

REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE E REPARAÇÃO DE FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO E ALVENARIA

LETÍCIA FERREIRA MAGALHÃES
CAMILA AMÉLIA MARTINS DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2017

**LETÍCIA FERREIRA MAGALHÃES
CAMILA AMÉLIA MARTINS DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE E REPARAÇÃO DE FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO E ALVENARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Camila Alves da Silva.

Caratinga/MG

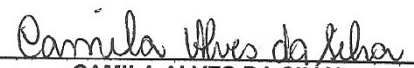
2017

TERMO DE APROVAÇÃO

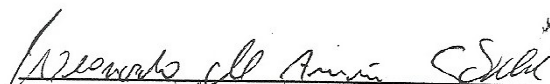
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ANÁLISE E REPARAÇÃO DE FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA**, elaborado pelos alunos **LETÍCIA FERREIRA MAGALHÃES** e **CAMILA AMÉLIA MARTINS DE OLIVEIRA** foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Civil das **FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 10 de julho 2017


CAMILA ALVES DA SILVA


JOSÉ SALVADOR ALVES


LEONARDO DE AMORIM SATHLER

A Deus, aos nossos pais e irmãos, aos nossos cônjuges e a todos os familiares e amigos que, com muito carinho e apoio não mediram esforços para que completássemos esta etapa de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Letícia Ferreira Magalhães

"Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos. Provérbios 16:3 ". Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me dar forças e me sustentar nessa caminhada, por ser minha fonte de inspirações e de vida!

Aos meus pais Rodrigo e Célia, que com muito amor e carinho sempre contribuíram para minha educação, me ensinando os princípios de responsabilidade e perseverança, sempre acreditando em mim e me encorajando a ser uma pessoa melhor. Ao meu marido Rômulo, por estar ao meu lado em todo tempo, sempre atencioso e carinhoso, me apoiando e me encorajando nos momentos difíceis.

A toda minha família e amigos, pelo incentivo, amizade e pela compreensão da minha ausência em momentos que tive que me dedicar aos estudos. Todos vocês me ajudaram a tornar mais leve esta caminhada. Aos colegas e ex-colegas de turma que fizeram parte desta trajetória, em especial minha dupla do trabalho de conclusão de curso, Camila Amélia, pelo companheirismo e amizade, por toda ajuda e força, conseguimos vencer!

A professora Camila Alves, que com muita dedicação e paciência nos ajudou como nossa orientadora, compartilhando seu conhecimento, nos dando suporte e atenção, sem os quais não seria possível a conclusão deste trabalho. Aos professores da graduação pela sabedoria compartilhada, pela compreensão e apoio. Aos proprietários dos imóveis dos estudos de caso, que com tanto carinho e atenção se dispuseram a nos ajudar.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa etapa da minha vida, obrigada, essa conquista é nossa!

Camila Amélia Martins de Oliveira

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado forças nessa jornada.

A todos os professores que ao longo dessa jornada, passaram seus conhecimentos para que tivéssemos essa formação. Em especial a professora Camila Alves Silva, pela orientação e contribuição para o trabalho que foi concluído.

Agradeço a minha parceira de monografia Letícia Ferreira Magalhães pelo grande apoio, incentivo e principalmente muita paciência, pois sem ela não teria sido possível a realização deste trabalho.

Aos familiares e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, e em especial aos meus pais Francisco e Eva por terem me dado a oportunidade de adquirir esta formação, minhas irmãs Ester e Bianca, ao meu namorado Elves Paulo, e a minha filha Amélia, pela coragem e persistência que me deram, de lutar e chegar até aqui.

