de vigas</i>	40
3.3.1.3. <i>Flexão de lajes</i>	41
3.3.1.4. <i>Torção de lajes</i>	42

3.3.1.5. <i>Trincas em pilares</i>	42
3.3.2.1. <i>Configurações típicas de fissuras em alvenarias, devido a sobrecargas</i> ...	44
3.4. <i>Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado</i>	44
3.4.1. <i>Configurações típicas de trincas provocadas pela flexão de vigas e lajes</i> ...	45
3.5. <i>Fissuras causadas por recalques de fundação</i>	48
3.5.1. <i>Configurações típicas de trincas causadas por recalques de fundação</i>	50
3.6. <i>Fissuras causadas pela retração de produtos à base de cimento</i>	54
3.6.1. <i>Mecanismos de formação e configurações de fissuras provocadas por retração</i>	57
3.6.1.1. <i>Retração de vigas e pilares de concreto</i>	57
3.6.1.2. <i>Retração de lajes de concreto armado</i>	58
3.6.1.3. <i>Retração de paredes e muros</i>	58
3.6.1.4. <i>Retração de argamassas de revestimento</i>	61
3.7. <i>Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção</i>	62
3.8. <i>Prevenção de fissuras nos edifícios</i>	65
3.8.1. <i>Fundações</i>	65
3.8.2. <i>Estruturas de concreto</i>	66
3.8.3. <i>Ligações entre estruturas e paredes de vedação</i>	67
3.8.4. <i>As alvenarias</i>	68
3.8.5. <i>Lajes de cobertura</i>	69
3.8.6. <i>Revestimentos Rígidos de parede</i>	70
3.8.7. <i>Pisos cerâmicos</i>	71
3.8.8. <i>Forros de gesso</i>	73
3.8.9. <i>Caixilhos e envidraçamentos</i>	73
3.8.10. <i>Fissuras provocadas por movimentações higroscópicas</i>	74
3.8.11. <i>Fissuras causadas por movimentações térmicas</i>	74
3.8.12. <i>Fissuras causadas por sobrecargas</i>	75

3.8.13. Fissuras causadas por retração de produtos à base de cimento.....	75
3.8.14. Fissuras causadas por alterações químicas	76
3.9. Diagnóstico das trincas	76
3.10. Recuperação de componentes trincados.....	78
3.10.1. Recuperação ou reforço de componentes de concreto armado	79
3.10.2. Recuperação ou reforço de paredes em alvenaria	81
3.10.3. Recuperação de revestimentos rígidos.....	85
4. ESTUDOS DE CASO.....	86
4.1. Fissuras capilares	86
4.2. Trinca em laje de concreto.....	86
4.3. Fissuras em vigas	87
4.4. Fissuras em pilares.....	87
4.5. Trincas na ligação alvenaria/viga	88
4.6. Trincas em muretas.....	89
4.7. Trincas na face inferior da janela	89
4.8. Trincas verticais na fachada.....	90
4.9. Trincas na ligação alvenaria/pilar.....	91
5. CONCLUSÃO	92
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fissura em argamassa de revestimento.....	16
Figura 2.2 – Formação de fissura diagonal.....	17
Figura 2.3 – Formação de fissura escalonada.....	17
Figura 2.4 – Combinação de fissuras.....	17
Figura 2.5 – Trincas.....	18
Figura 2.6 - Rachaduras.....	18
Figura 3.1 - Mecanismo de formação das fissuras.....	20
Figura 3.2 - Fissuras causadas por movimentações térmicas.....	22
Figura 3.3 - Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devido a efeitos térmicos	23
Figura 3.4 - Movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura	23
Figura 3.5 - Trinca típica presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.....	23
Figura 3.6 – Trinca típica presente no topo da parede paralela à largura da laje.....	24
Figura 3.7 – Trincas no entorno de caixilhos/peitoris.....	24
Figura 3.8 – Fissuras no entorno de janelas.....	24
Figura 3.9 – Parede com fissuras inclinadas, em forma de escama, evidenciando a dilatação térmica da laje de cobertura.....	25
Figura 3.10 – Fissura com abertura regular no topo da parede, resultante do abaulamento e da dilatação plana da laje da cobertura	25
Figura 3.11 – Trincas de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.....	25
Figura 3.12 – Fissuras provocadas por movimentações térmicas em forro constituído por laje mista.....	26
Figura 3.13 – Destacamento entre a alvenaria e estrutura, provocado por movimentações térmicas diferenciadas.....	27
Figura 3.14 – Trincas de cisalhamento nas alvenarias, provocadas por movimentação térmica da estrutura.....	27
Figura 3.15 – Trincas verticais causadas por movimentações térmicas.....	27
Figura 3.16 – Trincas inclinadas no topo da parede (em ambas as extremidades) e o destacamento da platibanda causados por movimentações térmicas.....	28

Figura 3.17 - Fissuras regularmente espaçadas em piso externo, devidas a movimentações térmicas do piso.....	29
Figura 3.18 – Destacamento do revestimento do piso, sob ação de sua dilatação térmica ou da contração térmica da estrutura.....	29
Figura 3.19 – Movimentações reversíveis a irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade.....	31
Figura 3.20 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes da expansão dos tijolos.....	32
Figura 3.21 – Trincas nas peças estruturais.....	32
Figura 3.22 – Expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical da alvenaria.....	33
Figura 3.23 – Trinca vertical no terço médio da parede.....	33
Figura 3.24 – Trinca horizontal na base da alvenaria por efeito da umidade do solo.....	34
Figura 3.25 – Destacamento da argamassa no topo do muro.....	34
Figura 3.26 – O fluxo de água interceptado no peitoril da janela.....	35
Figura 3.27 – Fissuração de placas de gesso em forro rigidamente encunhado nas paredes.....	35
Figura 3.28 – Viga isostática submetida à flexão.....	37
Figura 3.29 – Fissuração típica em viga subarmada solcitada à flexão.....	38
Figura 3.30 – Fissura de cisalhamento em viga solicitada à flexão.....	38
Figura 3.31 – Fissuras de flexão em viga de concreto armado descimbrada e carregada precocemente.....	39
Figura 3.32 – Ramificação das fissuras na base da viga, devida à presença das armaduras de tração.....	39
Figura 3.33 – Fissuras de cisalhamento em viga alta, prevista no projeto como “parede de vedação”.....	40
Figura 3.34 – Fissuras provocadas por torção.....	41
Figura 3.35 – Fissuramento típico de lajes simplesmente apoiadas.....	41
Figura 3.36 – Trincas na face superior da laje devidas à ausência de armadura negativa.....	42
Figura 3.37 – Trincas inclinadas devidas à torção da laje.....	42
Figura 3.38 – Fissuras verticais no pilar indicando insuficiência de estribos.....	43
Figura 3.39 – Trincas horizontais a meia altura de painel pré-moldado de concreto armado, submetido à flexocompressão.....	43

Figura 3.40 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical.....	44
Figura 3.41 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes de sobrecarga.....	44
Figura 3.42 – Trincas em parede de vedação: deformação do suporte maior que a deformação da viga superior.....	46
Figura 3.43 – Trincas em parede de vedação: deformação do suporte idêntica à deformação da viga superior.....	46
Figura 3.44 – Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais.....	47
Figura 3.45 – Cisalhamento entre painéis pré-fabricados, provocado pela deflexão dos componentes estruturais.....	47
Figura 3.46 – Trincas na alvenaria, provocadas por deflexão da região em balanço da viga.....	47
Figura 3.47 – Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje.....	48
Figura 3.48 – Destacamento de piso cerâmico devido à excessiva deformação da laje.....	48
Figura 3.49 – Atrito negativo em estacas, pelo amolgamento da camada de argila mole.....	50
Figura 3.50 – Fissuras por recalque da fundação.....	50
Figura 3.51 – Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados: o trecho mais carregado apresenta maior recalque, originando-se trincas de cisalhamento no painel.....	51
Figura 3.52– Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados: sob as aberturas surgem trincas de flexão.....	51
Figura 3.53 – Recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado.....	51
Figura 3.54 – Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro; trincas de cisalhamento nas alvenarias.....	52
Figura 3.55 – Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões em função da construção do edifício maior.....	52
Figura 3.56 – Recalque diferenciado, por falta de homogeneidade do solo.....	52
Figura 3.57 – Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático; foi cortad o terreno à esquerda do edifício.....	52
Figura 3.58 – Diferentes sistemas de fundação na mesma construção: recalques diferenciados entre os sistemas, com a presença de trincas de cisalhamento no	53

corpo da obra.....	
Figura 3.59 – Recalques diferenciados entre os pilares: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu maior recalque.....	53
Figura 3.60 – Trinca provocada por recalque advindo da contração do solo, devida à retirada de água por vegetação próxima.....	54
Figura 3.61 – Trincas causadas por retração de secagem.....	56
Figura 3.62 - Retração do concreto em função do consumo de cimento e da relação água/cimento.....	56
Figura 3.63 – Retração de concretos em função da umidade relativa do ar.....	56
Figura 3.64 – Fissuras horizontais nos pilares, devidas à retração do concreto das vigas superiores.....	57
Figura 3.65 – Fissuras de retração em viga de concreto armado, causadas pela elevadíssima relação água/cimento do concreto.....	58
Figura 3.66 – Destacamento provocado pelo encunhamento precoce da alvenaria.....	59
Figura 3.67 – Fissura de retração na alvenaria, em seção enfraquecida pela presença de tubulação.....	59
Figura 3.68 – Fissuração generalizada causada pela retração dos componentes da alvenaria e pelo grande número de janelas na parede.....	60
Fissura 3.69 – Fissura de retração em parede monolítica de concreto, na seção enfraquecida pela presença do vão da janela.....	60
Figura 3.70 – Fissura em parede monolítica relativamente extensa, provocada pela retração do concreto.....	60
Figura 3.71 – Destacamento na região de contato parede monolítica de concreto/laje de fundação, com penetração de umidade para o interior da edificação.....	61
Figura 3.72 – Fissuras de retração no revestimento em argamassa.....	62
Figura 3.73– Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento.....	62
Figura 3.74 – Fissuras horizontais nas juntas de argamassas causadas por reações químicas.....	63
Figura 3.75 – Pequeno buraco (“pite”) no revestimento em argamassa, resultante de hidratação retardada de óxidos livres presentes no cal.....	63
Figura 3.76 – Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque de sulfatos.....	64
Figura 3.77 – Fissuras e lascamentos em viga de concreto armado.....	65

Figura 3.78 – Juntas na estrutura para evitar-se a ocorrência da danos por recalques diferenciados das fundações.....	66
Figura 3.79 – Montagem recomendada para as paredes de vedação.....	67
Figura 3.80 – Juntas dessolidarização entre a parede e a estrutura, com o emprego de material deformável.....	68
Figura 3.81 – Acabamento de juntas com selante flexível.....	68
Figura 3.82 – Frisamento de juntas em alvenarias aparentes de fachadas.....	69
Figura 3.83 – Junta deslizante entre laje de cobertura e alvenaria estrutural.....	70
Figura 3.84 – Juntas de dessolidarização entre o piso cerâmico e parede.....	71
Figura 3.85 – Camada de separação entre o piso cerâmico e laje de concreto armado.....	72
Figura 3.86 – Juntas de movimentação em piso cerâmico.....	73
Figura 3.87 – Junta de movimentação entre a estrutura e caixilharia, com gancho chatos de metal.....	74
Figura 3.88 – Instalação de tubos plásticos para injeção de resina nas fissuras, em viga alta de concreto armado.....	80
Figura 3.89 – Reforço de pilar com concreto e armaduras suplementares.....	81
Figura 3.90 – Recuperação de destacamento pilar/parede com tela de estuque....	81
Figura 3.91 - Remoção do revestimento.....	82
Figura 3.92 - Regularização do substrato.....	82
Figura 3.93 – Aplicação da fita plástica.....	82
Figura 3.94 – Aplicação do véu.....	82
Figura 3.95 – Recuperação de fissura em alvenaria com o emprego de bandagem de dessolidarização parede/revestimento.....	83
Figura 3.96 – Desvinculação entre a parede fissurada e o componente superior...	84
Figura 3.97 – Reforço de alvenaria portante com tirante de aço.....	84
Figura 4.1 – Abertura das fissuras.....	86
Figura 4.2 - Preenchimento das fissuras com argamassa aditivada.....	86
Figura 4.3 – Trinca em laje de concreto.....	87
Figura 4.4 - Fissura na face inferior da viga.....	87
Figura 4.5 – Fissuras em pilares.....	88
Figura 4.6 – Trinca alvenaria/viga.....	88
Figura 4.7 - Trinca horizontal na mureta da cobertura.....	89
Figura 4.8 - Trincas na face inferior da janela.....	89
Figura 4.9 – Trinca vertical na fachada.....	90
Figura 4.10 -Trinca entre alvenaria/pilar.....	91

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1: Estimativa da temperatura superficial de lajes e paredes expostas à radiação (em °F).....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 3.2 - Coeficiente de absorção solar.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 3.3 – Possibilidade de corrosão das armaduras.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 3.4: Distâncias máximas entre juntas de movimentação em pisos cerâmicos – IPT.....</i>	<i>72</i>

RESUMO

O presente trabalho apresentará um estudo sobre uma das principais patologias das edificações: as trincas.

Será explicado os principais motivos de sua ocorrência, com as características típicas de sua formação, como diagnosticá-las, previni-las e recuperá-las.

Apresentaremos também estudos de caso, abordando os mecanismos de formação das fissuras e os modos de reparação.

1. INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias trouxe edifícios mais leves, com componentes mais esbeltos e menos contraventados, que junto à conjuntura sócio – econômica ocasionou em obras com desenvolvimento mais rápido, mas com menor rigor no controle dos materiais e serviços. A mão de obra qualificada foi para setores industriais mais nobres gerando uma queda gradativa da qualidade das construções originando em edifícios já virtualmente condenados antes da ocupação.

O estudo das patologias na construção civil é de grande importância, portanto, pois alerta para um eventual estado perigoso da estrutura, do possível comprometimento da obra em serviço, além de exercer constrangimento psicológico sobre os usuários.

Segundo DUARTE (1998) “... as manifestações patológicas que mais preocupação causam aos leigos são as fissuras. A ocorrência de fissuras tem se tornado um incômodo que provoca crescente preocupação na construção civil, onde o nível de exigência dos usuários vem aumentando em função da própria mudança de mentalidade com a criação de novos paradigmas, tais como a qualidade e a satisfação dos clientes.”

As obras de reparação ou reforço são dispendiosas e nem sempre resolvem os problemas definitivamente, por isso deve-se buscar um aproveitamento otimizado dos recursos de modo a não transferir aos usuários edifícios com problemas crônicos que repercutirão em elevados custos.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 Patologias

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

A patologia das construções está intimamente ligada à qualidade e embora esta última tenha avançado muito e continue progredindo cada vez mais, os casos patológicos não diminuiram na mesma proporção, embora seja verdade que a diminuição seja razoável. Realmente, as lesões ou enfermidades nas estruturas são fenômenos tão velhos como os próprios edifícios.

CÁNOVAS (1988) diz que "a patologia na execução pode ser consequência da patologia de projeto, havendo uma estreita relação entre elas; isso não quer dizer que a patologia de projeto sendo nula, a de execução também o será. Nem sempre com projetos de qualidade desaparecerão os erros de execução. Estes sempre existirão, embora seja verdade que podem ser reduzidos ao mínimo caso a execução seja realizada seguindo um bom projeto e com uma fiscalização intensa".

2.1. Fissuras

Apresentam-se como aberturas finas e compridas, mas de pouca profundidade. Normalmente são superficiais atingindo a massa corrida ou a pintura. Apresentam aberturas até 0,5mm.



Figura 2.1 – Fissura em argamassa de revestimento

As fissuras podem se apresentar nas direções horizontal, vertical, diagonal, ou em uma combinação destas. Quando verticais ou diagonais, elas podem ser retas, atravessando unidades e juntas, ou podem ter aspecto escalonado, passando apenas pelas juntas. A forma da fissura é influenciada por vários fatores, incluindo a rigidez relativa das juntas com relação às unidades, a presença de aberturas ou outros pontos de fragilidade, as restrições da parede e a causa da fissura.

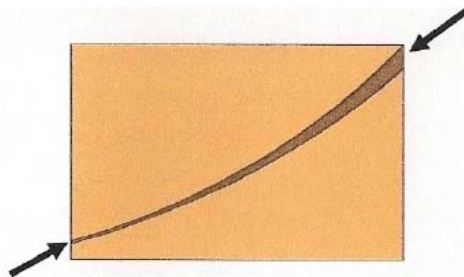


Figura 2.2 – Formação de fissura diagonal

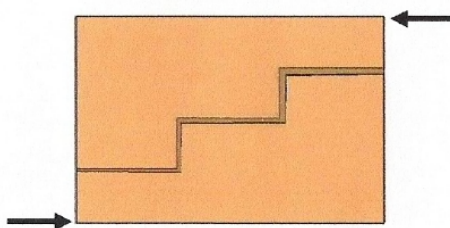


Figura 2.3 – Formação de fissura escalonada

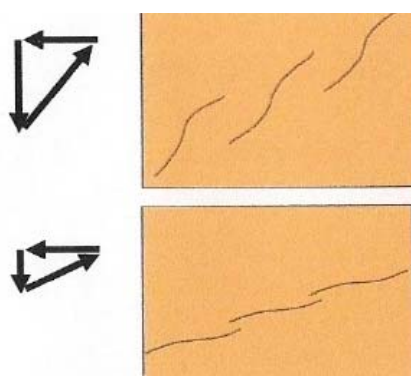


Figura 2.4 – Combinação de fissuras

2.2. Trincas

São mais acentuadas e profundas que as fissuras, provocando a separação das partes. Podem indicar que algo grave está ocorrendo e, portanto, requerem atenção. Apresentam aberturas de 0,5mm a 1,5mm.



Figura 2.5 - Trincas

2.3. Rachaduras

Abertura grande, acentuada e profunda, também com divisão das partes e de gravidade acentuada uma vez que afetando a alvenaria e elementos estruturais como vigas, colunas e laje, por exemplo, comprometem a estabilidade da edificação tornando-se um risco à segurança dos usuários. Apresentam aberturas de 1,5mm a 5,0mm.

O aparecimento deste tipo de problema tem relação com a qualidade da obra, tanto dos materiais quanto da dosagem de argamassa e concreto, aplicação e a fatores externos como: oscilação de temperatura, infiltração, fadiga por cargas repetitivas e temporárias e fatores estruturais. Por apresentar causas diversas precisam de uma avaliação especializada para a correta intervenção e solução do problema.



Figura 2.6 - Rachaduras

2.4. Terapia

À terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos (HELENE, 1992). Para obter êxito nas medidas terapêuticas, é necessário que o estudo precedente, o diagnóstico da questão, tenha sido bem conduzido.

As medidas terapêuticas de correção dos problemas tanto podem incluir pequenos reparos localizados, quanto uma recuperação generalizada da estrutura ou reforços de fundações, pilares, vigas e lajes. É sempre recomendável que, após qualquer uma das intervenções citadas, sejam tomadas medidas de proteção da estrutura, com implantação de um programa de manutenção periódica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Fissuras causadas por movimentações térmicas

Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperaturas sazonais e diárias que geram uma variação dimensional dos materiais de construção - dilatação ou contração – tensões que poderão causar o aparecimento de fissuras. A intensidade destas tensões depende das propriedades físicas dos próprios materiais, da variação da temperatura e do grau de restrição imposto pelos vínculos entre os elementos.

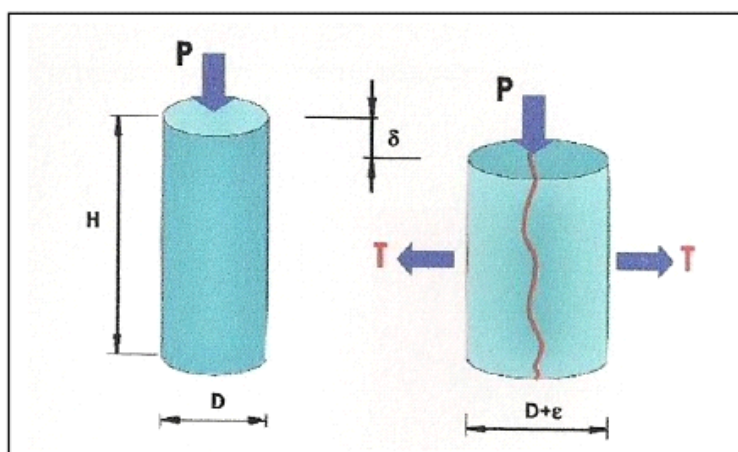


Figura 3.1 - Mecanismo de formação das fissuras

Além disso, as fissuras podem surgir também por movimentações térmicas diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material. Tais movimentações ocorrem em função da junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos à mesma variação de temperatura; elementos com diferentes solicitações térmicas naturais e gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente.

É importante considerar a rapidez com que as movimentações térmicas diferenciadas ocorrem. Caso seja gradual e lenta, materiais menos solicitados podem absorver variações mais intensas do que um material a ele justaposto. Ciclos alternados de

carregamento-descarregamento ou tração-compressão podem causar fadiga nos materiais.

A amplitude e a variação de temperatura dependerá:

- da intensidade (direta e difusa) da radiação solar;
- da absorvância da superfície do componente à radiação solar (depende basicamente da cor superfície);
- da emitância da superfície do componente (superfície reirradia parte da radiação absorvida);
- da condutância térmica superficial;
- de outras propriedades dos materiais, como calor específico, massa específica aparente e coeficiente de condutibilidade térmica.

As amplitudes de variação das temperaturas dos componentes das edificações variam em função de sua posição no edifício, de sua cor e da natureza do material que os constitui.

Tabela 3.1 - Estimativa da temperatura superficial de lajes e paredes expostas à radiação (em °F)

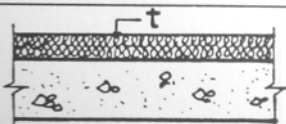
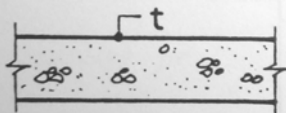
Presença ou não de isolação térmica	Cor da superfície exposta à radiação	
	cores claras	cores escuras
	$t_{\max} = t_A + 100 a$ $t_{\min} = t_A - 20^\circ\text{F}$	$t_{\max} = 1,3 t_A + 130 a$
	$t_{\max} = t_A + 75 a$ $t_{\min} = t_A - 10^\circ\text{F}$	$t_{\max} = t_A + 100 a$

Tabela 3.2 - Coeficiente de absorção solar

TIPO DE MATERIAL	COR DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE a
NÃO-METÁLICOS	Preta	0,95
	Escura	0,80
	Cinza-clara	0,65
	Branca	0,45
METÁLICOS	Cobre oxidado	0,80
	Cobre polido	0,65
	Alumínio	0,60
	Ferro Galvanizado	0,90



Figura 3.2 - Fissuras causadas por movimentações térmicas

3.1.2. Configurações típicas de trincas provocadas por movimentações térmicas

3.1.2.1. Lajes de cobertura sobre paredes autoportantes

Em geral, as coberturas planas estão mais expostas às mudanças térmicas naturais do que os elementos verticais, ocorrendo, portanto, movimentações diferenciadas entre estes e os elementos horizontais. Tais movimentações podem ainda ser intensificadas pelas diferenças nos coeficientes de expansão térmica dos materiais construtivos desses componentes.

São significativas, também, as diferenças de movimentações entre as superfícies superiores e inferiores das lajes de cobertura, sendo que, geralmente, as primeiras são solicitadas por movimentações mais bruscas e de maior intensidade. Isso ocorre com as lajes sombreadas: parte da energia calorífica absorvida pelas telhas é reirradiada para a laje, além de ocorrer, através do ático, transmissão de calor por condução e convecção. Nesse caso, as movimentações térmicas a que serão submetidas às lajes ocorrem em função de diversos fatores, como: natureza do material que compõe as telhas, altura do colchão de ar presente entre o telhado e a laje de cobertura, intensidade de ventilação e rugosidade das superfícies internas do ático etc.

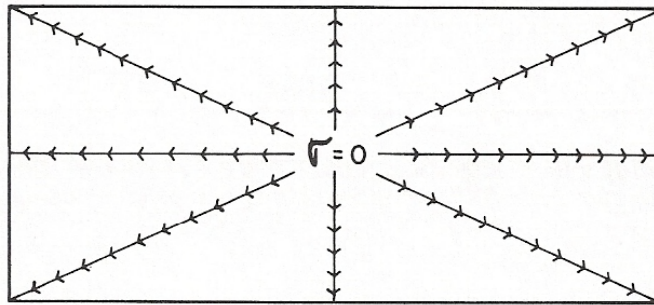


Figura 3.3 - Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devido a efeitos térmicos. (Fonte: THOMAZ)

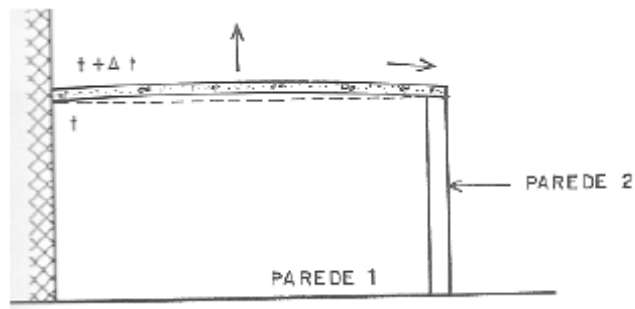


Figura 3.4 - Movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura (Fonte: THOMAZ)

De um modo geral, as trincas se desenvolvem quase que exclusivamente nas paredes, apresentando configurações típicas, indicadas nas figuras 3.5 e 3.6. Isso ocorre devido à dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperaturas ao longo de suas alturas, o que introduz tensões de tração e cisalhamento nas paredes das edificações.

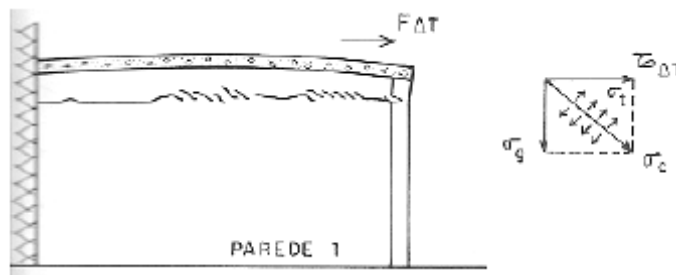


Figura 3.5 - Trinca típica presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje; a direção das fissuras perpendiculares às resultantes de tração indica o sentido da movimentação térmica (no caso, da esquerda para a direita)



Figura 3.6 – Trinca típica presente no topo da parede paralela à largura da laje (Fonte: THOMAZ)

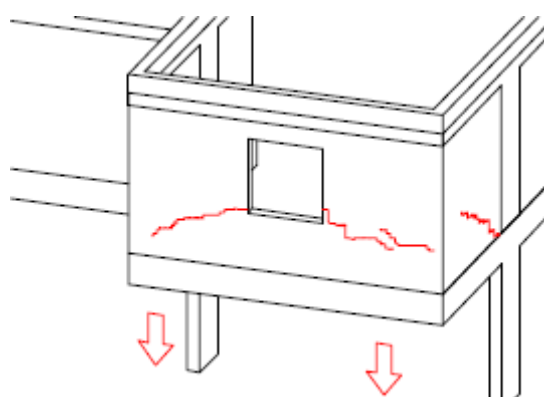


Figura 3.7 – Trincas no entorno de caixilhos/peitoris



Figura 3.8 – Fissuras no entorno de janelas. (Fonte: Revista Técnica)

Na maioria dos casos as fissuras se comportam de maneira típica, como mostram as figuras 3.9 e 3.10, mas em função das dimensões da laje, dos materiais constituintes das

paredes e da eventual presença de aberturas nestas, as trincas podem se desenvolver de forma inclinada, próximas às paredes, conforme a figura 3.11.

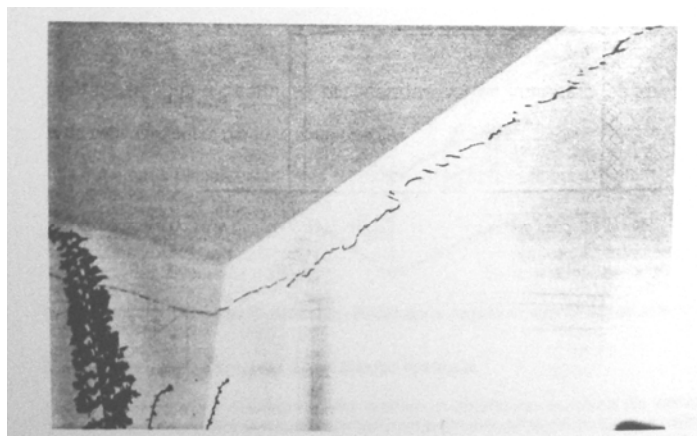


Figura 3.9 – Parede com fissuras inclinadas, em forma de escama, evidenciando a dilatação térmica da laje de cobertura (Fonte: THOMAZ)

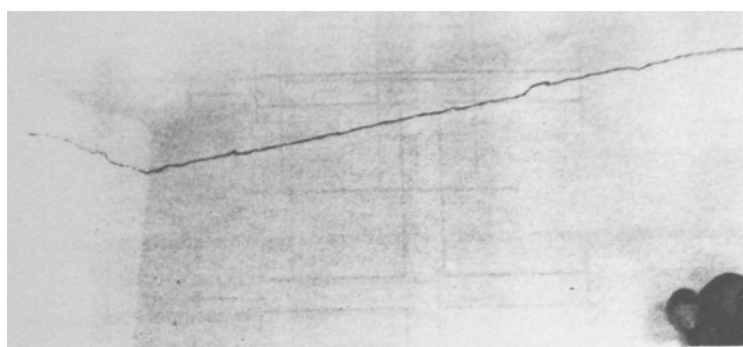


Figura 3.10 – Fissura com abertura regular no topo da parede, resultante do abaulamento e da dilatação plana da laje da cobertura (Fonte: THOMAZ)

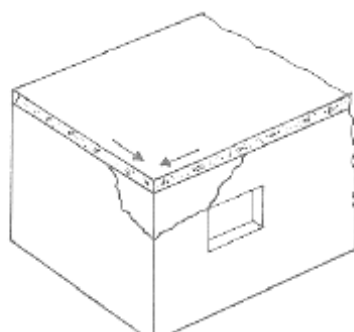


Figura 3.11 – Trincas de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura (Fonte: THOMAZ)

As lajes de forro também apresentam dilatações e contrações devido ao efeito da reirradiação da cobertura para suas partes internas. Podem ser produzidas fissuras nas arestas constituídas entre os forros e as paredes que, geralmente, só são perceptíveis quando não há um elemento de acabamento na união parede-forro. Em lajes mistas de vigotas pré-moldadas de concreto e componentes cerâmicos vazados as fissuras são longitudinais, nas regiões de encontro entre os elementos citados.

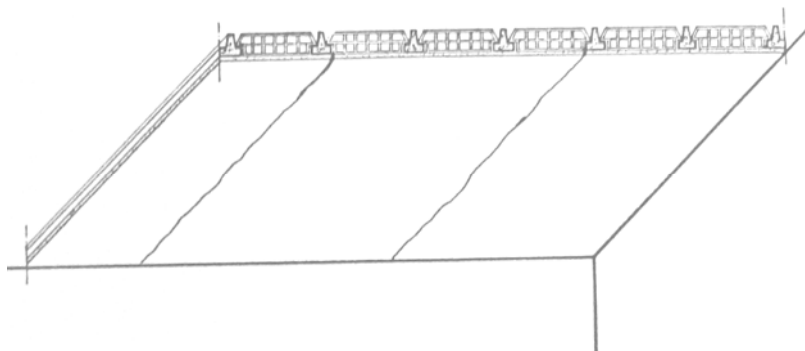


Figura 3.12 – Fissuras provocadas por movimentações térmicas em forro constituído por laje mista
(Fonte: THOMAZ)

3.1.2.2. Movimentações térmicas do arcabouço estrutural

Podem ocorrer movimentações térmicas na estrutura da edificação, geralmente sem causar grandes danos à mesma. Fissuras ligeiramente inclinadas podem se desenvolver nas extremidades dos pilares, devido a movimentações térmicas nos encontros de vigas de concreto, principalmente quando não se tem juntas de dilatação ou as mesmas foram mal projetadas.

Mais comum, é a ocorrência do destacamento entre as alvenarias e o reticulado estrutural, assim como trincas de cisalhamento nas extremidades das alvenarias.

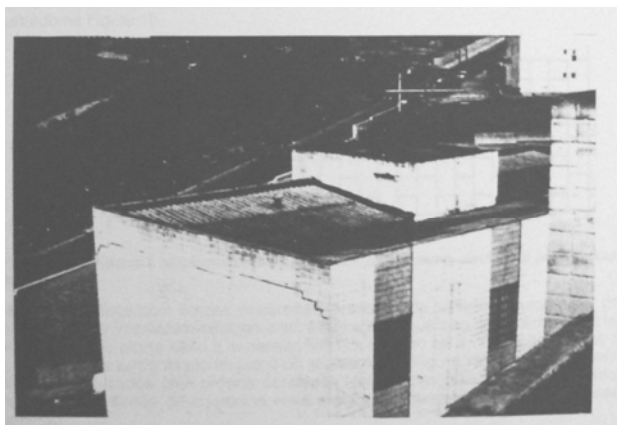


Figura 3.13 – Destacamento entre a alvenaria e estrutura, provocado por movimentações térmicas diferenciadas (Fonte: THOMAZ)

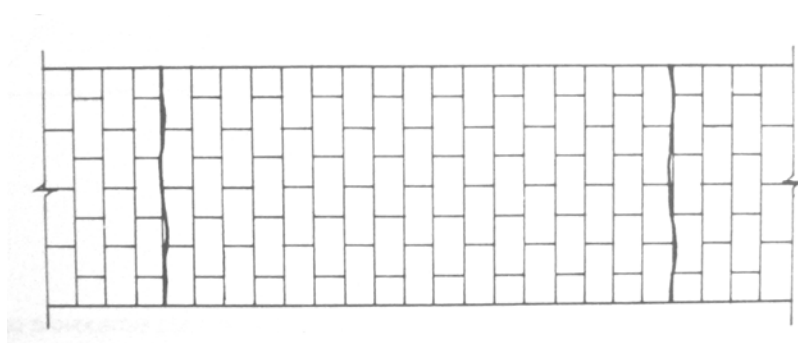


Figura 3.14 – Trincas de cisalhamento nas alvenarias, provocadas por movimentação térmica da estrutura (Fonte: THOMAZ)

Nos muros extensos as fissuras são tipicamente verticais, manifestando-se a cada 4 ou 5m, podendo ocorrer nos encontros da alvenaria com os pilares, no corpo da alvenaria, acompanhando as juntas verticais de assentamento ou mesmo entendendo-se através dos componentes da alvenaria. A ordem de abertura de tais trincas é de 2 a 3mm. Geralmente iniciam-se na base do muro, devido as restrições que a fundação oferece à sua livre movimentação.

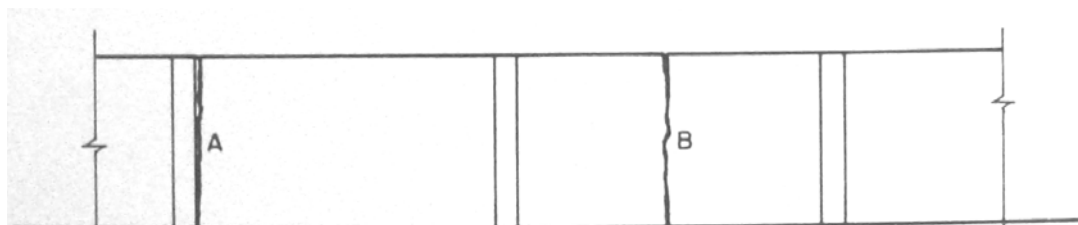


Figura 3.15 – Trincas verticais causadas por movimentações térmicas:
a) destacamento entre alvenaria e pilar, b) trinca no corpo da alvenaria (Fonte: THOMAZ)

3.1.2.3. Movimentações térmicas em platibandas

As platibandas se comportam como os muros de divisas, devido seu comprimento alongado. Pode ocorrer, também, o destacamento entre a platibanda e o corpo do edifício, formando, ainda, fissuras inclinadas nas extremidades desse corpo, como mostra a figura 3.16.



Figura 3.16 – Trincas inclinadas no topo da parede (em ambas as extremidades) e o destacamento da platibanda causados por movimentações térmicas. (Fonte: THOMAZ)

3.1.2.4. Movimentações térmicas argamassas de revestimento

As fissuras em argamassas de revestimento dependerão do módulo de deformação da argamassa, sendo desejável que esta seja superior ao módulo de deformação da parede. As variações de temperaturas decorrentes das estações do ano, além da insolação direta recebida pelos revestimentos podem provocar aparecimento de fissuras nos mesmos, já que ocorrem movimentações entre os revestimentos e as bases de aplicação.

3.1.2.5. Movimentações térmicas em pisos externos

Nos pisos, principalmente em grandes áreas, com formas alongadas e de cores muito escuras, ocorrem fissuras regularmente espaçadas ou destacamento do revestimento. Este último é bastante freqüente quando se tem bordas vinculadas, ou podem ocorrer pela própria contração térmica das placas isoladas.

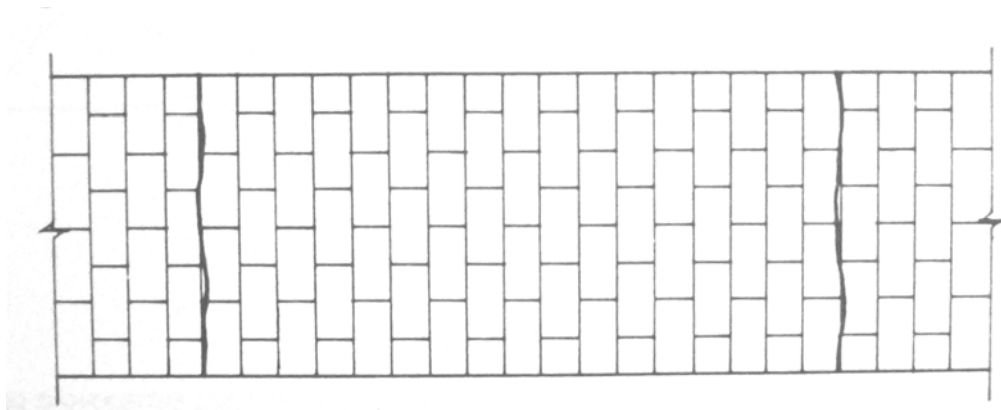


Figura 3.17 - Fissuras regularmente espaçadas em piso externo, devidas a movimentações térmicas do piso. (Fonte: THOMAZ)

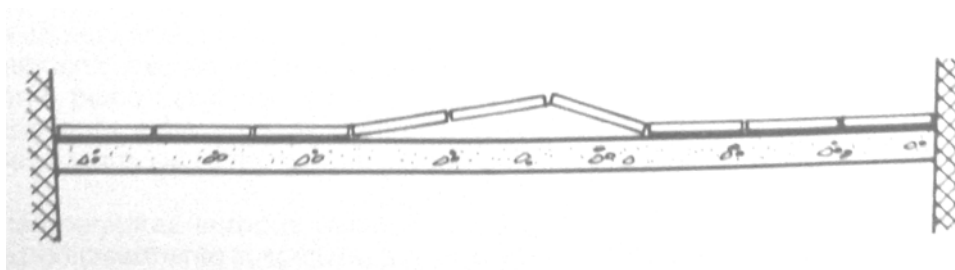


Figura 3.18 – Destacamento do revestimento do piso, sob ação de sua dilatação térmica ou da contração térmica da estrutura. (Fonte: THOMAZ)

3.1.2.6. Movimentações térmicas em placas de vidro

Os vidros se expandem com o aumento da temperatura, sendo que os especiais apresentam expansões maiores devido a incidência solar, o que proporciona o surgimento de trincas. O sombreamento excessivo das bordas, seja por detalhes arquitetônicos ou mesmo pelo caixilho, também favorecem o aparecimento de trincas, principalmente, pelo fato do vidro ser mau condutor de calor.

3.2. Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção. O aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto a diminuição desse teor provoca uma contração. Existindo vínculos que impeçam ou restringem essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes construtivos.

A umidade pode ter acesso aos materiais de construção através de diversas vias:

a) Umidade resultante da produção dos componentes: como, por exemplo, na fabricação de componentes construtivos à base de ligantes hidráulicos emprega-se geralmente uma quantidade de água superior à necessária para que ocorram as reações químicas de hidratação. A água em excesso permanece em estado livre no interior do componente e, ao se evaporar, provoca a contração do material.

b) Umidade proveniente da execução da obra: é usual umedecerem-se componentes de alvenaria no processo de assentamento, ou mesmo painéis de alvenaria que receberão argamassas de revestimento. Esta prática é correta, pois visa impedir a saída brusca de água das argamassas, o que viria prejudicar a aderência com os componentes de alvenaria ou mesmo as reações de hidratação do cimento. Ocorre que esta operação de umedecimento poderá elevar o teor de umidade dos componentes de alvenaria a valores muito acima da umidade higroscópica de equilíbrio, originando-se uma expansão do material. A água em excesso tenderá a evaporar-se, provocando uma contração do material.

c) Umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos: o material poderá absorver água de chuva antes mesmo de ser utilizado na obra, durante o transporte até a obra ou por armazenagem desprotegida no canteiro. Também a umidade presente no ar pode ser absorvida pelos materiais de construção, quer sob forma de vapor, quer sob a de água líquida (condensação do vapor sobre as superfícies mais frias da construção).

d) Umidade do solo: a água presente no solo poderá ascender por capilaridade à base da construção, desde que os diâmetros dos poros capilares e o nível do lençol d'água assim o permitirem.

A quantidade de água absorvida por um material de construção depende de dois fatores: porosidade e capilaridade. O fator mais importante que rege a variação do teor de

umidade dos materiais é a capilaridade. Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente, onde ela será posteriormente evaporada. Deve-se considerar também que estas forças de sucção são inversamente proporcionais às aberturas dos poros, desta maneira quando dois materiais diferentes são colocados em contato, o material dos poros mais fechados, teoricamente, absorverá água do material com poros mais abertos. Na prática, os materiais normalmente contêm poros de variadas aberturas, sendo o sentido de percolação da água dos mesmos determinados pela diferença do teor de umidade dos materiais em contato, variando a sucção por capilaridade com o teor de umidade dos materiais.

Se um material poroso é exposto por tempo suficiente a condições constantes de umidade e temperatura seu teor de umidade acabará estabilizando-se, atingindo, portanto, a umidade higroscópica de equilíbrio do material.

As variações no teor de umidade provocam movimentações de dois tipos: irreversíveis e reversíveis. As movimentações irreversíveis são aquelas que ocorrem geralmente logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado. As movimentações reversíveis ocorrem por variações do teor de umidade do material, ficando delimitadas a certo intervalo, mesmo no caso de secar-se ou saturar-se completamente o material.