“De tudo ficaram três coisas: a certeza de que estamos começando, a certeza de que é preciso continuar e a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho novo. Fazer da queda um passo de dança. Do medo, uma escada. Do sonho, uma ponte. Da procura, um encontro”
(FERNANDO SABINO)

MAGALHÃES, Letícia Ferreira e OLIVEIRA, Camila Amélia Martins de. **Análise e Reparação de Fissuras em Concreto Armado e Alvenaria**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo indicar, através de pesquisas e bibliografias consultadas, as principais causas de fissuração em edificações de concreto armado e/ou alvenaria, práticas preventivas quanto ao surgimento das mesmas e materiais e técnicas de reparação em estruturas afetadas. Também foram feitos estudos de caso em oito edificações que apresentam esta patologia para que, com base neste estudo, possa-se diagnosticar possíveis causas das fissuras observadas e sugerir soluções de tratamento para as mesmas. Ressalta-se a importância de se ter um conhecimento específico sobre este assunto, pois prevê cuidados que deverão ser tomados no planejamento e execução de novas obras e também as dificuldades técnicas e financeiras que as recuperações e reforços podem acarretar, podendo assim, como profissionais, oferecer mais eficiência e segurança nos projetos.

Palavras-chave: Patologias. Fissuras. Prevenção de fissuras. Sistemas de reparação de fissuras.

MAGALHÃES, Letícia Ferreira e OLIVEIRA, Camila Amélia Martins de. **Análise e Reparação de Fissuras em Concreto Armado e Alvenaria**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

ABSTRACT

This paper aims to indicate, through research and bibliographies consulted, the main causes of cracking in the execution of concrete and masonry buildings, preventive practices regarding the appearance of the cracks and repair materials and techniques in affected structures. Case studies were also carried out in eight buildings that presented this pathology so that, based on the study, it was possible to diagnose the causes of the cracks observed and to suggest treatment solutions for the same. It is emphasized the importance of having a specific knowledge on this subject, because it foresees cares to be taken in the planning and execution of new buildings and also foresees the technical and financial difficulties that the recoveries and reinforcements procedures can cause, and thus, as professionals, to offer more efficiency and safety in the projects.

Key-words: Pathologies. Cracks. Cracking prevention. Crack repair systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplos de fissuras recorrentes em estruturas de concreto.	21
Figura 2 – Classificação de fissuras no concreto armado quanto a sua causa.	22
Figura 3 – Origem das patologias.	24
Figura 4 – Fissuras causadas pelo assentamento plástico do concreto.	25
Figura 5 – Fissuração caracterizada pela perda de aderência entre o aço e o concreto. .	26
Figura 6 – Trinca devido à movimentação de formas.	26
Figura 7 – Exemplo de trinca devido à movimentação de formas.	27
Figura 8 – Esquema dos mecanismos que governam os tipos de retração incidentes sobre o concreto.	28
Figura 9 – Fissuras de retração em vigas.	28
Figura 10 – Fissuras de retração em lajes.	28
Figura 11 – Fissuras nos cantos dos vãos de portas e janelas, decorrentes da ausência de vergas e contraverga.	29
Figura 12 – Fissura causada pelo deslocamento da armadura principal, em relação à posição original.	29
Figura 13 – Desenvolvimento da reação álcalis-agregado no concreto.	30
Figura 14 – Fissuração em elemento estrutural causado por reação álcalis-agregado. . .	31
Figura 15 – Esforços produzidos que levam à fissuração e destacamento do concreto, devidos à corrosão de armaduras.	31
Figura 16 – Fissura causada por infiltração devido à vegetação próxima.	32
Figura 17 – Fissuras causadas por recalques diferenciais.	33
Figura 18 – Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.	34
Figura 19 – Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.	34
Figura 20 – Características de fissuração devido à flexão em vigas e lajes.	35
Figura 21 – Fissuras na face superior de lajes, não contendo armadura negativa entre os painéis.	36
Figura 22 – Fissuras em vigas, causadas por cisalhamento.	36
Figura 23 – Fissura causada por esforço de torção em uma viga.	37
Figura 24 – Fissuras devido ao esforço de compressão em elementos estruturais.	37
Figura 25 – Fissura devido a punção.	38
Figura 26 – Fissura vertical em alvenaria causada por sobrecarga.	38
Figura 27 – Fissura horizontal em alvenaria causada por sobrecarga.	39
Figura 28 – Fissura causada por carga centralizada na alvenaria.	39
Figura 29 – Fissura causada por movimentações higroscópicas.	40
Figura 30 – Fissura vertical causada pela expansão dos tijolos cerâmicos.	40
Figura 31 – Destacamento do revestimento devido a movimentação higroscópica. . . .	41