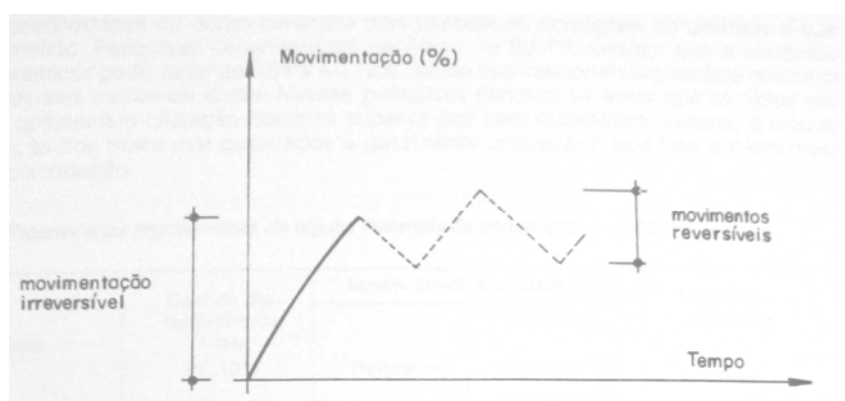


Figura 3.19 – Movimentações reversíveis a irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade. (Fonte: THOMAZ)

3.2.1. Configurações típicas de trincas causadas por movimentações higroscópicas

As trincas provocadas por variação de umidade dos materiais de construção são muito semelhantes aquelas provocadas pelas variações de temperatura. As aberturas variam em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou da umidade.

Na figura a seguir, temos trincas horizontais na alvenaria, ocasionadas pela expansão dos tijolos, sendo o painel solicitado à compressão na direção horizontal.

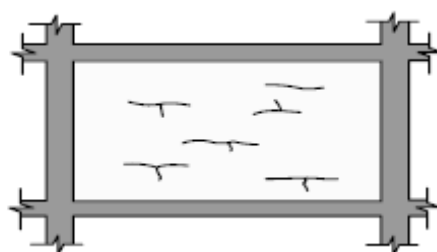


Figura 3.20 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes da expansão dos tijolos. (Fonte: THOMAZ)

Quando a expansão da alvenaria solicita o concreto à tração, apresentam-se trincas nas peças estruturais, conforme figura 3.21.

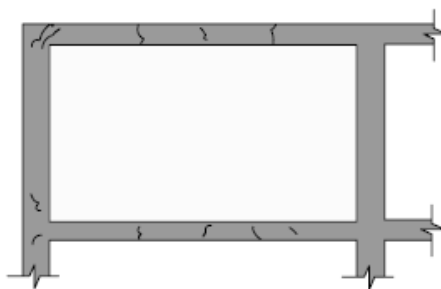


Figura 3.21 – Trincas nas peças estruturais. (Fonte: THOMAZ)

Com a expansão dos tijolos por absorção de umidade há o aparecimento de fissuras verticais na alvenaria, no canto do edifício (figura 3.22).

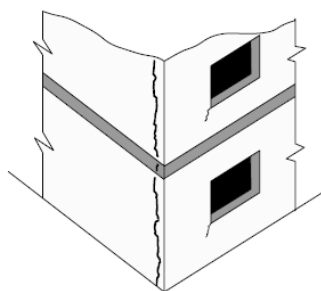


Figura 3.22 – Expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical da alvenaria. (Fonte: THOMAZ)

Movimentações higroscópicas de tijolos de solo-cimento geram trinca vertical no terço médio da parede (figura 3.23). Geralmente tais fissuras se apresentam em paredes relativamente longas, com 6 a 7 metros e podem ser causadas tanto pela contração de secagem do produto como por suas movimentações reversíveis.

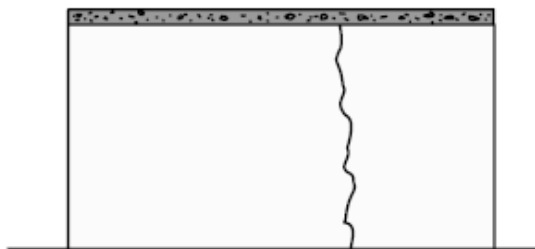


Figura 3.23 – Trinca vertical no terço médio da parede. (Fonte: THOMAZ)

Podem aparecer trincas horizontais na base de paredes, caso a impermeabilização dos alicerces tenha sido mal-executada. A alvenaria da parte inferior da parede absorve a umidade do solo, o que resulta em movimentações diferenciadas em relação ao restante da parede, já que as fiadas superiores recebem insolação direta e perdem água por evaporação (figura 3.24). Facilitando sua identificação, esse tipo de trinca costuma ser acompanhado por eflorescências.

A absorção de umidade também gera fissuras na parte superior de muros, platibandas e peitoris, quando esses não são corretamente protegidos por rufos. Neste caso, a absorção de umidade (oriunda da chuva ou mesmo orvalho) de forma desigual ao resto da parede origina o destacamento do mesmo, conforme figura 3.25.

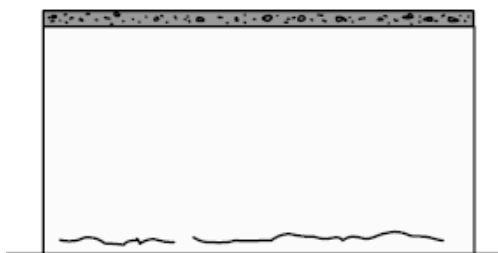


Figura 3.24 – Trinca horizontal na base da alvenaria por efeito da umidade do solo. (Fonte: THOMAZ)



Figura 3.25 – Destacamento da argamassa no topo do muro. (Fonte: THOMAZ)

O constante processo de umedecimento/ secagem das argamassas de revestimento com impermeabilização insuficiente da superfície, junto às movimentações térmicas do próprio revestimento, provocam, inicialmente, a ocorrência de microfissuras na argamassa. A partir daí, ocorrerá maior penetração da água, acentuando as movimentações e a incidência de fissuras no revestimento. Essa situação ocorrerá de forma mais acentuada nos locais onde haja maior incidência de água. A presença de peitoris, saliências e alguns detalhes construtivos nas fachadas têm a função de impedir que a água escoe pela parede, mas muitas vezes, por falha de projeto ou de execução, esses detalhes geram problemas localizados nas fachadas, conforme ilustra a figura 3.26.

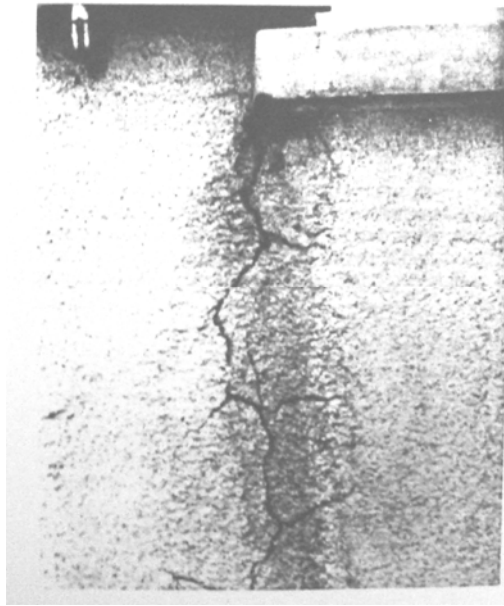


Figura 3.26 – O fluxo de água interceptado no peitoril da janela escorre lentamente ao mesmo, provocando a fissuração da argamassa de revestimento. (Fonte: THOMAZ)

Outro material que também apresenta movimentações higroscópicas acentuadas é o gesso. Um problema específico neste caso que é observado é o fato de que nos edifícios ocorre o fissuramento de placas de gesso constituintes de forros, pela inobservância de juntas de movimentação entre as paredes e o forro.

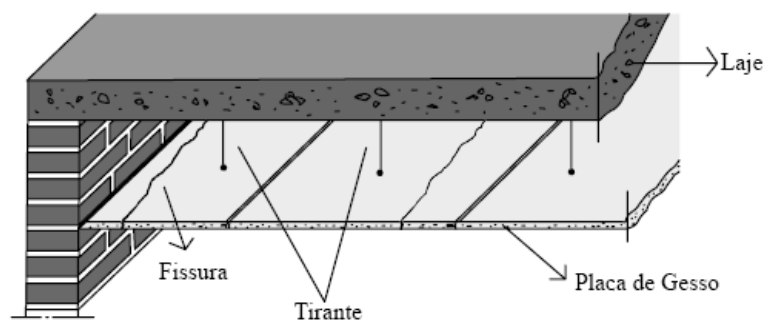


Figura 3.27 – Fissuração de placas de gesso em forro rigidamente encunhado nas paredes.

(Fonte: THOMAZ)

3.3. Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas

A atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Tais sobrecargas podem ter sido consideradas no projeto estrutural, mas terem sido mal executadas ou mal calculadas ou pode acontecer por solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista. Consideraremos, assim como THOMAZ (1996), a sobrecarga como uma solicitação externa, prevista ou não em projeto, capaz de provocar a fissuração de um componente com ou sem função estrutural, sendo portanto, consideradas só as cargas verticais.

As tensões que geram o fissuramento dos componentes, de um modo geral, são redistribuídas ao longo do componente fissurado e dos componentes vizinhos, fazendo com que a solicitação acabe sendo absorvida de modo globalizado, pela estrutura ou parte dela. Portanto, a atuação de sobrecargas, previstas ou não em projeto, pode produzir o fissuramento de componentes de concreto armado sem que isto implique, necessariamente, ruptura do componente ou instabilidade da estrutura. Mas há casos em que não há a possibilidade da redistribuição de todas as tensões, comprometendo a estabilidade da estrutura.

De acordo com a NBR 6118 considera-se que : “a solicitação resistente com a qual haverá uma grande probabilidade de iniciar-se a formação de fissuras normais à armadura longitudinal poderá ser calculada com as seguintes hipóteses:”

a) a deformação de ruptura à tração do concreto é igual a $2,7 f_{tk} / E_c$, sendo:

f_{tk} = resistência característica do concreto à tração

E_c = módulo de elasticidade do concreto à compressão

b) na flexão, o diagrama de tensões de compressão no concreto é triangular (regime elástico); a tensão na zona tracionada é uniforme e igual a f_{tk} , multiplicando-se a deformação de ruptura especificada na alínea anterior por 1,5;

c) as seções verticais planas permanecem planas;

d) deve-se considerar sempre o efeito da retração. De modo simplificado, pode-se supor a tensão de tração igual a $0,75 f_{tk}$ e desprezar a armadura.

Ainda segundo a NBR, há a possibilidade de corrosão da armadura quando a abertura das fissuras na superfície do concreto ultrapassar os seguintes valores:

Tabela 3. 3 – Possibilidade de corrosão das armaduras

Abertura (mm)	Peças	Meio
0,1 mm	Peças não protegidas	Meio agressivo
0,2mm	Peças não protegidas	Meio não agressivo
0,3mm	Peças protegidas	-

3.3.1 Configurações típicas de fissuras em componentes de concreto armado, devidas a sobrecargas

3.3.1.1. Flexão de vigas

As características das fissuras, como localização, quantidade, extensão e abertura, dependem das características geométricas da peça, das propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a constituem e do estágio da solicitação da carga.

Os esforços numa viga isostática submetida à flexão desenvolvem-se, de um modo geral, como na figura 3.28. As fissuras ocorrem perpendicularmente às trajetórias dos esforços principais de tração. Como se pode ver na figura 3.29, no terço médio do vão as fissuras são praticamente verticais, com aberturas maiores em direção à face interior da viga onde estão as fibras mais tracionadas. Junto aos apoios, devido à influência dos esforços cortantes, as fissuras inclinam-se a aproximadamente 45°, podendo chegar a 60°, nas vigas altas.

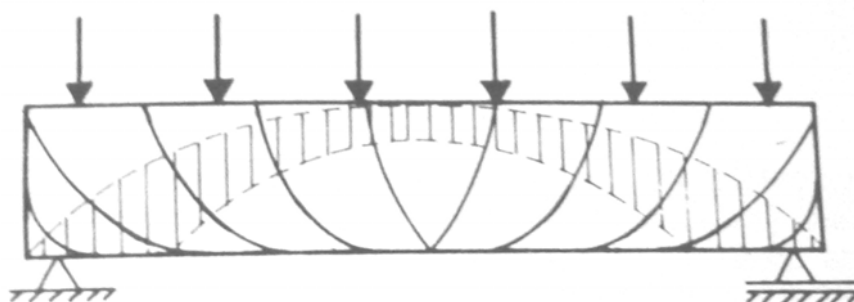


Figura 3.28 – Viga isostática submetida à flexão. (Fonte: THOMAZ)

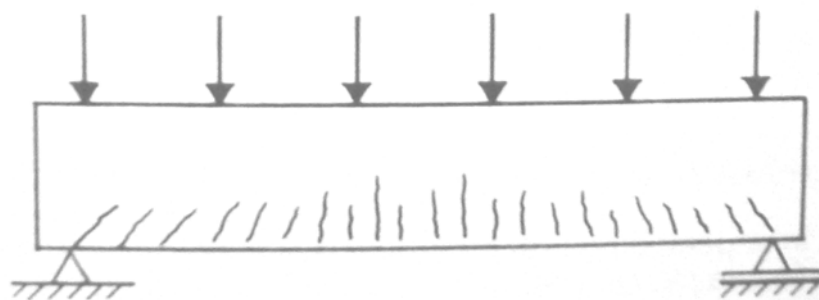


Figura 3.29 – Fissuração típica em viga subarmada solcitada à flexão. (Fonte: THOMAZ)

No caso de vigas deficientemente armadas ao cisalhamento, ou mesmo no caso de ancoragem deficiente das armaduras, surgem, inicialmente, apenas fissuras inclinadas junto ao apoio (figura 3.30). Nas vigas atirantadas ou altas, as fissuras geralmente ramificam-se em direção às fibras mais tracionadas, onde ocorre uma redistribuição de tensões devida à presença da armadura. Desse modo, as fissuras ramificadas possuem pequena abertura, mas ocorrem em grande número. Como mostra a figura 3.31, nas vigas superarmadas ou confeccionadas com concreto de baixa resistência, pode-se ter trincas na zona comprimida da viga, com caráter de esmagamento do concreto.

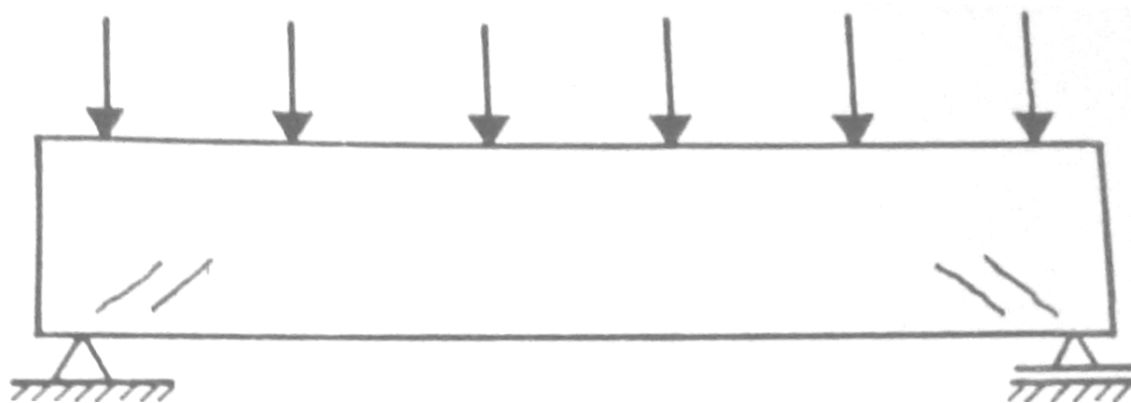


Figura 3.30 – Fissura de cisalhamento em viga solcitada à flexão. (Fonte: THOMAZ)

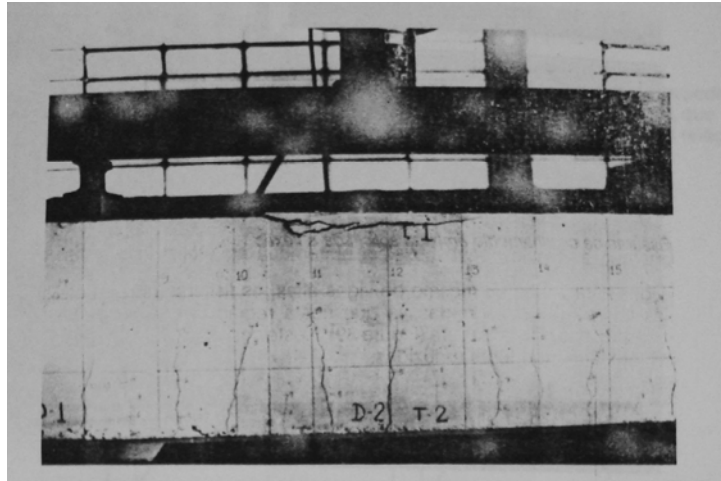


Figura 3.31 – Fissuras de flexão em viga de concreto armado descimbrada e carregada precocemente. (Fonte: THOMAZ)

As fissuras presentes nas bordas tracionadas de vigas fletidas são, de modo geral, imperceptíveis a olho nu. No entanto, em alguns casos ela pode ser fotografada à distância, conforme figura 3.32. Essas situações são anormais e causadas por falhas na construção da viga (erro da bitola ou na quantidade de barras de aço), mau uso da obra (aplicação de sobrecarga não prevista em projeto), descimbramento e/ou carregamento precoce da estrutura.

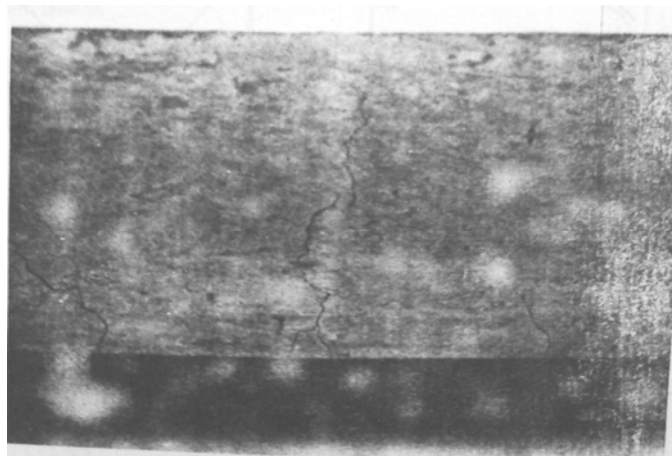


Figura 3.32 – Ramificação das fissuras na base da viga, devida à presença das armaduras de tração. (Fonte: THOMAZ)

Há também as trincas que surgem por erros de concepção estrutural (quando o comportamento real difere do comportamento idealizado no projeto). A figura 3.33 mostra uma estrutura “pilar-laje”, tendo, nas fachadas, paredes de vedação de concreto armado, com 7 cm de espessura, com as armaduras ancoradas nas lajes. Ocorre que as lajes foram projetadas considerando-se o seu carregamento nas paredes de vedação, o que não poderia ocorrer. Estas passaram, então, a trabalhar como vigas altas, sem que tivessem sido dimensionadas para isso.

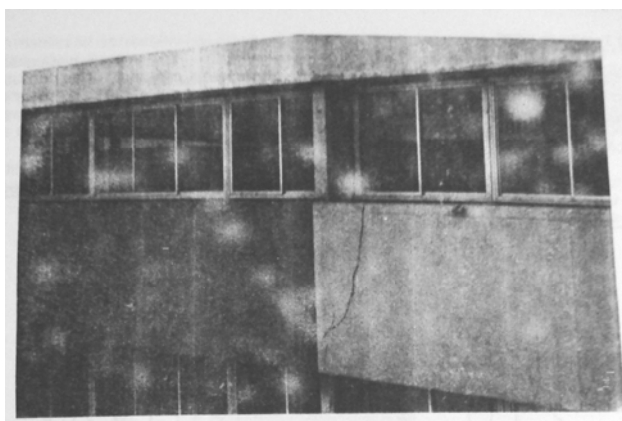


Figura 3.33 – Fissuras de cisalhamento em viga alta, prevista no projeto como “parede de vedação”. (Fonte: THOMAZ)

3.3.1.2. Torção de vigas

As trincas de torção podem aparecer em vigas de borda, junto aos cantos das construções, por excessiva deformabilidade de lajes ou vigas que lhe são transversais, por atuação de cargas excêntricas, por recalques diferenciados das fundações ou por vigas nas quais se engastam marquises e não estejam convenientemente armadas à torção. Essas trincas não costumam se manifestar nas estruturas de concreto-armado, mas quando ocorrem possuem um tipo bem característico: inclinam-se a 45° e aparecem nas duas superfícies laterais das vigas, segundo retas reversas, como demonstrado pela figura 3.34.

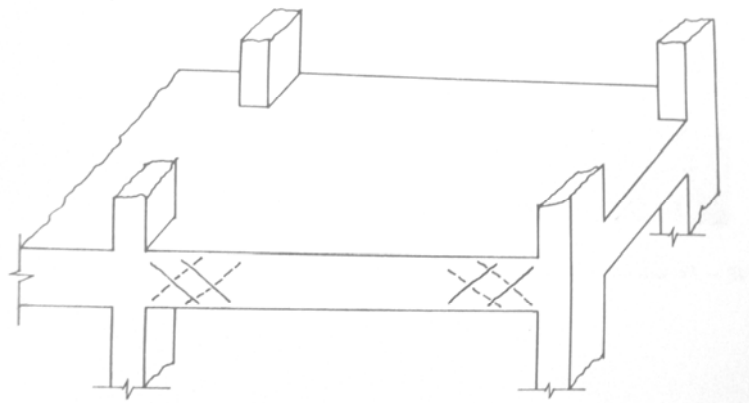


Figura 3.34 – Fissuras provocadas por torção. (Fonte: THOMAZ)

3.3.1.3. Flexão de lajes

Nas lajes os aspectos das fissuras variam conforme suas características: suas condições de contorno – apoio livre ou engastado, relação entre comprimento e largura, tipo de armação e a natureza e intensidade da solicitação.

Nas lajes maciças com grandes vãos, os momentos volventes que se desenvolvem nas proximidades dos cantos da laje podem produzir fissuras inclinadas, conforme ilustra a figura 3.35.

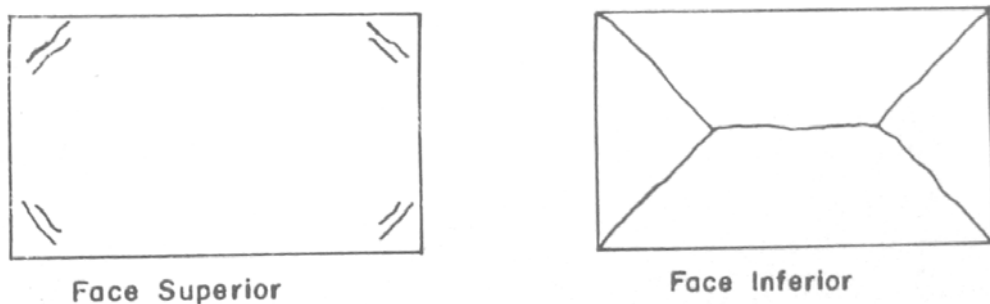


Figura 3.35 – Fissuramento típico de lajes simplesmente apoiadas. (Fonte: THOMAZ)

Caso não haja ferragem negativa entre painéis de lajes construtivamente contínuas e projetadas como apoiadas, as trincas surgem na face superior da mesma, acompanhando seu contorno (figura 3.36).

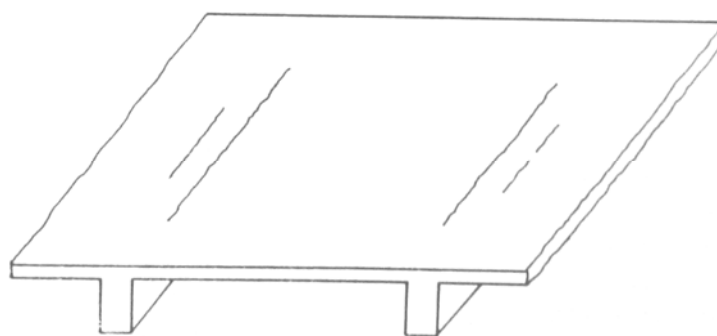


Figura 3.36 – Trincas na face superior da laje devidas à ausência de armadura negativa.
(Fonte: THOMAZ)

3.3.1.2. Torção de lajes

Recalques diferenciados das fundações ou deformabilidade da estrutura podem fazer com que as lajes sejam submetidas a solicitações de torções muito mais significativas do que as que ocorrem nas lajes fletidas. Nesse caso, as trincas apresentam-se inclinadas em relação aos bordos da laje (figura 3.37)

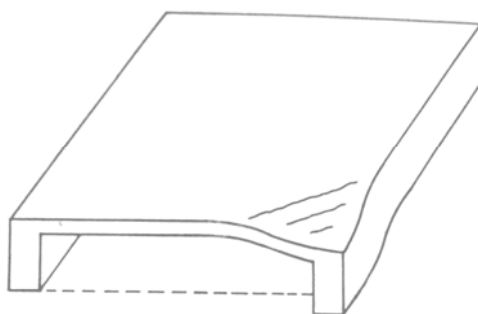


Figura 3.37 – Trincas inclinadas devidas à torção da laje. (Fonte: THOMAZ)

3.3.1.3. Trincas em pilares

Trincas em pilares são casos raros, já que normalmente a solicitação a que são submetidos são inferiores às quais eles podem resistir. Mas por falhas construtivas podem ocorrer trincas de esmagamento do concreto, principalmente nos pés dos pilares, que deverão ser imediatamente reforçados por perda de estabilidade da estrutura (figura 3.38).

Fissuras no corpo de pilares são mais comuns, aproximadamente no terço médio das suas alturas, indicando que os estribos foram subdimensionados.

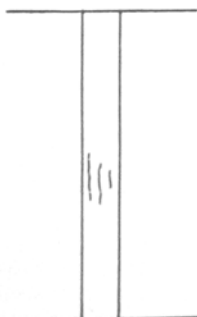


Figura 3.38 – Fissuras verticais no pilar indicando insuficiência de estribos. (Fonte: THOMAZ)

Fissuras horizontais ou ligeiramente inclinadas podem se manifestar também, quando os pilares são solicitados à flexocompressão, ou em casos mais sérios, de flambagem. No caso de componentes pré-moldados, a flexocompressão pode ser provocada inclusive por deficiência de montagem da estrutura (desaprumos, desalinhamentos etc), conforme a figura 3.39.

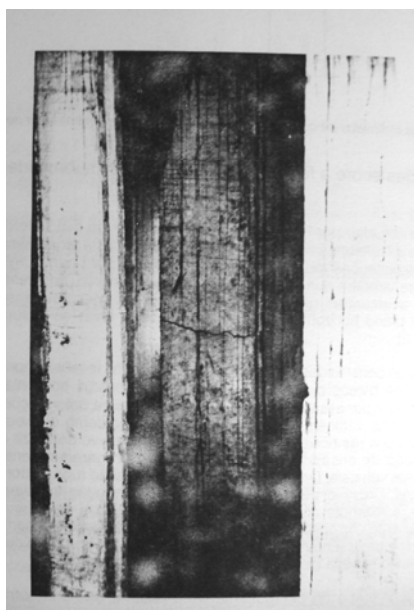


Figura 3.39 – Trincas horizontais a meia altura de painel pré-moldado de concreto armado, submetido à flexocompressão. (Fonte: THOMAZ)

3.3.2.1. Configurações típicas de fissuras em alvenarias, devido a sobrecargas

Trincas verticais são o caso mais típicos que ocorrem em alvenarias. São provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes de alvenaria (figura 3.40). Já as trincas horizontais são provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda de solicitações de flexocompressão da parede (figura 3.41).

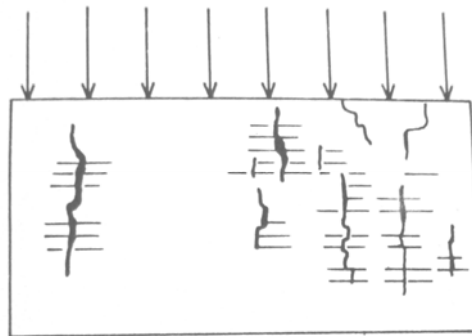


Figura 3.40 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical. (Fonte: THOMAZ)

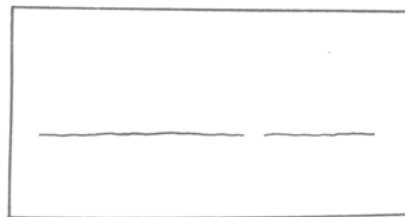


Figura 3.41 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes de sobrecarga. (Fonte: THOMAZ)

3.4. Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado

Devido à evolução da tecnologia do concreto armado as estruturas têm-se tornado cada vez mais flexíveis, o que torna necessário uma análise cada vez mais cuidadosa de suas deformações.

A ocorrência de flechas em componentes fletidos tem causado constantes transtornos aos edifícios, como compressão de caixilhos, empoçamento de água em vigas-calha ou lajes de cobertura, destacamento de pisos cerâmicos e ocorrência de trincas em paredes.

Vigas e lajes deformam-se naturalmente sob ação do peso próprio, das demais cargas permanentes e acidentais e mesmo sob efeito da retração e da deformação lenta do concreto.

Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer em nada sua própria estética, a estabilidade e a resistência da construção. No entanto, elas podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação das paredes ou outros componentes que integram os edifícios. As flechas máximas permitidas para vigas e lajes são estipuladas pela ABNT.

3.4.1. Configurações típicas de trincas provocadas pela flexão de vigas e lajes

Os componentes do edifício mais suscetíveis à flexão de vigas e lajes são as alvenarias. Em paredes de vedação, sem abertura de portas e janelas, podem-se ter 3 tipos de trincas:

- a) Quando o componente de apoio deforma-se mais que o componente superior surgem trincas inclinadas nos cantos superiores da parede e horizontais na parte inferior (figura 3.42)
- b) Quando o componente de apoio deforma-se menos que o componente superior, a parede comporta-se como uma viga, resultando fissuras semelhantes àquelas apresentadas para o caso de flexão de vigas de concreto armado.
- c) Caso os componentes de apoio e o superior apresentem deformações aproximadamente iguais, a parede é submetida principalmente a tensões de cisalhamento, comportando-se de maneira idêntica àquela comentada para vigas de concreto deficientemente armadas contra o cisalhamento: as fissuras iniciam-se nos vértices inferiores do painel, propagando-se aproximadamente a 45°, conforme a figura 3.43.

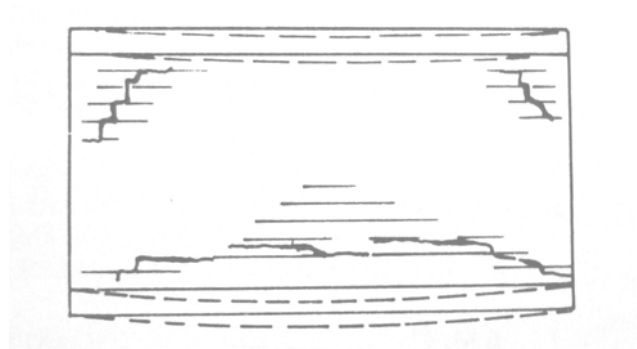


Figura 3.42 – Trincas em parede de vedação: deformação do suporte maior que a deformação da viga superior. (Fonte: THOMAZ)

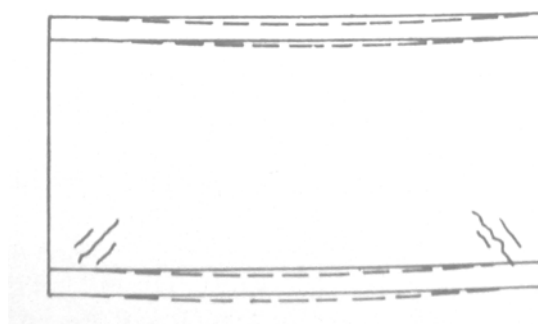


Figura 3.43 – Trincas em parede de vedação: deformação do suporte idêntica à deformação da viga superior. (Fonte: THOMAZ)

Nas alvenarias de vedação com presença de aberturas, as fissuras ganham configurações diversas, em função da extensão da parede, da intensidade da movimentação e do tamanho e da posição das aberturas. Em geral, podem ser observadas manifestações como as da figura 3.44.

Paredes constituídas por painéis pré-fabricados, deflexões de vigas ou lajes sobre as quais apoiam-se as paredes provocarão destacamentos e fissuras de cisalhamento entre os painéis, como mostra a figura 3.45.

Nas regiões em balanço de vigas, muito comum em edifícios sobre pilotis, a deflexão da viga provoca o aparecimento de fissuras na alvenaria e/ou o destacamento entre a parede e a estrutura, como na figura 3.46.

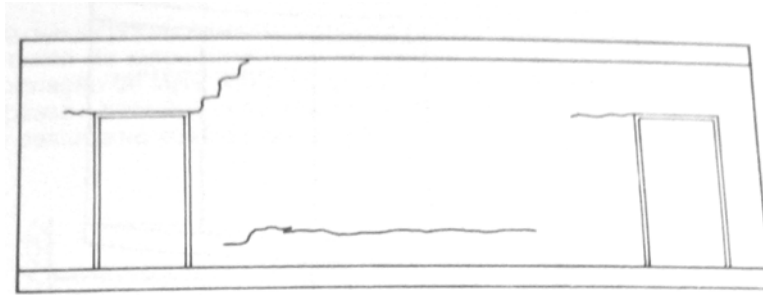


Figura 3.44 – Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais. (Fonte: THOMAZ)

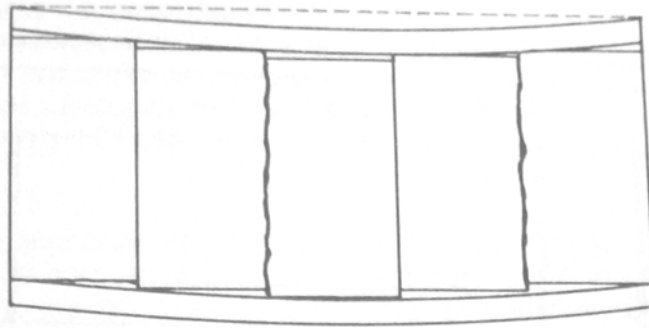


Figura 3.45 – Cisalhamento entre painéis pré-fabricados, provocado pela deflexão dos componentes estruturais. (Fonte: THOMAZ)

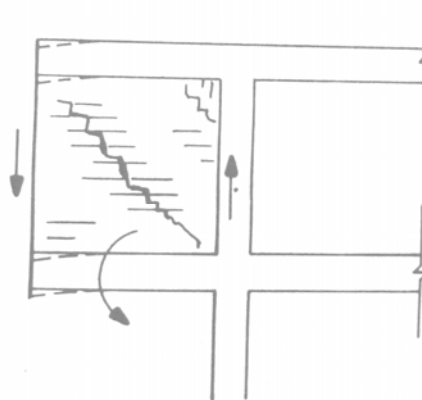


Figura 3.46 – Trincas na alvenaria, provocadas por deflexão da região em balanço da viga. (Fonte: THOMAZ)

Nas alvenarias estruturais são comuns as fissuras provocadas pela excessiva deformação de lajes ancoradas nas paredes, introduzindo nas mesmas esforços de flexão lateral. Desenvolve-se, assim, trinca horizontal próxima à base da parede, se estendendo por praticamente todo o seu comprimento (figura 3.47).

Pisos cerâmicos ou mesmo outros pisos rígidos sofrem deformação ou destacamento em função da excessiva deformação de lajes sobre as quais se assentam. Ocorrendo significativa deflexão da laje, o piso passa a trabalhar como capa de compressão da mesma, produzindo-se fissuras, lascamentos e destacamentos no piso, como mostra a figura 3.48.

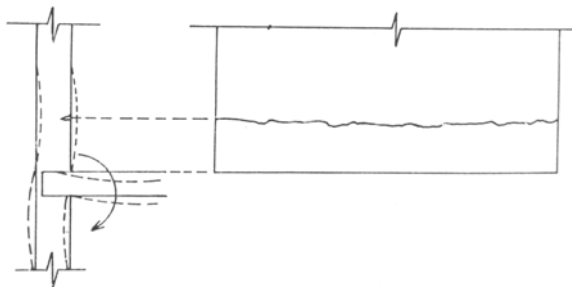


Figura 3.47 – Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje. (Fonte: THOMAZ)

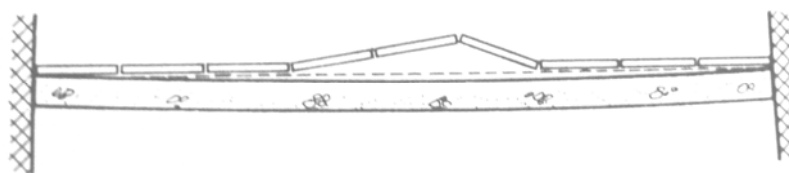


Figura 3.48 – Destacamento de piso cerâmico devido à excessiva deformação da laje. (Fonte: THOMAZ)

3.5. Fissuras causadas por recalques de fundação

Até há pouco tempo as fundações dos edifícios eram dimensionadas pelo critério de ruptura do solo, com construções com cargas de até 500 Tf. Com o avanço da tecnologia na construção civil, as estruturas adquiriram maior esbeltez e altura, com cargas de até 20.000Tf sobre o solo. Foram necessários, portanto, uma alteração nos cálculos e dimensionamentos das fundações dos edifícios.

Segundo MELLO (1975), para argilas de baixa plasticidade utiliza-se como critério de cálculo condicionante a ruptura; em argilas de alta plasticidade é considerado o critério de recalques admissíveis; em siltes e areias são considerados os critérios de ruptura

para o uso de sapatas muito pequenas e o critério de recalques para construções de maior porte.

A capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes, sendo função:

- tipo e estado do solo;
- disposição do lençol freático;
- intensidade da carga, tipo de fundação e cota de apoio da fundação;
- dimensões e formato da placa carregada (quadradas, retangulares, circulares);
- interferências de fundações vizinhas.

Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e muitas vezes, material orgânico. Sob efeito de cargas externas todos os solos, em maior ou menor proporção, se deformam. Caso em que estas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano das fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura da mesma, podendo gerar o aparecimento de trincas.

Em solo de argila dura ou areia compacta, os recalques decorrem essencialmente de deformações por mudança de forma, função da carga atuante e do módulo de deformação do solo. Já em solos fofos e moles os recalques são basicamente provenientes da sua redução de volume, já que a água presente no bulbo de tensões das fundações tenderá a percolar para regiões sujeitas a menores pressões.

O comportamento do edifício ante a ocorrência de recalques diferenciados depende das interações extremamente complexas entre a sua estrutura, a estrutura da fundação e o solo de suporte.

Até há pouco tempo, supunha-se não serem importantes os recalques diferenciados para as fundações profundas, mas tem-se observado situações bastantes desfavoráveis, com recalques significativos. MELLO (1975) cita como exemplo o efeito de estacas, as estacas flutuantes e as estacarias muito profundas. Outro fator importante é o atrito negativo, em construções que se assentam sobre seções mistas de cortes e aterro (figura 3.49).

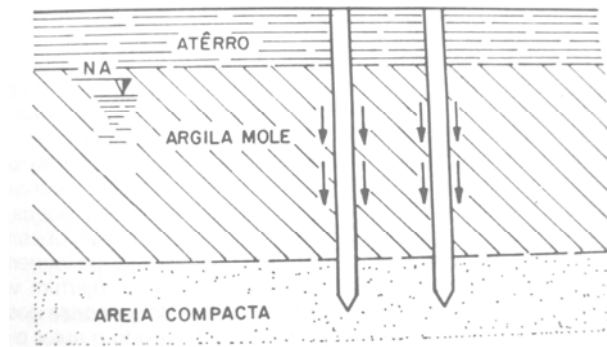


Figura 3.49 – Atrito negativo em estacas, pelo amolgamento da camada de argila mole. (Fonte: THOMAZ)



Figura 3.50 – Fissuras por recalque da fundação (Fonte: ELDRIDGE)

3.5.1. Configurações típicas de trincas causadas por recalques de fundação

De modo geral, as fissuras provocadas por recalques diferenciados são semelhantes às provocadas por deflexão de componentes estruturais. O que as diferenciam são as aberturas geralmente maiores das primeiras, deitando-se em direção ao ponto onde ocorreu maior recalque e a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas. Além disso, quando os recalques são acentuados, são nítidas as variações na abertura da fissura.

Os recalques diferenciados podem provir de carregamentos desbalanceados, conforme as figuras 3.51 e 3.52 e carregamentos uniformes, conforme as figuras 3.53 à 3.57.