Figura 32 – Exemplo de diferentes configurações de fissuras.	41
Figura 33 – Configurações de fissuras em alvenarias.	42
Figura 34 – Verificação da atividade da fissura.	43
Figura 35 – Vergas e contravergas.	44
Figura 36 – A) Paredes encunhadas a posteriori; B) Fechamento alternado das paredes.	45
Figura 37 – Junta de dessolidarização entre a parede e a estrutura.	45
Figura 38 – Aparelho de apoio.	46
Figura 39 – Métodos de reparação.	48
Figura 40 – Técnica de apicoamento manual.	49
Figura 41 – Técnica de apicoamento mecânico.	49
Figura 42 – Limpeza com jato de água.	50
Figura 43 – Execução do concreto projetável.	51
Figura 44 – Selante acrílico.	52
Figura 45 – Tela de poliéster.	53
Figura 46 – Resina acrílica para injeção.	54
Figura 47 – Resina epóxi para injeção.	54
Figura 48 – Abre trincas: ferramenta utilizada para abertura dos sulcos.	55
Figura 49 – Recuperação de fissuras utilizando-se selante acrílico.	55
Figura 50 – (1) abertura do sulco sobre a fissura com disco de corte; (2) remoção do acabamento da parede; (3) aplicação do selante acrílico; (4) 2ª demão de impermeabilizante acrílico estruturado com tela de poliéster.	56
Figura 51 – Preparação da fissura para o procedimento de injeção.	57
Figura 52 – Selagem de fissuras com aberturas entre 10 e 30 mm.	58
Figura 53 – Selagem de fissuras utilizando-se mastique (resina vedativa).	58
Figura 54 – Disposição dos grampos na técnica de grampeamento.	59
Figura 55 – Vista geral da parte externa da parede onde se encontra a fissura.	61
Figura 56 – Vista da parte interna da parede onde se encontra a fissura, realçada com editor de imagens.	61
Figura 57 – Vista aproximada da parede onde se encontra a fissura, nos fundos da edificação.	62
Figura 58 – Parede exterior nos fundos da edificação.	63
Figura 59 – Vista aproximada da fissura B.	63
Figura 60 – Trinca em muros – destacamento entre alvenaria e pilar.	64
Figura 61 – Configuração típica de fissura gerada por movimentação higroscópica (a) versus fissura estudada (realçada com editor de imagens) (b).	64
Figura 62 – Parede localizada nos fundos da edificação.	65
Figura 63 – Vista aproximada da Fissura C.	66
Figura 64 – Parede lateral da residência.	66
Figura 65 – Piso da área externa da residência.	67
Figura 66 – Vista da caixa de escadas.	68