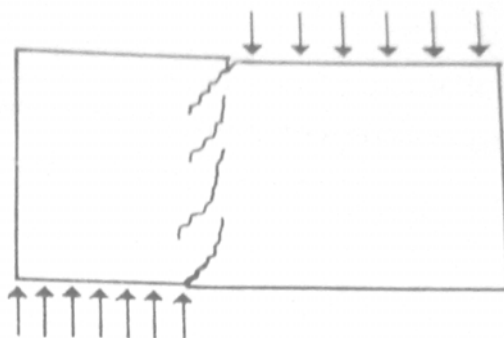


Figura 3.51 – Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados: o trecho mais carregado apresenta maior recalque, originando-se trincas de cisalhamento no painel. (Fonte: THOMAZ)

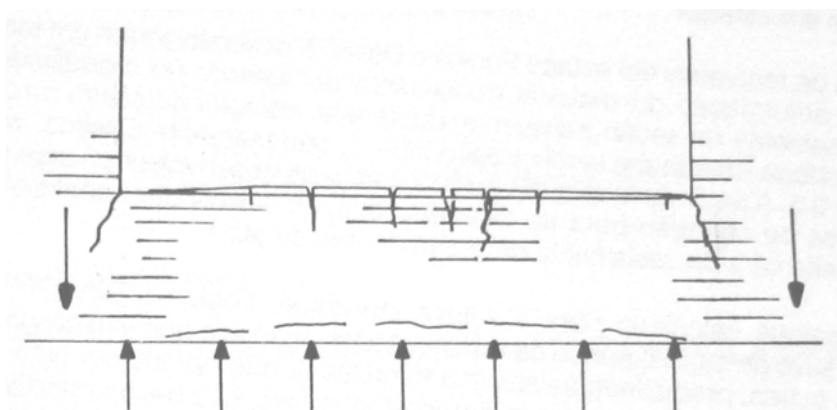


Figura 3.52– Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados: sob as aberturas surgem trincas de flexão. (Fonte: THOMAZ)

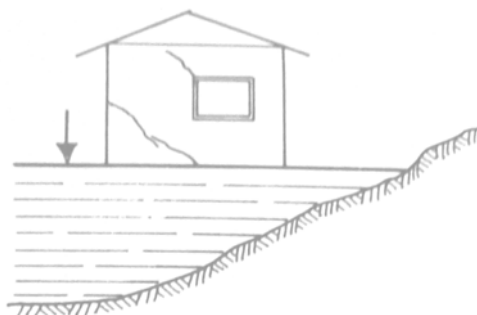


Figura 3.53 – Recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado. (Fonte: THOMAZ)

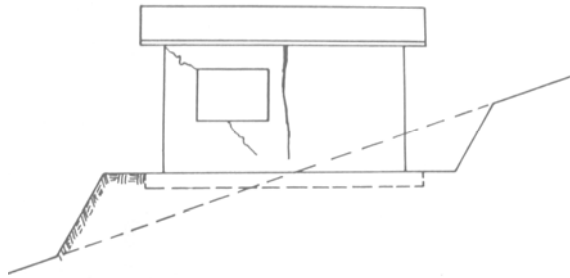


Figura 3.54 – Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro; trincas de cisalhamento nas alvenarias. (Fonte: THOMAZ)

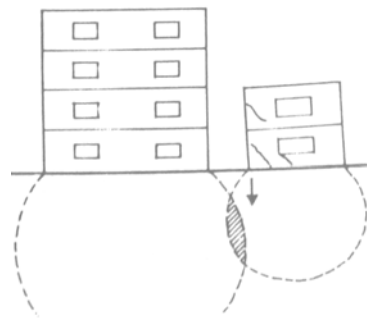


Figura 3.55 – Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões em função da construção do edifício maior. (Fonte: THOMAZ)

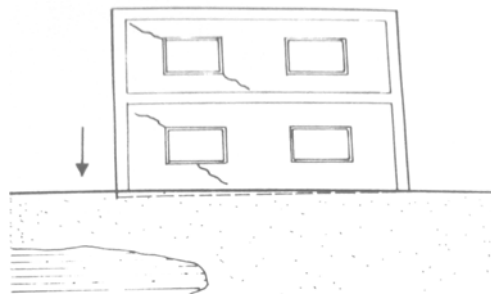


Figura 3.56 – Recalque diferenciado, por falta de homogeneidade do solo. (Fonte: THOMAZ)

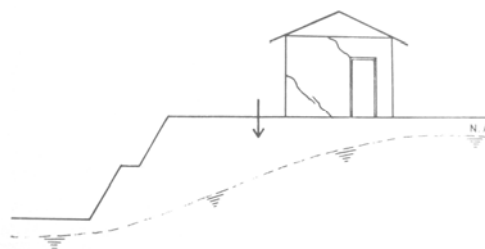


Figura 3.57 – Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático; foi cortado o terreno à esquerda do edifício. (Fonte: THOMAZ)

Edifícios com um corpo principal (mais carregado) e outro secundário (menos carregado), com mesmo sistema de fundação, assim como a adoção de diferentes sistemas de fundação numa mesma obra, provocam fissuras verticais entre as duas partes, além de fissuras inclinadas no corpo menos carregado (figura 3.58).

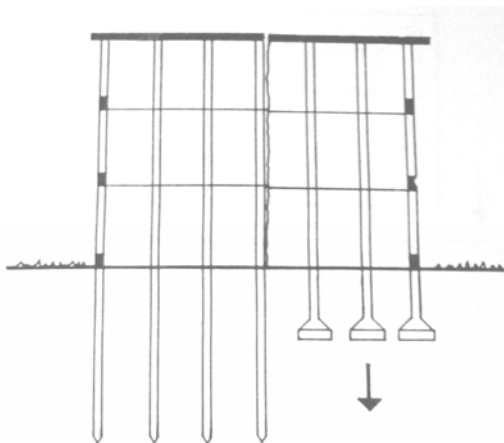


Figura 3.58 – Diferentes sistemas de fundação na mesma construção: recalques diferenciados entre os sistemas, com a presença de trincas de cisalhamento no corpo da obra. (Fonte: THOMAZ)

Nos edifícios com estrutura reticulada os recalques induzem a fissuração por tração diagonal das paredes de vedação: as trincas inclinam-se na direção do pilar que sofreu maior recalque (figura 3.59).

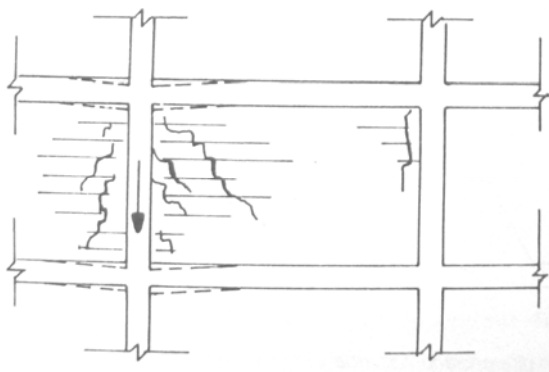


Figura 3.59 – Recalques diferenciados entre os pilares: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu maior recalque. (Fonte: THOMAZ)

As variações de umidade do solo (principalmente argilas) provocam alterações volumétricas e no seu módulo de deformação, com possibilidade de ocorrência de recalques localizados. Esses recalques podem ocorrer também pela absorção de água por vegetação localizada próxima à obra (figura 3.60).

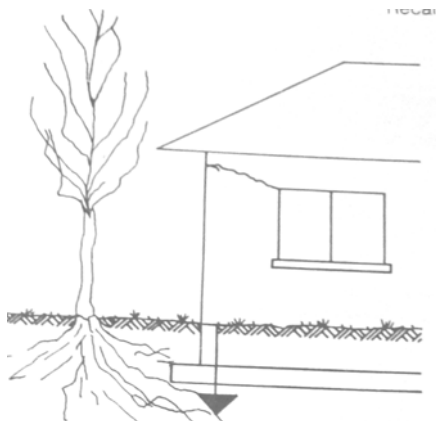


Figura 3.60 – Trinca provocada por recalque advindo da contração do solo, devida à retirada de água por vegetação próxima. (Fonte: THOMAZ)

Além das fissuras anteriormente tipificadas, outras podem ser apresentadas em função de diversas variáveis: geometria das edificações e/ou do componente, tamanho e localização das aberturas, grau de enrijecimento da construção, presença de juntas etc.

Como regra geral, as aberturas das fissuras provocadas por recalques serão diretamente proporcionais à sua intensidade, no entanto, a estruturação do edifício e as condições do contorno têm direta influência na dimensão da fissura e na extensão do problema.

3.6. Fissuras causadas pela retração de produtos à base de cimento

A hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis. Em média, uma relação água/cimento de aproximadamente 0,40 é suficiente para que o cimento se hidrate completamente.

Em função da trabalhabilidade, os concretos e argamassas são preparados com água em excesso, o que acentua sua retração, que pode ser:

- a) retração química: redução de volume devido a reação química entre o cimento e a água;
- b) retração de secagem: a quantidade excedente de água, empregada na preparação, evapora-se posteriormente;

- c) retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio; esta reação é acompanhada de uma redução de volume.

Tais retrações ocorrem com o produto endurecido ou em processo de endurecimento, em períodos de tempo relativamente longos.

Segundo JOISEL (1975), os principais fatores que intervêm na retração de um produto à base de cimento:

- a) composição química e finura do cimento: a retração aumenta com a finura do cimento e com o seu conteúdo de cloretos (CaCl_2) e álcalis (NaOH , KOH);
- b) quantidade de cimento adicionada à mistura: quanto maior o consumo de cimento, maior a retração;
- c) natureza do agregado: quanto menor o módulo de deformação do agregado, maior sua suscetibilidade à compressão isotrópica e, portanto, maior retração;
- d) granulometria dos agregados: quanto maior a finura dos agregados, maior será a quantidade necessária de pasta de cimento para recobri-los e, portanto, maior será a retração;
- e) quantidade de água na mistura: quanto maior a relação água/cimento, maior a retração de secagem;
- f) condições de cura: se a evaporação da água iniciar-se antes do término da pega do aglomerante a retração poderá ser acentuadamente aumentada.



Figura 3.61 – Trincas causadas por retração de secagem

Outro fator fundamental é a umidade relativa do ar (UR) do local onde a peça concretada ficará exposta.

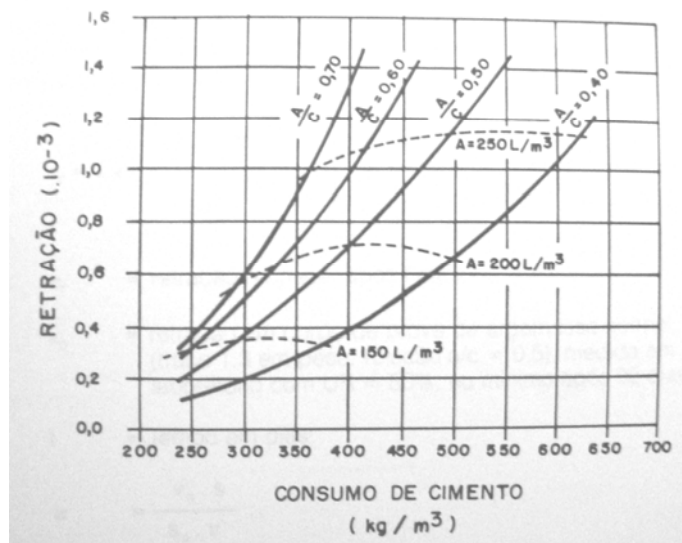


Figura 3.62 - Retração do concreto em função do consumo de cimento e da relação água/cimento (LNEC)

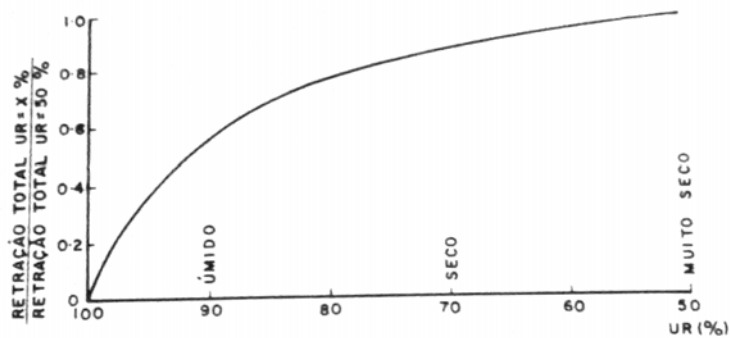


Figura 3.63 – Retração de concretos em função da umidade relativa do ar - BRS

Conforme se pode ver no gráfico acima, a retração de um concreto ou argamassa, mantida constante a umidade relativa do ar, é bem mais acelerada nas primeiras idades, atingindo-se cerca de 50% da retração total com apenas sete dias de condicionamento. Além dos fatores internos à massa e das condicionantes ambientais, a forma geométrica da peça influi decisivamente na grandeza da retração, sendo, portanto, quanto maior a relação área exposta da peça/volume da peça, maior a retração a ser desenvolvida.

3.6.1. Mecanismos de formação e configurações de fissuras provocadas por retração

3.6.1.1. Retração de vigas e pilares de concreto

A ocorrência de fissuras de retração numa viga de concreto armado dependerá da dosagem do concreto (relação água/cimento), das condições de adensamento (quanto mais adensado, menor a retração), das condições de cura (a evaporação precoce da água aumentará a retração), das dimensões da peça, da rigidez dos pórticos, da taxa de armaduras e da própria distribuição de armaduras ao longo de sua seção transversal.

Nas estruturas aporricadas, a retração das vigas superiores poderá induzir a fissuração horizontal dos pilares mais externos (figura 3.64). Nas vigas altas, com inexistência ou insuficiência de armadura de pele, as fissuras ocorrerão preferencialmente no terço médio da altura da viga, sendo retas e regularmente espaçadas (figura 3.65)

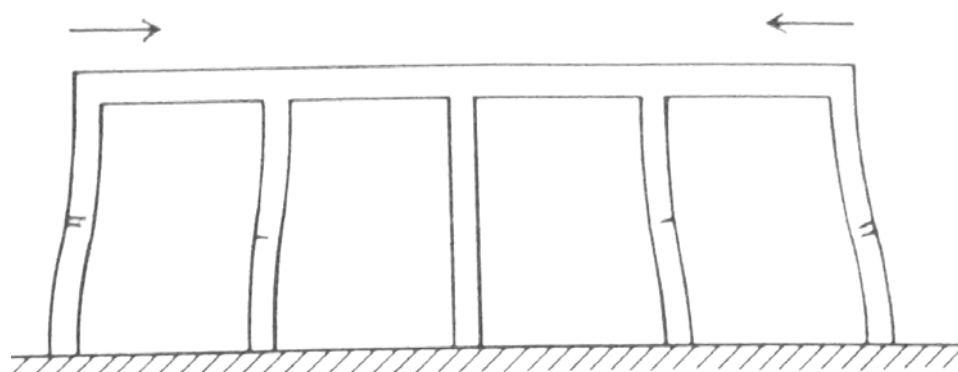


Figura 3.64 – Fissuras horizontais nos pilares, devidas à retração do concreto das vigas superiores

Consumo muito alto de água, identificados pela coloração esbranquiçada que assume o concreto após a secagem, produzirão fissuras com diferentes configurações, inclusive mapeadas, similares às que ocorrem com maior freqüência nas argamassas de revestimento (figura 3.65).

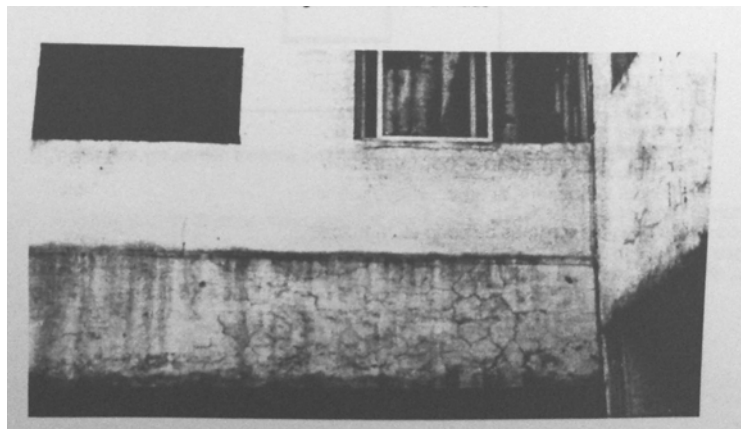


Figura 3.65 – Fissuras de retração em viga de concreto armado, causadas pela elevadíssima relação água/cimento do concreto

3.6.1.2. Retração de lajes de concreto armado

A retração de lajes poderá provocar a compressão de pisos cerâmicos e retração diferenciada entre as regiões armadas e não armadas da mesma. Poderão surgir fissuras no piso ou mesmo o destacamento do revestimento cerâmico, além da compressão de forros falsos, caso estejam rigidamente vinculados às paredes.

A retração do concreto poderá ainda provocar o aparecimento de fissuras na própria laje, com configuração mapeada e distribuição regular, semelhante ao que ocorre nas argamassas de revestimento. Segundo EICHER (1973), o efeito mais nocivo da retração de lajes de concreto armado será a fissuração de paredes solidárias à laje. Fissuras horizontais oriundas da retração de lajes poderão aparecer também em paredes de andares intermediários, de edifícios constituídos por alvenaria estrutural. As fissuras surgem imediatamente abaixo de laje ou nos cantos superiores de caixilhos.

3.6.1.3. Retração de paredes e muros

A retração de paredes e muros e a retração diferenciada entre alvenaria e argamassa de assentamento provocam fissuras e destacamentos idênticos aos verificados para contrações provocadas por variações de temperatura e umidade. O problema mais

significativo decorrente da segunda retração citada é a penetração de água através de fissuras ou destacamentos, gerando manchas de umidade, bolor, lixiviação.

O recalque plástico do concreto, segundo Johnson, poderá provocar o aparecimento de fissuras internas ao concreto, imediatamente abaixo de seções densamente armadas. O recalque plástico da argamassa de assentamento provocará o abatimento da alvenaria recém-construída. Caso o encunhamento da parede com o componente estrutural superior tenha sido executado de maneira precoce ocorrerá o destacamento entre a alvenaria e o componente superior (viga ou laje), como mostra a figura 3.66.

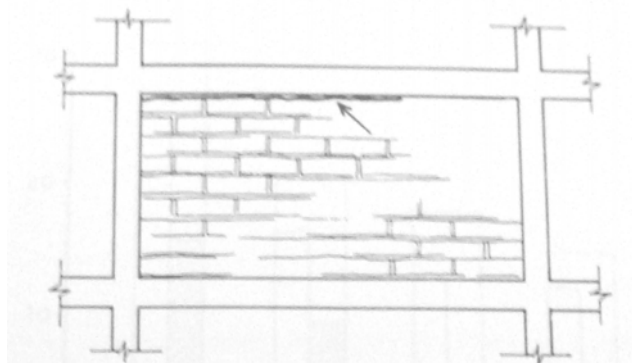


Figura 3.66 – Destacamento provocado pelo encunhamento precoce da alvenaria

A retração de alvenarias induzirá a formação de fissuras no próprio corpo da parede, podendo ocorrer nos encontros entre paredes, no terço médio de paredes muito extensas, em regiões onde ocorra uma abrupta mudança na altura ou na largura da parede ou mesmo em seções enfraquecidas pela presença de tubulações (figura 3.67). Em casos excepcionais, onde se verifiquem a um só tempo acentuada retração dos próprios componentes de alvenaria (como blocos mal curados) e grande incidência de aberturas na parede, haverá a possibilidade de ocorrência de fissuração generalizada (figura 3.68).

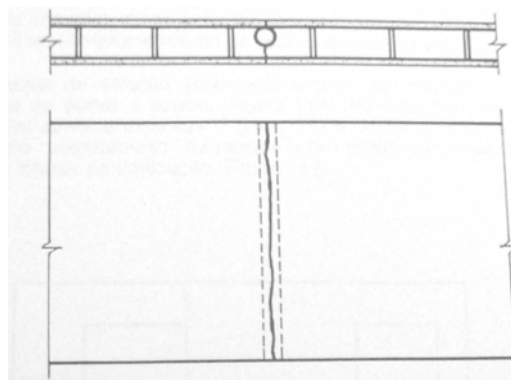


Figura 3.67 – Fissura de retração na alvenaria, em seção enfraquecida pela presença de tubulação

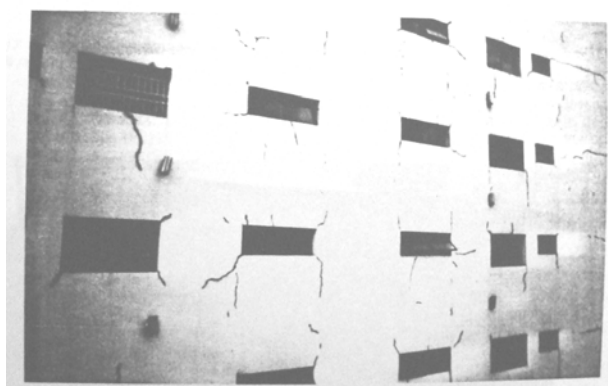


Figura 3.68 – Fissuração generalizada causada pela retração dos componentes da alvenaria e pelo grande número de janelas na parede

Em edificações constituídas por paredes monolíticas de concreto, moldadas “in loco”, com fôrmas metálicas, tem sido comum a fissuração pela retração do concreto, com comprometimento da estanqueidade do edifício, conforme figuras 3.69, 3.70 e 3.71.



Fissura 3.69 – Fissura de retração em parede monolítica de concreto, na seção enfraquecida pela presença do vão da janela

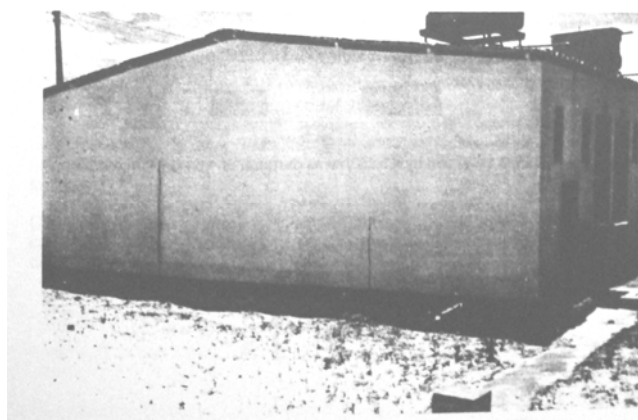


Figura 3.70 – Fissura em parede monolítica relativamente extensa, provocada pela retração do concreto

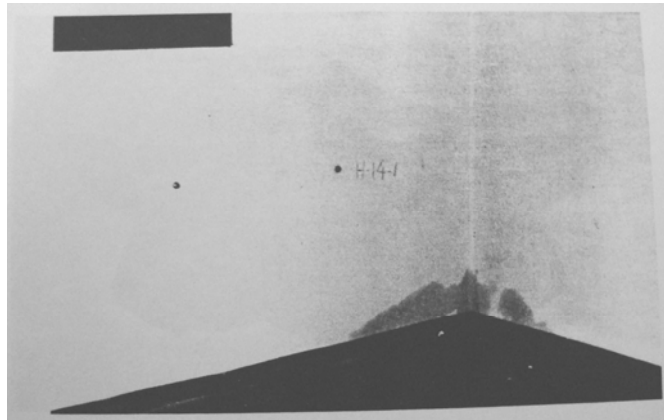


Figura 3.71 – Destacamento na região de contato parede monolítica de concreto/laje de fundação, com penetração de umidade para o interior da edificação

3.6.1.4. Retração de argamassas de revestimento

A retração das argamassas aumenta com o consumo de aglomerante, com a porcentagem de finos existentes na mistura e com o teor da água de amassamento. Além disso, é influenciada pela aderência com a base, número de camadas aplicadas, espessura das camadas, tempo decorrido entre a aplicação de uma e outra camada, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva de ventilação e/ou insolação etc. Quanto maior o consumo de cimento na argamassa, maior a potencialidade de formação de fissuras de retração no revestimento.