Figura 67 – Viga localizada na parte superior do corredor da caixa de escadas.	69
Figura 68 – Medição da espessura da fissura localizada na viga.	69
Figura 69 – Vista da parte interna da parede do quarto, com fissura realçada com editor de imagens.	71
Figura 70 – Vista aproximada da Fissura G.	71
Figura 71 – Vista da parte interna da parede do quarto, realçada com editor de imagens.	71
Figura 72 – Vista aproximada da Fissura H.	72
Figura 73 – Vista da parte interna da parede do quarto.	72
Figura 74 – Medição da Fissura I na parte interna da parede.	73
Figura 75 – Vista da parte externa da parede do quarto/sacada	73
Figura 76 – Vista aproximada da fissura I na parte externa da parede.	74
Figura 77 – Vista da parte interna da parede da sala de estar, realçada com editor de imagens.	74
Figura 78 – Vista aproximada da Fissura J.	75
Figura 79 – Fissura real (esquerda) e fissuração típica causada por movimentações térmicas (direita).	75
Figura 80 – Figura 3.26: Fissura real (esquerda) e fissuração típica causada por movimentações térmica (direita).	76
Figura 81 – Vista da fissuração na parte externa, na ligação entre as paredes dos corredores.	77
Figura 82 – Vista da continuação da fissura na parte interna da ligação entre as paredes dos corredores, realçada com editor de imagens.	77
Figura 83 – Vista aproximada da fissura na parede à direita da Figura 81.	78
Figura 84 – Vista aproximada da fissura central da Figura 81.	78
Figura 85 – Vista da parede fissurada, na parte voltada para o lado do corredor na divisão quarto/sala, realçada com editor de imagens.	79
Figura 86 – Vista da parede fissurada, voltada para o lado da sala de estar, na divisão quarto/sala, realçada com editor de imagens	80
Figura 87 – Vista aproximada da Fissura L, na parte voltada para o lado do corredor.	80
Figura 88 – Vista aproximada da fissura L, na parede voltada para o lado da sala de estar, na divisão quarto/sala.	81
Figura 89 – Vista da laje, próximo a caixa de escadas.	82
Figura 90 – Vista aproximada da fissura M.	82
Figura 91 – Vista geral da laje onde se encontra a Fissura N.	83
Figura 92 – Vista aproximada da Fissura “N” na laje.	83
Figura 93 – Vista geral da parede externa da residência (esquerda) e vista da parede interna (direita).	85
Figura 94 – Vista aproximada da parede externa da residência.	85
Figura 95 – Medição da fissura localizada na parede externa da residência.	86

Figura 96 – Figura 3.42: Fissura real (esquerda) e configuração típica de fissura causada por recalque (direita).	86
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das principais causas de fissuração em alvenaria de vedação e argamassas de revestimento.	23
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 JUSTIFICATIVA	18
1.4 METODOLOGIA	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 CAUSAS RECORRENTES DA FISSURAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES	21
2.1.1 Deficiências de projeto	24
2.1.2 Assentamento do concreto	25
2.1.3 Perda de aderência	25
2.1.4 Movimentação de escoramentos e/ou fôrmas	26
2.1.5 Retração	27
2.1.6 Deficiências de execução	29
2.1.7 Reações expansivas	30
2.1.8 Corrosão das armaduras	31
2.1.9 Recalques diferenciais	32
2.1.10 Movimentação térmica	33
2.1.11 Sobrecargas	35
2.1.11.1 Fissuras devido à flexão	35
2.1.11.2 Fissuras devido ao cisalhamento	36
2.1.11.3 Fissuras devido à torção	36
2.1.11.4 Fissuras devido à compressão	37
2.1.11.5 Fissuras devido à punção	38
2.1.11.6 Sobrecargas nas alvenarias	38
2.1.12 Movimentações higroscópicas	39
2.2 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS	41
2.2.1 Classificação das fissuras quanto à geometria e localização	41
2.2.2 Classificação das fissuras quanto à atividade	42
2.3 PRÁTICAS DE PREVENÇÃO DE FISSURAS NA EDIFICAÇÃO	43
2.3.1 Prevenção de fissuras em alvenarias	44
2.3.2 Em ligação alvenaria-estrutura	45
2.3.3 Em lajes	46

2.3.4 Em pisos	47
2.3.5 Na fundação	47
2.4 TÉCNICAS USUAIS DE REPARO DE ELEMENTOS FISSURADOS	47
2.4.1 Preparo e limpeza do substrato	48
2.4.2 Materiais utilizados nas técnicas de tratamento de fissuras	51
2.4.3 Técnicas de reparação	54
2.4.3.1 Restauração com pintura acrílica	54
2.4.3.2 Tela de poliéster e massa acrílica	55
2.4.3.3 Injeção de fissuras	56
2.4.3.4 Selagem de fissuras	57
2.4.3.5 Grampeamento de fissuras	58
2.4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	59
3 ESTUDO DE CASOS	60
3.1 EDIFÍCIO 1	60
3.1.1 Fissurações observadas	60
3.1.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	64
3.2 EDIFÍCIO 2	65
3.2.1 Fissurações observadas	65
3.2.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	67
3.3 EDIFÍCIO 3	68
3.3.1 Fissurações observadas	68
3.3.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	70
3.4 EDIFÍCIO 4	70
3.4.1 Fissurações observadas	70
3.4.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	75
3.5 EDIFÍCIO 5	76
3.5.1 Fissurações observadas	77
3.5.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	78
3.6 EDIFÍCIO 6	79
3.6.1 Fissurações observadas	79
3.6.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	81
3.7 EDIFÍCIO 7	81
3.7.1 Fissurações observadas	81
3.7.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	84
3.8 EDIFÍCIO 8	84
3.8.1 Fissurações observadas	84
3.8.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo	86
4 CONCLUSÃO	87

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÊNDICE A FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 1	94
APÊNDICE B FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 2	95
APÊNDICE C FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 3	96
APÊNDICE D FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 4	97
APÊNDICE E FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 5	98
APÊNDICE F FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 6	99
APÊNDICE G FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 7	100
APÊNDICE H FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES	
- EDIFÍCIO 8	101

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na construção civil muitas edificações sofrem ou estão passíveis de sofrer manifestações patológicas ao longo de sua vida útil. Dentre estas manifestações estão as fissuras, que podem ocorrer por diversas causas. Independentemente do mecanismo de formação, geram desconforto aos usuários e também custos com reparo, reforço ou recuperação, conforme o quadro patológico.

As fissuras comprometem o desempenho da edificação quanto aos aspectos de durabilidade e funcionalidade, tais como estanqueidade à água e isolamento. Podem ainda, indicar que a estrutura possa sofrer instabilidade, além de provocar desconforto aos usuários [1].

Diferenciam-se fissuras de trincas, geralmente pela grandeza da abertura. Pode-se considerar fissuras aberturas finas e alongadas na sua superfície e, trincas, aquelas que provocam a separação do elemento [2]. No presente trabalho, trincas e rachaduras serão tratados como sinônimos de fissura, pois o interesse são as causas e modos de intervenção desta manifestação patológica.

Quando aparecem fissuras em uma edificação, o primeiro procedimento a ser adotado é a busca pela sua origem. São feitos análises e estudos dos sintomas apresentados, buscando suas causas e com isso elabora-se um diagnóstico do problema, para que se possa buscar o procedimento adequado.

Para cada tipo e magnitude de uma fissura, podem haver diferentes técnicas para seu conserto, que se diferenciam em reforço, recuperação ou reparo. Com as causas da patologia identificadas pode-se definir se a estrutura passará por recuperação, reforço, reparo ou por ambos os processos. O reforço se enquadra em situações onde há intervenções nos elementos estruturais que visam o aumento de sua capacidade de resistir às solicitações a que estão submetidos. A recuperação, por sua vez, tem o objetivo de restabelecer a integridade física de um elemento estrutural, através da restituição de suas características mecânicas originais. Por fim, o reparo é a correção de algum defeito pontual na peça estrutural, algo mais superficial, como recobrimentos e preenchimentos em fissuras [3].

Este trabalho visa fazer um levantamento das técnicas de correção de fissuras nas edificações de concreto e alvenaria, analisando quais são os sintomas, tipos (de acordo com a origem do problema) e diagnósticos e assim buscar adequados materiais e alternativas para reparos e reforços em estruturas já afetadas.