As fissuras devido a retração das argamassas de revestimento apresentam distribuição uniforme, com linhas mapeadas que se cruzam formando ângulos bastante próximos de 90°. Segundo JOISEL, se duas fissuras cruzarem-se com ângulos muito distintos de 90°, pelo menos uma delas não terá sido causada por retração.

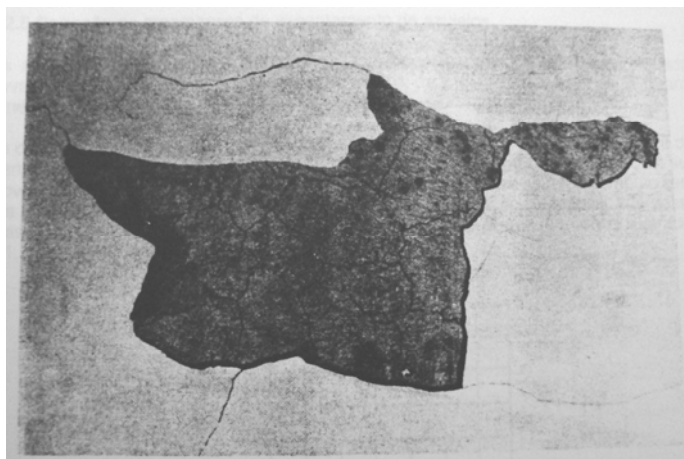


Figura 3.72 – Fissuras de retração no revestimento em argamassa, podendo-se observar que o distanciamento entre as fissuras presentes no emboço (mais rígido) é menor do que aquele verificado no reboco (mais elástico)

3.7. Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção

Os materiais de construção podem sofrer alterações químicas indesejáveis que causem a fissuração do componente. Os três tipos mais comuns são a hidratação retardada de cales, o ataque por sulfatos e a corrosão de armaduras.

Na fabricação de componentes ou elementos com cales mal hidratadas, se ocorrer uma umidificação do componente ao longo de sua vida útil haverá tendência de que os óxidos livres venham a hidratar-se, apresentando, em consequência, um aumento do volume de aproximadamente 100%. Com essa expansão poderão ocorrer fissuras semelhantes as da dilatação térmica ou higroscópicas.

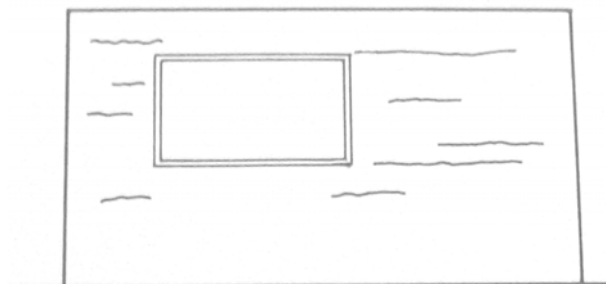


Figura 3.73– Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento

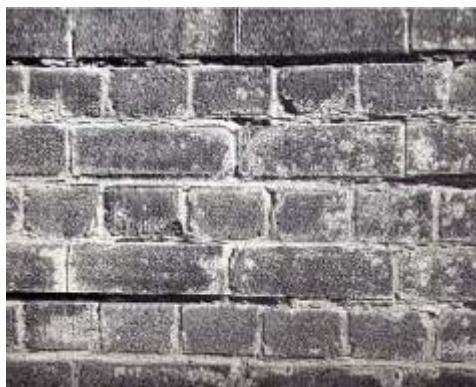


Figura 3.74 – Fissuras horizontais nas juntas de argamassas causadas por reações químicas (Fonte:ELDRIDGE)

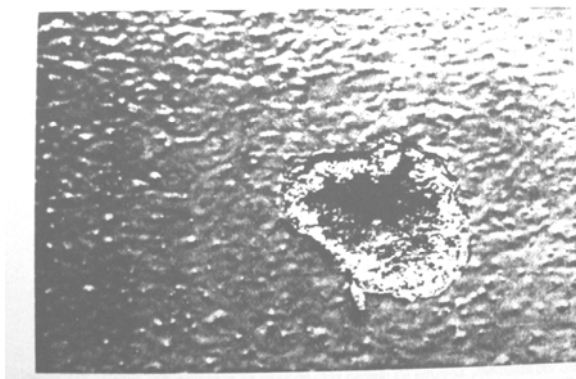


Figura 3.75 – Pequeno buraco (“pite”) no revestimento em argamassa, resultante de hidratação retardada de óxidos livres presentes no cal. (Fonte: THOMAZ)

O ataque por sulfatos se dá com a reação deste com o aluminato tricálcio, um constituinte normal dos cimentos, formando o sulfoaluminato ou etringita. Tal reação é acompanhada de grande expansão e para que ocorra é necessária a presença de cimento, água e sulfatos solúveis.

O carregamento estrutural e os efeitos das intempéries facilitam a propagação de microfissuras normalmente preexistentes na zona de transição entre a argamassa de cimento e as partículas de agregado graúdo, com perda gradual da estanqueidade pela interconexão de fissuras, microfissuras e vazios.

Cria-se assim a possibilidade de penetração de água e outros elementos agressivos (O_2 , cloretos, sulfatos) que favorecem o surgimento da corrosão das armaduras. Quanto mais permeável o concreto, maiores condições potenciais de ocorrência da corrosão.

Dessa forma, na avaliação do concreto quanto a ensaios de permeabilidade, deve-se considerar a composição do concreto, assim como o tempo e condições ambientais a que este ficou submetido.

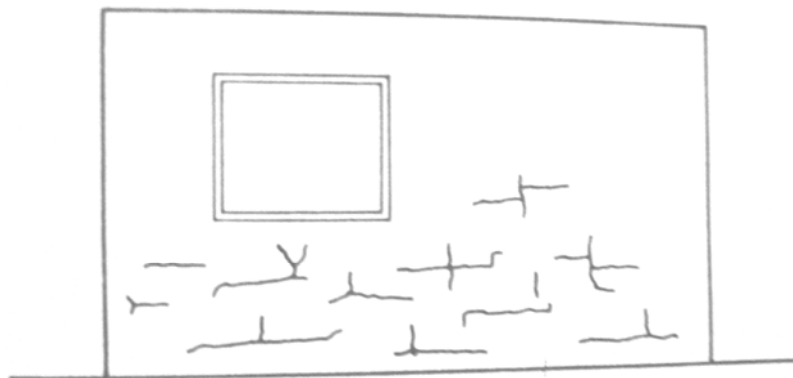


Figura 3.76 – Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque de sulfatos

A corrosão das armaduras se dá pela sua presença próxima à superfície: com cobrimentos insuficientes ou concretos mal adensados, as armaduras ficarão sujeitas a presença de água e de ar, podendo desencadear o processo de corrosão, que tende a abranger toda a estrutura mal protegida.

A NBR 6118 (2003), define classes de Agressividade Ambiental e em função disso a espessura de cobertura do concreto armado.

Diversos fatores interferem no desenvolvimento da corrosão, como a permeabilidade do concreto à água e gases, o grau de carbonatação atingido pelo concreto, a composição química do aço, o estado da fissuração da peça e as características do ambiente, principalmente quanto à umidade relativa do ar e à presença de íons agressivos.

As reações de corrosão produzem óxido de ferro e essa expansão provoca o fissuramento e o lascamento (“spalling”) do concreto nas regiões próximas às armaduras (figura 3.77).

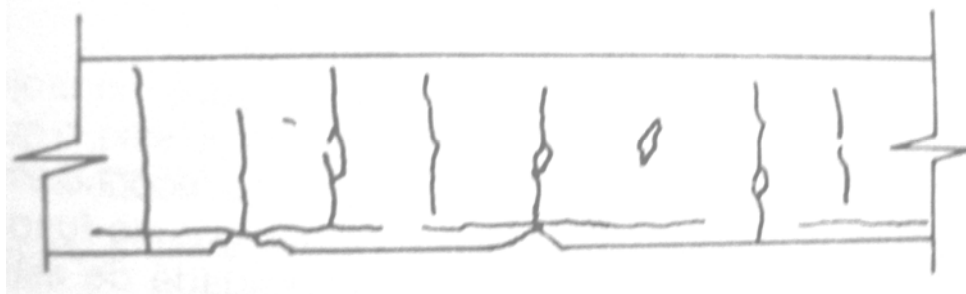


Figura 3.77 – Fissuras e lascamentos em viga de concreto armado

3.8. Prevenção de fissuras nos edifícios

A prevenção de fissuras nos edifícios passa por um planejamento, projeto e construção bem realizados. É fundamental saber as causas das fissuras, como analisado anteriormente, para que se possa preveni-las. No entanto, as técnicas de prevenção são extensas e aqui citaremos alguns cuidados básicos para que se possam prevenir os tipos mais comuns de trincas em nossos edifícios.

3.8.1. Fundações

Para prevenir as fissuras nas fundações é fundamental o conhecimento sobre o solo, através de sondagens. A partir desses dados, é possível optar pelo melhor tipo de fundação e seu dimensionamento, ou concluir que é necessária uma análise mais profunda (ensaios edométricos, provas de carga etc). No projeto das fundações deve-se prevalecer o critério dos recalques admissíveis, considerando a rigidez da superestrutura e dos demais componentes do edifício.

Para projetar a fundação limitando-se os recalques diferenciados devem ser observados: intertravamento entre componentes isolados da fundação, possibilidade de flutuação do nível do lençol freático, adensamento de aterros, falta de homogeneidade do solo, carregamentos muito diferenciados, interferência com fundações vizinhas e possibilidade de ocorrência de recalques profundos.

Quando verificada a possibilidade de recalques diferenciados perigosos costuma-se adotar uma fundação super dimensionada e antieconômica ou discutir alternativas que possam aumentar a flexibilidade do edifício, como juntas na estrutura, desvinculação de

paredes etc). Diversas fontes recomendam a adoção de juntas de movimentação no corpo do edifício, como mostrado na figura 3.78.

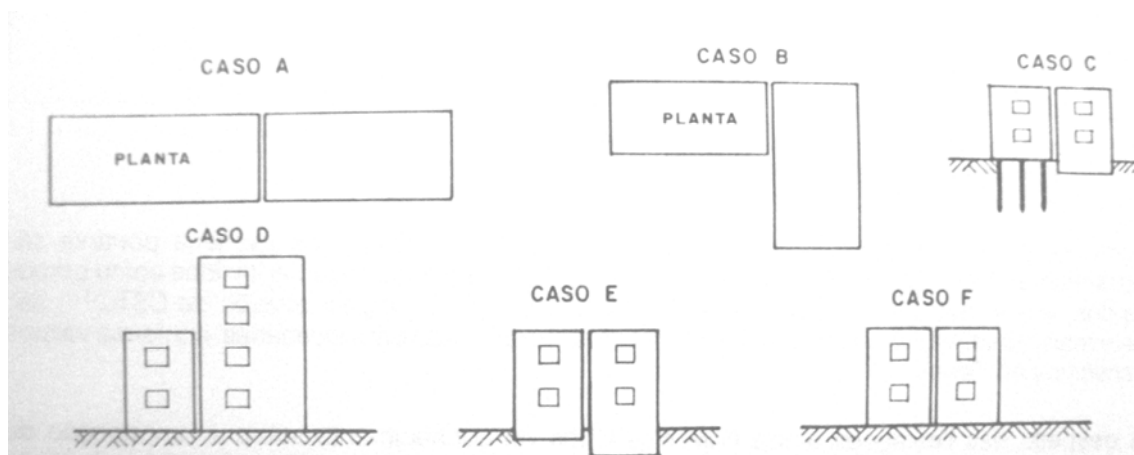


Figura 3.78 – Juntas na estrutura para evitar-se a ocorrência da danos por recalques diferenciados das fundações.

Caso A: edifícios muito longos

Caso B: edifícios com geometria irregular

Caso C: sistemas de fundação diferentes

Caso D: carregamentos diferentes

Caso E: cotas de apoio diferentes

Caso F: diferentes fases de construção

Segundo CRAWFORD, “em certos casos é vantajoso aceitar maiores recalques, projetando-se juntas de acomodação na superestrutura, devendo-se considerar ainda que juntas projetadas no edifício com outras finalidades poderão absorver pequenas movimentações do sistema de fundação. Uma vez entendida a interação entre o solo e o edifício começam a ficar óbvias as vantagens do trabalho conjunto entre o engenheiro de fundações, o calculista da estrutura e o arquiteto.”

3.8.2. Estruturas de concreto

As estruturas de concreto podem apresentar deformações que não afetarão sua estabilidade, mas que poderão comprometer o desempenho de outros elementos da construção (vedações, pisos, caixilhos etc). Os esforços que introduzirão tais deformações podem ser calculados com razoável precisão pelos modelos da teoria da elasticidade e as regulamentações técnicas desenvolvidas.

Como prevenção das fissuras nas estruturas de concreto armado recomenda-se juntas de dilatação a cada 30/60m, utilizando, no geral, juntas a cada 50m. Dependendo da natureza dos componentes de vedação, das condições de exposição do edifício ou mesmo de movimentos das fundações, grandes espaçamentos poderão provocar sérios danos aos componentes não estruturais do edifício. É recomendável, também, a utilização de juntas na direção da altura, ou seja, a cada dois pavimentos criam-se juntas de movimentação entre o topo das paredes e a estrutura, com o intuito de acomodar deformações do concreto.

As deformações mais perigosas das estruturas são as advindas da deflexão de vigas e lajes. Elas podem assumir valores significativos pela deformação lenta e pela fissuração do concreto na região tracionada da peça. Para a prevenção é necessário limitar as flechas dos componentes estruturais ou prever alguns detalhes construtivos.

3.8.3. Ligações entre estruturas e paredes de vedação

Um dos grandes problemas que se apresentam para as paredes de vedação é a deflexão de vigas e lajes. Neste caso, a melhor prevenção seria retardar ao máximo a montagem das paredes, para que as deflexões dos andares superiores não sejam repassadas aos andares inferiores. A montagem deve, portanto, ser feita do topo para a base do prédio; quando possível, o encunhamento deverá ser realizado “a posteriori” ou os fechamentos deverão ser feitos em pavimentos alternados (figura 3.79)

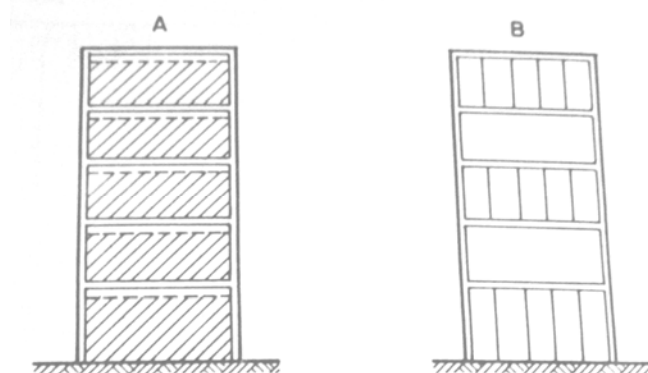


Figura 3.79 – Montagem recomendada para as paredes de vedação

A - Encunhamento “a posteriori” (indicado para alvenarias)

B - Montagem em pavimentos alternados (painéis)

No caso de estruturas muito flexíveis ou parede muito rígidas, recomenda-se a introdução de material deformável (poliuretano expandido, feltro betumado etc) no topo ou na base

da parede (figura 3.80). Os acabamentos dessas juntas podem ser feitos com moldura de gesso, selante flexível à base de resina acrílica, poliuretano, silicone etc (figura 3.81).

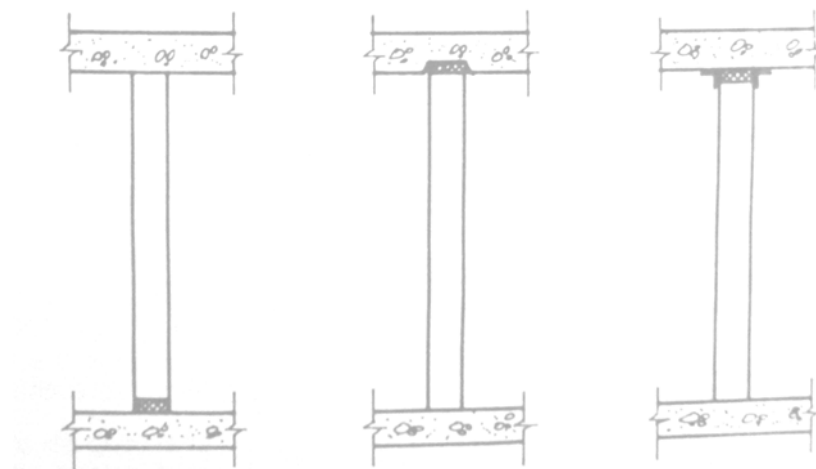


Figura 3.80 – Juntas dessolidarização entre a parede e a estrutura, com o emprego de material deformável

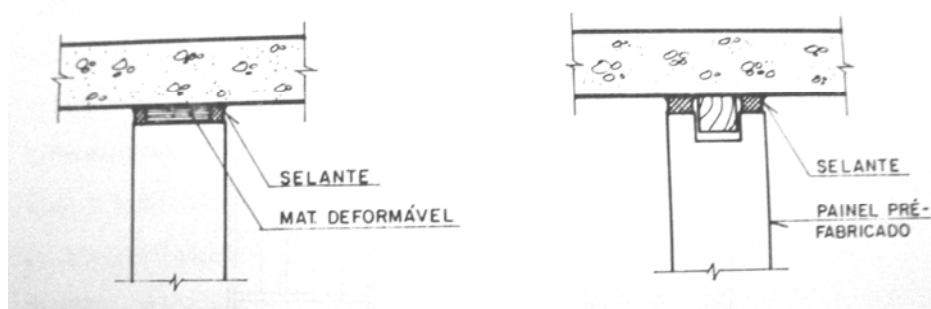


Figura 3.81 – Acabamento de juntas com selante flexível

3.8.4. As alvenarias

As alvenarias apresentam bom comportamento às solicitações de compressão axial, mas o mesmo não ocorre com os esforços de tração e compressão. Deve-se, portanto, evitar as cargas excêntricas, distribuir as cargas concentradas por meio de coxins e utilizar vergas e contravergas para absorver as tensões nas aberturas.

Outras providências devem ser tomadas para evitar movimentações higroscópicas acentuadas, como a boa impermeabilização da fundação, adoção de detalhes arquitetônicos que impeçam a água de chuva de escorrer pela fachada, revestimentos de paredes com película impermeável etc.

Nas alvenarias aparentes nas fachadas é recomendável o frisamento das juntas, melhorando a compacidade da argamassa e propiciando o descolamento da lâmina de água de chuva escorrendo pela fachada. Tais frisos podem ser feitos de diferentes formas (figura 3.82).

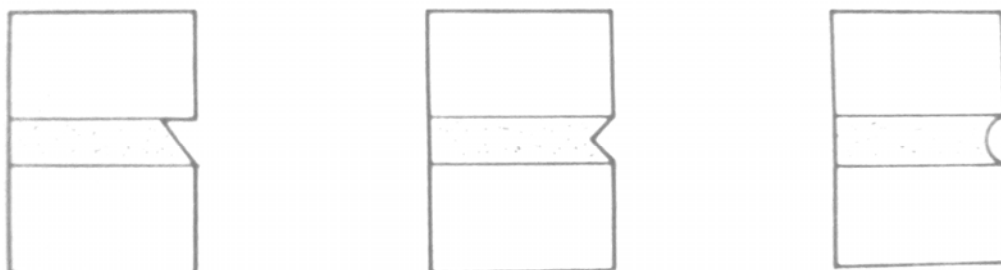


Figura 3.82 – Frisamento de juntas em alvenarias aparentes de fachadas

Para evitar a fissuração de paredes decorrentes de suas próprias movimentações, deve-se introduzir juntas de controle, geralmente localizadas nas seções onde ocorre concentração de tensões (mudança brusca na altura ou na espessura da parede etc). Tais juntas devem ser previstas, também, em paredes muito longas ou muito enfraquecidas pela presença de janelas e portas.

3.8.5. Lajes de cobertura

As lajes de cobertura podem sofrer grande retração de secagem, com efeitos diretos nas paredes do último pavimento. Para evitá-la, a laje deve sofrer um cuidadoso processo de cura. Além disso, deve-se criar juntas de movimentação na laje que devem ser tratadas com mata-juntas ou selantes flexíveis. Tais juntas podem absorver tanto as movimentações da retração quanto as movimentações térmicas.

Caso seja inviável a utilização das juntas de movimentação pode-se optar pelo uso de juntas provisórias, com barras emendadas por transpasse ou levemente arqueadas. Desse modo, grande parte da retração do concreto seria absorvida pelas juntas provisórias, que seriam concretadas 20 ou 30 dias após a execução da laje.

Para evitar as fissuras por movimentações térmicas, o mais interessante é a dessolidarização entre as paredes do último pavimento e a laje ou vigamento da cobertura. Entre a alvenaria e a laje de cobertura deve ser criada uma junta deslizante que pode ser constituída por neoprene, folhas duplas de cobre, polietileno etc (figura 3.83). Pode-se usar também a armação das alvenarias, a desvinculação das paredes das

paredes nos encontros com os pilares e adoção de juntas de movimentação nas paredes muito longas.

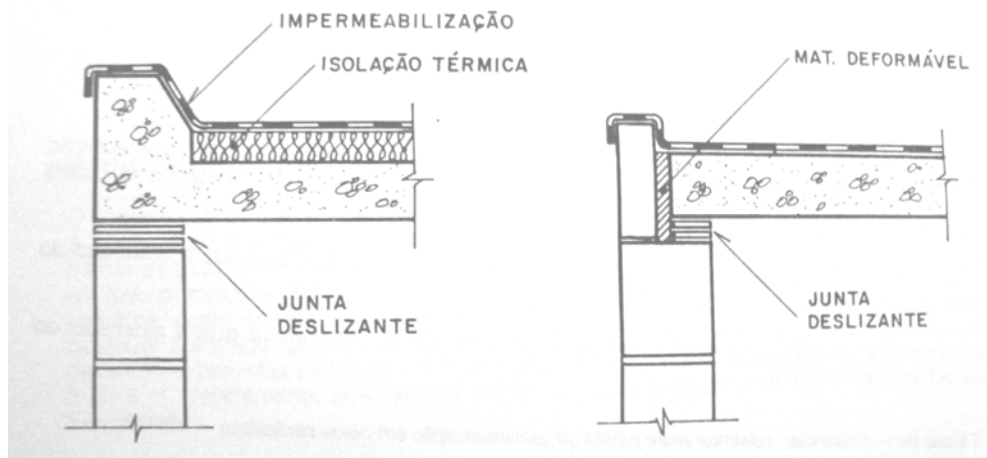


Figura 3.83 – Junta deslizante entre laje de cobertura e alvenaria estrutural

3.8.6. Revestimentos rígidos de parede

As fissuras ocorridas nas argamassas de fissuramento, desde que não sejam na base, são oriundas de solicitações higrotérmicas e de retração da argamassa. Para evitá-las as argamassas de revestimento deverão ter teores consideráveis de cal, já que quanto maiores forem as resistências à tração e o módulo de deformação da argamassa, maior será a incidência das fissuras. São comuns os traços 1:1:6, 1:2:9, 1:2,5:10 e 1:3:12 (cimento, cal e areia, em volume).

As argamassas de revestimento devem, também, apresentar módulos de deformação inferiores àqueles apresentados pelas alvenarias ou outras bases, podendo absorver relativamente bem pequenas movimentações ocorridas nas bases onde foram aplicadas. A espessura da argamassa deverá ser de 1cm a 2cm e aplicadas em base suficientemente rústicas. Caso sejam necessárias camadas mais espessas, elas deverão ser aplicadas em várias camadas, respeitando o tempo de secagem entre as mesmas.

Os revestimentos com pasta de gesso não costumam apresentar problemas de fissuras de retração e sim de ligeira expansão da massa. Por isso deve-se evitar a aplicação de gesso sobre argamassa de cimento ainda fresca, pois pode ocorrer reação expansiva.

Revestimentos com azulejos não deverão ser muito extensos, utilizando juntas de controle como as das alvenarias, já citadas. A gretagem dos azulejos pode ser evitada

com o uso de argamassa de assentamento adequada – com leves traços de cimento, estendida por todo o tardo da peça. No entanto, azulejos com espessura exageradamente pequena apresentarão gretagem.

3.8.7. Pisos cerâmicos

Os pisos cerâmicos podem fissurar-se ou destacar-se da base devido argamassas de assentamentos muito rígidas, ausência de juntas entre as peças adjacentes, retração acentuada da base de assentamento, ladrilhos assentados demasiadamente secos.

Como já citado, os problemas podem surgir também por dilatações térmicas do piso e por deflexões acentuadas das lajes. Como medidas preventivas, o IPT sugere:

- emprego de argamassas não muito rígidas (traços 1:4 - cimento e areia; ou 1:0,25:5 – cimento, cal e areia);
- assentamento com o uso de folgas, variando de 1m a 5mm em função do tamanho dos ladrilhos e da localização do piso (ambiente interno ou externo);
- dessolidarização do piso cerâmico de pilares e de paredes laterais.

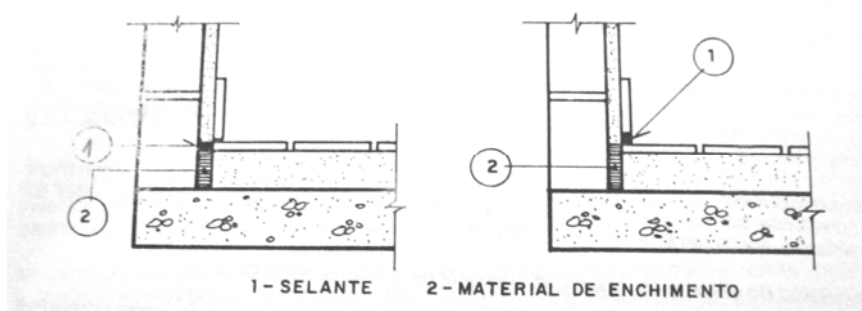


Figura 3.84 – Juntas de dessolidarização entre o piso cerâmico e parede

Caso o piso cerâmico seja assentado sobre lajes muito flexíveis, o IPT recomenda a introdução de uma camada de separação entre o piso e a laje, que pode ser constituída por areia grossa estabilizada com cimento (pequeno teor), por folhas duplas de papel Kraft ou ainda por membrana de polietileno, conforme figura 3.85. A utilização da camada de polietileno também funciona como camada impermeabilizante, impedindo o acesso de águas que infiltram pelo piso cerâmico nas armaduras da laje, provocando corrosão e

umedecimento do teto no pavimento anterior. Já a camada com betume funciona também como camada de separação.

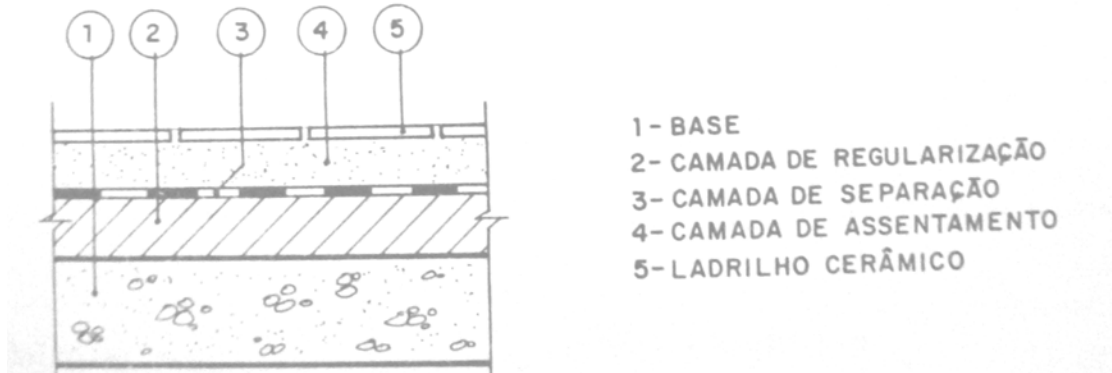


Figura 3.85 – Camada de separação entre o piso cerâmico e laje de concreto armado

Em pisos internos com área maior ou igual a 50m² ou sempre que a extensão do lado for maior que 8m; ou pisos externos com área maior ou igual a 20m² ou sempre que a extensão do lado for maior que 5m deve-se adotar juntas de movimentação longitudinais e/ou transversais, conforme indicado na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Distâncias máximas entre juntas de movimentação em pisos cerâmicos - IPT

Localização do piso	Distância máxima entre juntas, em piso cerâmico	
	Com camada de separação	Sem camada de separação
Interno	5m	4m
Externo	4m	3m

Caso haja juntas de movimentação na estrutura, estas devem ser consideradas também no piso, podendo-se empregar perfis extrudados de PVC ou material deformável (estiropor, aglomerado de fibras de madeira etc) e selante flexível (figura 3.86).

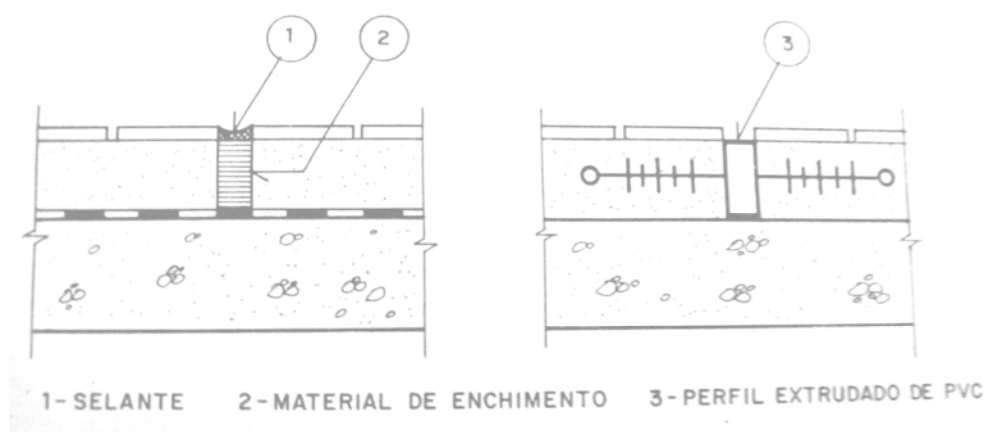


Figura 3.86 – Juntas de movimentação em piso cerâmico

3.8.8. Forros de gesso

Por apresentar movimentações higroscópicas acentuadas e baixa resistência á tração e ao cisalhamento, nos forros de gesso devem-se prever folgas em todo o seu contorno, capazes de absorver as movimentações do próprio gesso ou da estrutura. Como acabamento pode-se utilizar qualquer tipo de mata-juntas, como cimalthas de gesso. Nos forros muito longos devem-se prever juntas de movimentação intermediárias a cada 5 ou 6 m no máximo.

3.8.9. Caixilhos e envidraçamentos

Conforme já foi dito, as placas de vidro sofrem grandes variações térmicas e com isso podem fissurar-se ou romper-se. Deve-se, portanto, adotar folgas entre as placas de vidro e os caixilhos. É importante observar que caso o vidro seja posteriormente escurecido com filme plástico, ele passará a absorver mais calor, aumentando sua dilatação térmica e tornando a folga anteriormente dimensionada insuficiente para a nova expansão.

As placas de vidro podem também ser solicitadas por deflexões da estrutura de concreto armado. Nesse caso, pode-se utilizar folgas maiores ou caixilhos telescópicos, ou junta de movimentação entre a caixilharia e o componente estrutural superior, ligando um ao outro com ganchos chatos de metal, que funcionam como molas (figura 3.87).

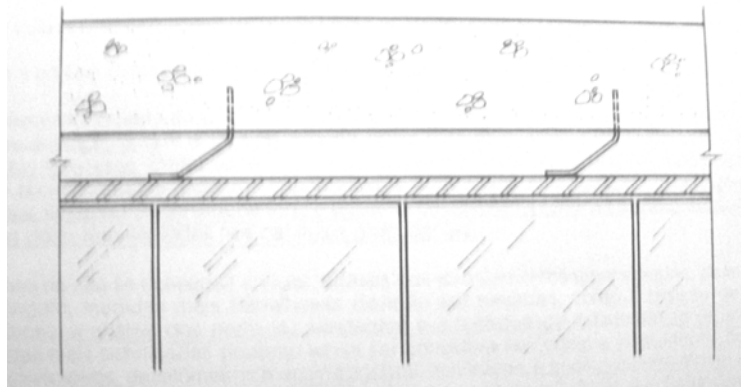


Figura 3.87 – Junta de movimentação entre a estrutura e caixilharia, com gancho chatos de metal

3.8.10. Fissuras provocadas por movimentações higroscópicas

No caso das fissuras provocadas pelas movimentações higroscópicas, na maioria das vezes provocadas pelas infiltrações no primeiro piso, por ascensão capilar, basta, preliminarmente à execução das alvenarias, proceder à impermeabilização dos topos das fundações e aproximadamente 15cm das laterais de todas as vigas, baldrame, sapatas, blocos etc., colocando um revestimento de massa preparada com impermeabilizante hidrófugo, manta asfáltica ou pintura com emulsão asfáltica. Ao assentar a primeira, a segunda e a terceira fiadas das paredes, utiliza-se o mesmo procedimento, impedindo-se que a umidade suba, caso ocorra alguma pequena falha no procedimento anterior. Se ocorrer algum problema após a conclusão da obra, será necessário retirar toda a pintura da área afetada, recompor o reboco danificado e, em seguida, realizar pintura com argamassa polimérica (a mesma utilizada no revestimento de caixas d'água), em pelo menos 1,2m de altura, com no mínimo três demãos cruzadas, esperando o tempo de secagem informado pelo fabricante entre cada demão. Para tijolos maciços, podem ser efetuadas injeções com produtos à base de silicatos ou hidrorrepelentes à base água.

3.8.11. Fissuras causadas por movimentações térmicas

As fissuras causadas pelas movimentações térmicas poderão ser evitadas, criando-se juntas de dilatação adequadas, que numa estrutura de concreto armado variam de 30m a 60m. No caso das fissuras entre a estrutura e as paredes de vedação, o ideal é retardar ao máximo a construção das paredes, esperando que toda deformação da estrutura de concreto ocorra. No caso de estruturas muito flexíveis, no topo, base ou nos locais de acúmulo de tensões, poderão ser preenchidos com materiais flexíveis. Na maioria dos

casos, os poliuretanos, tanto em espuma quanto em forma de mastiques, são uma ótima opção, devendo o construtor ficar sempre atento às conseqüências desse procedimento em relação ao contraventamento das paredes.

Trincas e fissuras já estabilizadas, como em algumas fissuras causadas pelo recalque das fundações ou movimentações higrotérmicas, podem ser facilmente recuperadas, removendo-se de 10cm a 15cm da largura e 2cm a 3cm de profundidade do revestimento da parede ao seu redor. Após limpar a área com a trinca, fixar bandagem (“tela-fix”, malha de fibra de poliéster, filó, fita crepe, esparadrapo etc.) com distribuição regular para os lados (cerca de 2cm a 5cm para cada lado). Em seguida, aplicar chapisco em cima da bandagem, com massa fraca (traço 1:2:9 em volume) e massa corrida acrílica sobre o local rebocado, para igualar a espessura à da parede original. No caso de fissuras não estabilizadas, soluções deverão ser estudadas caso a caso, mas variam desde a criação de uma junta de movimentação flexível, a outras mais complexas, que podem chegar até a execução de reforço externo com tirantes de aço ou fibras de carbono.

3.8.12. Fissuras causadas por sobrecargas

As fissuras causadas pelas sobrecargas poderão ser resolvidas de maneira simples: caso a sobrecarga já tenha sido removida, basta estucar as fissuras com argamassa polimérica acrílica de consistência tixotrópica, que pode ser aplicada com colher, ou argamassa fluida tipo grout, ou ainda injeção de resinas como as acrílicas, as epoxídicas ou metacrilato. Caso a sobrecarga seja definitiva, será necessário reforçar a estrutura, avaliando as seguintes possibilidades: alargamento de seção de concreto dos pilares e/ou vigas, reforço com colagem de chapa de aço, fibra de carbono ou fibra de vidro. Após a obra de reforço, proteger a estrutura com pintura impermeável.

3.8.13. Fissuras causadas por retração de produtos à base de cimento

Já as fissuras causadas pela retração de produtos à base de cimento podem ser evitadas, utilizando-se um correto traço das argamassas e concretos, com menor fator água/cimento (a/c), o que pode ser conseguido com emprego de aditivos redutores de água. Vinte e quatro horas antes e vinte e quatro horas após a aplicação, evitar insolação direta e vento no local. Preferencialmente, sobre os locais recém-concretados ou argamassados, utilizar aditivo redutor de evaporação de água, aplicado por aspersão. As fissuras possíveis de ocorrer no caso de não se utilizarem os procedimentos preventivos

poderão ser colmatadas com argamassas poliméricas ou injeção de resinas, como o metacrilato – mais comum – e ainda as resinas à base de epóxi.

3.8.14. Fissuras causadas por alterações químicas

As fissuras causadas pelas alterações químicas dos materiais de construção, especialmente quanto à corrosão das armaduras, podem ser evitadas utilizando-se corretamente os recobrimentos previstos na NBR 6118, trabalhando-se com concreto menos poroso: utilizando-se fator a/c igual ou inferior a 0,40 ou impermeabilizante polimérico na água de amassamento. Pode-se ainda proteger as estruturas de concreto aparente com resinas impermeáveis, resistentes às intempéries. Para consertar as trincas e deslocamentos causados pela corrosão das armaduras as causas da corrosão deverão ser eliminadas. Resumidamente, após a eliminação das causas, deveremos retirar todo o concreto danificado, choco ou sem aderência; recompor as armaduras que tiverem perda em 25% de sua seção ($d/4$) em uma barra ou 20% em barras consecutivas; e, finalmente, recompor o concreto danificado com grout, para grandes profundidades ou argamassa polimérica, no caso de reparos mais superficiais. Concluir o serviço pintando toda a peça recuperada com tinta ou resina impermeável.

3.9. Diagnóstico das trincas

O diagnóstico de trincas nem sempre é fácil. Uma causa pode configurar diversas trincas e uma configuração pode ser representativa de diversas causas. Em muitos casos são necessários consultas a especialistas, ensaios de laboratório, revisão de projetos etc. Em outros, podem ser que as verdadeiras causas nunca sejam diagnosticadas.

Segundo Lichtenstein, citado por THOMAZ, a avaliação de um problema patológico passa pelos seguintes passos:

- a) Levantamento de subsídios: acumulando e organizando 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 uma patologia;
- c) Definição de conduta: prescrever a solução do problema, especificando todos os insumos necessários e prever a real eficiência da solução proposta.

É importante no diagnóstico imaginar qual movimento deu origem à trinca, já que a maioria delas está associada a movimentações de diversas naturezas. Uma boa técnica é a que se baseia em eliminações subseqüentes considerando todo o universo de agentes patológicos.

Medidas simples para o acompanhamento da fissura pode ser adotada, utilizando testemunhas (“gravatas”), constituídas de materiais rígidos, que ao se fissurar indicará a continuidade do movimento.

Com a dificuldade para se chegar a um diagnóstico, devem ser tomadas medidas mais trabalhosas, como revisão de cálculos estruturais, análise de perfis de sondagem e a tentativa de se estimar recalques. Caso isso não seja suficiente pode-se considerar a instrumentação da obras, como clinômetros, defletômetros e extensômetros mecânicos, o acompanhamento dos recalques etc.

Com observações e levantamentos efetuados no local da obra o técnico, muitas vezes, já chegará ao diagnóstico do problema. Ele deve inspecionar tudo que lhe for possível, com a máxima atenção. As fissuras devem ser observadas de todos os ângulos: de frente, de lado, de perto, de longe, por cima, por baixo etc, recorrendo, quando necessário, a pequenas demolições e escavações.

Segundo o BRE, também citado por THOMAZ, uma série de fatores devem ser observados:

- incidência, configuração, comprimento, abertura e localização da trinca;
- idade aproximada da trinca, do edifício e época em que foi construído;
- se a trinca aprofunda-se por toda a espessura do componente trincado;
- se trinca semelhante aparece em componente paralelo ou perpendicular àquele em exame;
- se trinca semelhante aparece em pavimentos contíguos;
- se trinca semelhante aparece em edifícios vizinhos;
- se o aparecimento da trinca é intermitente ou se a abertura varia sazonalmente;
- se a trinca já foi reparada anteriormente;
- se ocorreu alguma modificação profunda nas cercanias da obra;
- se no entrono da trinca aparecem outras manifestações patológicas, como umidade, descolamento, manchas de ferrugem e bolor, eflorações etc;
- se nas proximidades da trinca existem tubulações ou eletrodutos embutidos;

- se existem na obra caixilhos comprimidos;
- se as trincas manifestam-se preferencialmente em algumas das fachadas da obra;
- se existem deslocamentos relativos (para fora ou para dentro) na superfície do componente trincado;
- se a abertura da trinca é constante ou se ocorre estreitamento numa dada direção;
- se a trinca é acompanhada por escamações indicativas de cisalhamento;
- se está ocorrendo condensação ou penetração de água de chuva para o interior do edifício;
- se o edifício está sendo corretamente utilizado.

3.10. Recuperação de componentes trincados

Os problemas patológicos só se manifestam após o início da execução propriamente dita, a última etapa da fase de produção. Em relação a recuperação dos problemas patológicos, HELENE (1992) afirma que "as correções serão mais duráveis, mais efetiva, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas".

A recuperação de ambientes trincados só deverá ser realizada caso se tenha um diagnóstico seguro de suas causas e conhecimento das implicações das trincas no edifício como um todo.

Além da certeza de que as trincas não comprometem a segurança da estrutura, deve-se analisar: as implicações da fissura em termos de desempenho global do componente ou de componentes vizinhos (isolamento termoacústica, estanqueidade à água, durabilidade; sazonalidade ou estágio de avanço do movimento que deu origem à trinca; possibilidade de adoção de um reparo definitivo ou provisório; época mais apropriada para a execução do reparo etc.

Em alguns casos, a recuperação do componente trincado é a parte menos importante na resolução do problema. Em se tratando de recalques de fundação, por exemplo, "se os estudos demonstram que há possibilidade de continuação do movimento, nenhum método de reparo do componente será eficiente" (PFEFFERMANN). Nesta situação, qualquer método empregado poderá funcionar como uma simples maquiagem, escondendo evoluções perigosas para a segurança do edifício.

3.10.1. Recuperação ou reforço de componentes de concreto armado

Segundo ARANHA e DAL MOLIN (1994) "as falhas de execução das estruturas podem ser de todo tipo, podendo estar vinculadas à confecção, instalação e remoção das fôrmas e cimbramentos; corte, dobra e montagem das armaduras e dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto, todas elas relacionadas, principalmente, ao emprego de mão-de-obra desqualificada ou falta de supervisão técnica".

Um dos problemas típicos nas estruturas é a corrosão das armaduras. Caso não se tenha acentuada perda na área resistente das armaduras pode-se remover o concreto solto, o óxido de ferro (através de lixamento ou jateamento de areia) e a poeira aderente às barras e à cavidade do concreto. Após essa limpeza aplica-se pintura anticorrosiva e quando essa estiver completamente seca utiliza-se resina epóxi tanto nas barras de aço quanto na cavidade do concreto. O próximo passo é aplicar argamassa de cimento e areia (1:2 ou 1:3) bem seca contra a armadura e a cavidade do concreto, durante o período de cura da resina. Depois se faz a cura úmida do concreto, com sacos de estopa umedecidos etc.

Fissuras de retração em vigas ou pilares de concreto armado não costumam apresentar perigo de corrosão para as armaduras. Mas em casos particulares em que isto ocorra recomenda-se a proteção da peça com pinturas flexíveis incorporando tela de náilon ou de polipropileno, sempre que possível.

A injeção de resina epóxi é aplicada em vigas com fissuras pronunciadas, onde há perigo de corrosão da armadura ou em componentes de concreto onde é necessária estanqueidade (reservatórios, estações tratamento etc).

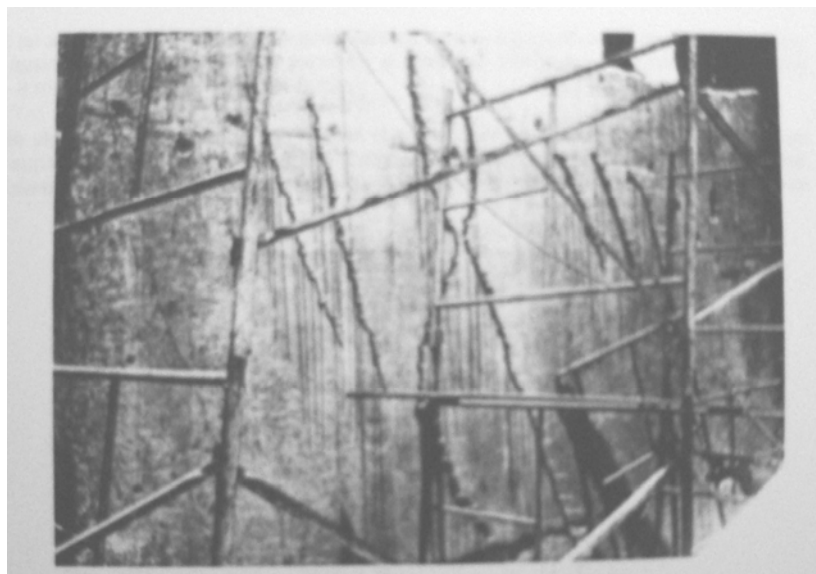


Figura 3.88 – Instalação de tubos plásticos para injeção de resina nas fissuras, em viga alta de concreto armado (parcialmente encoberta por andaime tubular). (Fonte: THOMAZ)

Essa medida não restabelece ou aumenta a resistência da viga, já que sob carregamento fissuras contíguas àquelas se manifestariam. O reforço das vigas deve ser feito com a colagem de chapas de aço com resina epóxi na viga, corretamente dimensionadas e posicionadas.

O reforço das vigas pode ser obtido com o próprio emprego de concreto, adotando-se armaduras suplementares e aumentando-se a altura útil da viga. Neste caso, a estrutura deve ser convenientemente escorada.

No caso de pilares o mais comum é o reforço com chapa de aço, coladas ao pilar e soldadas entre si, envolvendo toda a seção do pilar. Caso se opte por fazer o reforço com o próprio concreto deve-se ficar atento ao lançamento e adensamento do concreto na cabeça do pilar.

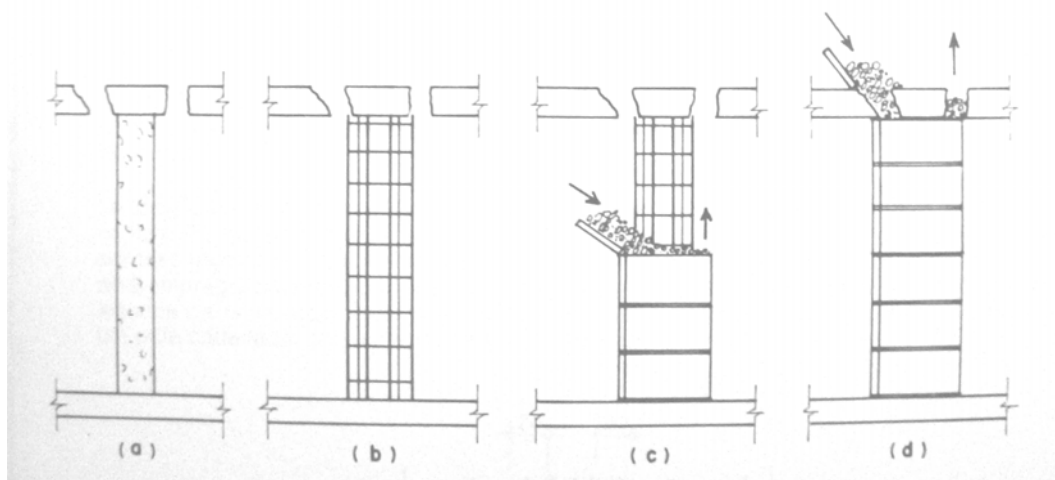


Figura 3.89 – Reforço de pilar com concreto e armaduras suplementares

O reforço da laje de concreto é pouco comum e de modo geral é mais econômico destruir o concreto, reforçar as armaduras e reconcretar a laje.

3.10.2. Recuperação ou reforço de paredes em alvenaria

Por possuírem as fissuras que mais chamam atenção, as recuperações das alvenarias são as mais comuns nas obras.

Destacamento entre paredes e pilares podem ser recuperados com a inserção de material flexível no encontro parede/pilar. No caso de destacamentos provocados por retração da alvenaria pode-se, nas paredes revestidas, utilizar uma tela metálica leve (como tela de estuque) inserida na nova argamassa a ser aplicada e transpassando o pilar aproximadamente 20 cm para cada lado.

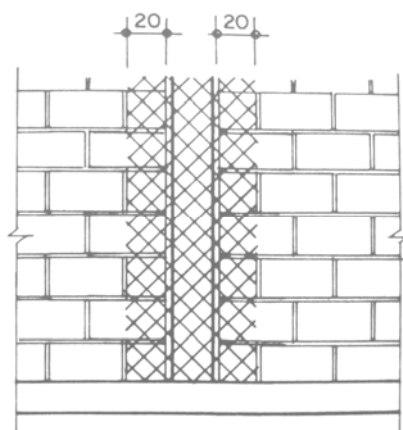


Figura 3.90 – Recuperação de destacamento pilar/parede com tela de estuque

As figuras 3.90, 3.91, 3.92 e 3.93 mostram a recuperação de fissuras médias na alvenaria. Neste caso, uma faixa do revestimento de gesso próxima à fissura foi desvinculada da base, ou seja, não houve aderência entre o gesso e a alvenaria/estrutura. Essa “ponte” sobre a fissura evita que a movimentação seja transmitida diretamente para apenas uma linha do revestimento, possibilitando que toda a faixa não aderida “absorva” a variação dimensional. Assim, a movimentação da fissura deixa de exercer um efeito de fendilhamento e passa a ser “absorvida” por uma faixa do revestimento. Tanto menores serão a deformação específica e a probabilidade de novas fissuras quanto maior for a largura da faixa sem aderência com a base.



Figura 3.91 - Remoção do revestimento



Figura 3.92 - Regularização do substrato



Figura 3.93 – Aplicação da fita plástica



Figura 3.94 – Aplicação do véu

Nas paredes longas com fissuras intermediárias deve-se adotar juntas de movimentação nos locais de ocorrência das fissuras, ou então transformar portas simples em portas com bandeiras. No caso de fissuras provocadas por movimentações iniciais acentuadas, cuja

variação na abertura passa a ser vinculada a movimentações higrotérmicas da própria parede, deve-se utilizar a tela metálica anteriormente citada ou uma bandagem que propicie a dessolidarização entre o revestimento e a parede na região da fissura. É feita uma remoção do revestimento da parede, com cerca de 15 cm. Aplica-se a bandagem para ambos os lados da fissura e chapisca-se o local, recompondo o revestimento com argamassa de baixo módulo de deformação.

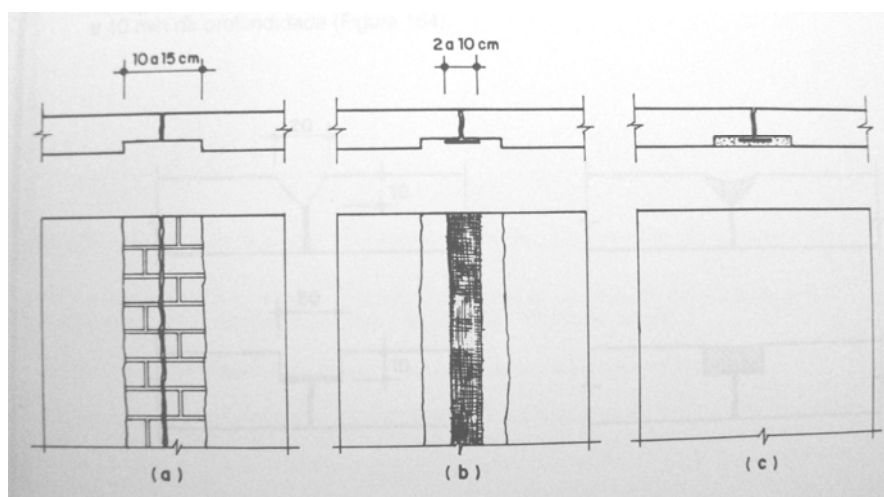


Figura 3.95 – Recuperação de fissura em alvenaria com o emprego de bandagem de dessolidarização parede/revestimento

O objetivo do uso da bandagem é a absorção da movimentação da fissura por uma faixa de revestimento relativamente larga não aderente à base, para que as tensões introduzidas no revestimento pela variação na abertura da fissura sejam menores e, portanto, com menores chances das fissuras se pronunciarem novamente no revestimento.

A introdução da bandagem no revestimento ou de uma tela de náilon na pintura é o necessário para recuperar fissuras provocadas por enfraquecimento localizado da parede, devido a presença de janelas, portas ou mesmo tubulações.

Nas paredes de vedação fissuradas por movimentações térmicas de lajes de cobertura ou pelo sobrecarregamento oriundo da deflexão de componentes estruturais pode-se utilizar qualquer uma das soluções apontadas anteriormente. Mas o principal, nesses casos, será a desvinculação entre o topo da parede e o componente estrutural.

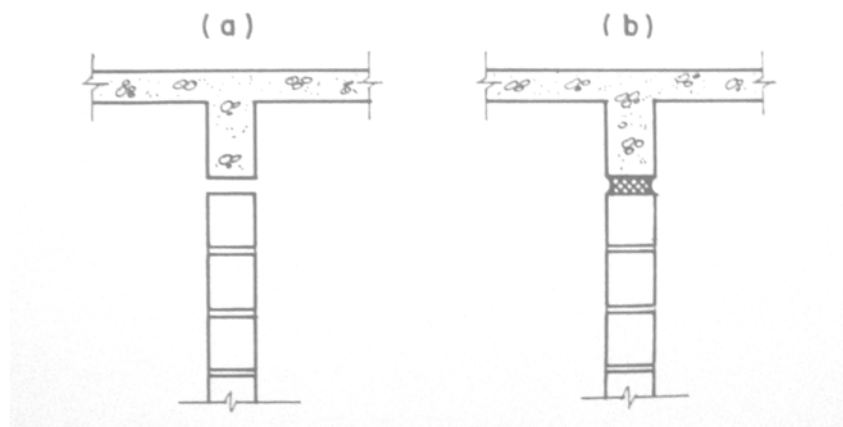


Figura 3.96 – Desvinculação entre a parede fissurada e o componente superior

A) corte efetuado no topo da parede

B) preenchimento com material deformável

A recuperação das paredes trincadas e o reforço das alvenarias portantes poderão ser conseguidos introduzindo armaduras nas paredes, chumbadas com argamassas ricas em cimento e posicionadas perpendicularmente à direção das fissuras. Caso o fissuramento seja muito pronunciado pode-se recorrer ao atirantamento da alvenaria, como mostra a figura 3.97.

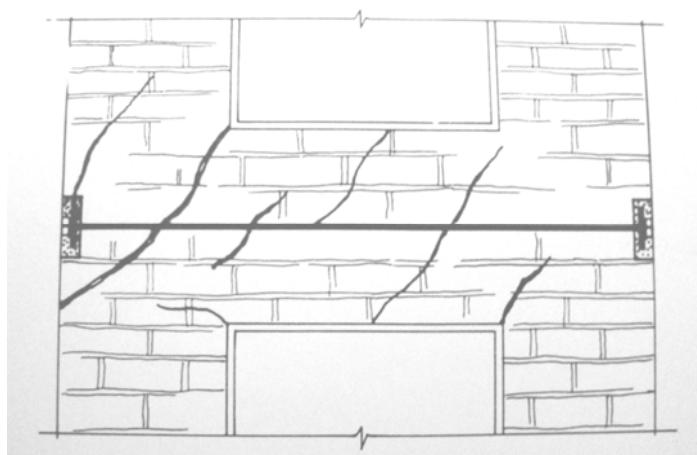


Figura 3.97 – Reforço de alvenaria portante com tirante de aço

3.10.3. Recuperação de revestimentos rígidos

Para a recuperação de paredes ou pisos constituídos de azulejos ou ladrilhos o que se pode fazer é criar juntas no revestimento e substituir as peças danificadas.

No caso de fissuras provocadas por expansão retardada de óxidos presentes na argamassa de assentamento das alvenarias, sugere-se que se espere completar a reação, cerca de 3 anos, para que se providencie a substituição do revestimento.

Fissuras provocadas por ataques de sulfatos deve-se remover o revestimento, impedir o acesso da umidade à parede e aplicar novo revestimento constituído de cimento resistente a sulfatos, cal e areia.

Pintura elástica encorpada é utilizada nas argamassas de revestimento de fachadas, junto a reforço com tela de náilon nos locais mais danificados. Nas paredes internas uma boa alternativa é a aplicação de “papel de parede” (película de PVC com fibras têxteis) sobre o revestimento fissurado.

4 . ESTUDOS DE CASOS

4.1. Fissuras capilares

Esse tipo de fissura tem essa denominação por ser semelhante a um fio de cabelo. Sua maior abertura é de um ou dois décimos de milímetro e, por isso, muitas vezes é difícil sua percepção a olho nu. Pode ter caráter cíclico, desaparecendo em alguns períodos do dia. As figuras 4.1 e 4.2 mostram etapas da recuperação, na qual é feita a abertura da fissura para que seja feito o preenchimento do sulco com material flexível, como massa PVA.



Figura 4.1 – Abertura das fissuras (Fonte: Max Junginger)



Figura 4.2 - Preenchimento das fissuras com argamassa aditivada (Fonte: Max Junginger)

4.2. Trinca em laje de concreto

A figura 4.3 apresenta uma laje de concreto com trincas, o que a tornou altamente permeável, causando manchas de umidade em toda a superfície com infiltração presente nas proximidades dos ninhos de concretagem, provocando corrosão e expansão da seção das armaduras. A recuperação deve ser feita removendo o concreto solto, o óxido de ferro e a poeira aderente às barras, pintando-as com pintura anticorrosiva e, após bem seco, aplicando resina epóxi. Ainda no período de cura da resina deve-se aplicar argamassa de cimento e areia contra as armaduras e a cavidade do concreto, procedendo com a cura úmida da argamassa.



Figura 4.3 – Trinca em laje de concreto (Fonte: Jefferson Maia Lima)

4.3. Fissuras em vigas

A figura 4.4 apresenta fissuras horizontais paralelas às armaduras longitudinais das vigas, em decorrência da má compactação do concreto ou devido a pequena distância entre barras, impedindo o concreto de passar entre elas. Este tipo de trinca, no entanto, não apresenta perigo de corrosão para as armaduras.



Figura 4.4 - Fissura na face inferior da viga (LIMA, J. M.)

4.4. Fissuras em pilares

Na figura 4.5 a alta densidade de armadura com cobrimento insuficiente provocou fissuras paralelas à armadura, corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras com posterior rompimento dos estribos. A recuperação pode ser efetuada com a aplicação de concreto projetado, com ou sem a utilização de formas.



Figura. 4.5 – Fissuras em pilares (Fonte: Jefferson Maia Lima)

4.5. Trincas na ligação alvenaria/viga

A figura 4.6 apresenta fissuras na relação alvenaria/viga, provavelmente causada por deficiência de encunhamento ou encunhamento prematuro das paredes de alvenaria junto à base da viga. A recuperação deve ser feita aplicando tela sobre a trinca, transpassando 20cm para cada lado, chapiscando a área e fazendo o acabamento com argamassa.



Figura 4.6 – Trinca alvenaria/viga (Fonte: Giorgio Olivari)

4.6. Trincas em muretas

Na figura 4.7, podemos ver trincas horizontais na mureta da cobertura, provocada por movimentação térmica. O reparo deve ser feito como o mencionado acima, utilizando tela, aplicando chapisco e em seguida o revestimento com argamassa.



Figura 4.7 - Trinca horizontal na mureta da cobertura (Fonte: Giorgio Olivari)

4.7. Trincas na face inferior da janela

A figura 4.8 apresenta trincas na face inferior da janela devido a atuação de sobrecargas e a ausência de vigas e contra-vergas. Na recuperação deve-se abrir sulco com seção em V sobre a trinca, limpando-o com ar comprimido e preenchendo com produto elástico. O procedimento continua aplicando tela de nylon ou poliéster com 20 cm de altura.



Figura 4.8 - Trincas na face inferior da janela (Fonte: Giorgio Olivari)

4.8. Trincas verticais na fachada

As trincas verticais na fachada da figura 4.9 foram ocasionadas pelas deformações por flexão de lajes e vigas que o sustentam, causando deslocamentos verticais de painéis de alvenaria. A sua reparação é feita abrindo o sulco em seção V, limpando-o com ar comprimido, aplicando produto elástico. Após isso aplicar tela de nylon ou poliéster e fazer o acabamento.



Figura 4.9 – Trinca vertical na fachada (Fonte: Giorgio Olivari)

4.9. Trincas na ligação alvenaria/pilar

A trinca entre a ligação alvenaria/pilar da figura 4.10 foi causada por deficiência no método de amarração empregado nas ligações. O reparo é feito com a remoção do revestimento, aplicação de tela, transpassando 20 cm para cada lado, chapiscamento da área e execução do revestimento com argamassa.



Figura 4.10 -Trinca entre alvenaria/pilar (Fonte: Giorgio Olivari)

5. CONCLUSÕES

As fissuras são os sintomas mais frequentes nas estruturas, apresentando causas variadas: ocasionadas por fenômenos físicos, químicos, biológicos ou mecânicos, já de conhecimento técnico. Elas são inevitáveis, mas não podem ser consideradas assim, já que não nos preocuparíamos em preveni-las.

As causas prováveis podem ser analisadas a partir da abertura, da direção e de sua forma de evolução.

Um edifício a prova de fissuras seria uma tarefa tecnicamente difícil e bastante onerosa. Pode-se minimizar bastante o problema considerando que os solos, os materiais e os componentes das edificações movimentam-se e controlando a qualidade dos materiais e serviços. Desse modo conseguiríamos reduzir esses fatores, aumentando a durabilidade das estruturas para que elas venham suportar o processo de deterioração e que tenha um período de vida útil mínimo para o qual foi projetada.

As obras de reparo geralmente são difíceis, dispendiosas, demoradas e incômodas, podendo ser até, ineficientes. Por isso, deve-se sempre buscar técnicas para preveni-las.

É fundamental que antes da adoção de qualquer medida visando à recuperação da fissura se conheça sua origem, pois o adequado funcionamento dos sistemas de recuperação está subordinado ao prévio tratamento dessas. Considerando ainda que as fissuras se movimentam ao longo do tempo, em virtude das variações térmicas e higroscópicas da alvenaria e do próprio revestimento, da deformação lenta da estrutura de concreto na qual a alvenaria está inserida (SILVA), a capacidade de deformação é sem dúvida a propriedade mais solicitada dos sistemas de recuperação.

No entanto, apesar de se conhecer as características individuais dos materiais constituintes dos sistemas de recuperação, a avaliação da capacidade de deformação do conjunto é assunto de desenvolvimento restrito. Por esse motivo, no estudo das características físico-mecânicas dos sistemas de recuperação de fissuras, o principal obstáculo a ser vencido refere-se à inexistência de normas específicas de ensaio. Tal fato ajuda a explicar o desconhecimento quase que completo do comportamento dos sistemas de recuperação de fissuras por parte dos fabricantes, a deficiência nas especificações de projeto e o uso inadequado de tais sistemas pelo meio técnico. Como resultado, são registrados, não poucas vezes, casos de reincidência das fissuras e,

conseqüentemente, o descrédito dos usuários quanto à eficiência dos sistemas de recuperação empregados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÁNOVAS, Manuel F. **Patologia e terapia do concreto armado**; tradução de M. Celeste Marcondes, Beatriz Cannabrava. São Paulo: PINI, 1988.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. (Boletim técnico, 25)
- MELLO, V.F.B. **Deformação como base fundamental de escolha da fundação**. Revista Geotecnia, nº 12, Lisboa, 1975.
- RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. 3ª ed. - São Paulo: PINI, 1996.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 1949.
- JUNGINGER, M. Alvenaria de vedação: estudo de caso. São Paulo: USP.
- JÚNIOR, C. C. S. Prevenção de fissuras. Minas Geras: PUC .
- <http://patologiaestrutura.vilabol.uol.com.br/home.htm>. Acesso em 27/01/2010
- <http://patologiaestrutura.vilabol.uol.com.br/relatos.htm>. Acesso em 27/01/2010
- <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/124/artigo56720-1.asp>. Acesso em 27/01/2010