É de suma importância ao engenheiro civil que tenha domínio sobre estes métodos, pois prevê cuidados que deverão ser tomados no planejamento e execução de novas obras e também as dificuldades técnicas e financeiras que as recuperações e reforços podem acarretar, podendo

assim, oferecer mais eficiência e segurança em seus projetos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é apontar as causas do aparecimento das fissuras em estruturas de concreto armado e alvenaria, correlacionando às principais técnicas para tratamento das mesmas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apontar as causas mais recorrentes das fissuras, descrevendo as condições em que aparecem e como se caracterizam, sua relevância e as consequências da fissuração nas estruturas de concreto armado e alvenaria;
- Apontar procedimentos de reparação e os materiais empregados, de acordo com o tipo de fissura e também práticas de prevenção de fissuras na edificação;
- Visitar e coletar dados sobre os quadros de fissuração em diferentes edificações, localizadas em Caratinga– MG, Ubaporanga- MG, Vermelho Novo- MG e São João do Jacutinga- MG, para posterior levantamento das possíveis causas e indicação de técnicas de reparo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Considerando-se que as fissuras têm grande influência no comportamento estrutural de um edifício e que afetam o desempenho e durabilidade do mesmo, estudos sobre as causas e origens das mesmas são de essencial importância. A partir do estudo pode-se prever e controlar a fissuração do concreto ou da alvenaria e quando necessário, utilizar a técnica de reparo mais adequada para cada caso.

Neste contexto, o presente trabalho se justifica por ser um estudo que tem por objetivo apontar as causas do aparecimento das fissuras em estruturas de concreto armado e alvenaria, correlacionando às principais técnicas para tratamento das mesmas.

Soma-se o fato de que ter domínio sobre esse assunto é importantíssimo para que o engenheiro civil agregue qualidade aos seus serviços, pois uma vez estando ciente das causas das fissuras, pode prevenir e evitar erros de projeto ou execução que poderão dar origem as mesmas.

Há ainda que se destacar que ao se planejar e executar edificações com a devida técnica evita-se gastos com reparos, recuperação ou reforço. Portanto, a divulgação das informações

sobre as causas da fissuração beneficia também o consumidor final da construção civil, ou seja, o proprietário da edificação.

1.4 METODOLOGIA

Partindo do objetivo de apontar as causas do aparecimento das fissuras em estruturas de concreto armado e alvenaria, correlacionando às principais técnicas para tratamento das mesmas, este trabalho tem seu desenvolvimento pautado em revisão bibliográfica e exploração de casos de fissuração em edificações localizadas em Caratinga– MG, Ubaporanga- MG, Vermelho Novo- MG e São João do Jacutinga- MG.

A pesquisa bibliográfica direcionou-se para as causas mais recorrentes de fissuras em estruturas de concreto armado e em alvenaria, os tipos de fissuras e suas características, os métodos para análise e posterior diagnóstico de cada situação, e também para as técnicas de reparo.

Para maior proximidade do tema do trabalho com a realidade das autoras deste estudo, foram visitadas edificações que apresentam quadros de fissuração. Tendo como objetivo correlacionar causas e ao método de reparo, em cada edificação realizou-se coleta de dados mediante fotografias e entrevistas com os proprietários dos imóveis.

Os questionamentos objetivaram coletar as seguintes informações: localização, classificação de ocupação, idade da edificação, existência e projeto e/ou acompanhamento de profissional legalmente habilitado, quando surgiu a fissuração, ocorrência de algo extra edificação (movimentações de terra em terreno próximo, passagem de veículos pesados na rua, etc), intervenções feitas na estrutura. Para melhor organização do estudo e para posterior análise das manifestações de fissuras nas edificações visitadas, estas foram registradas mediante fotografia e devidamente identificadas.

O levantamento de dados e informações se deu por meio de livros, pesquisa eletrônica via internet, bem como em dissertações, teses, publicações de revistas e periódicos nacionais e internacionais, para fomentar o conhecimento das autoras e assim discursar sobre as possíveis causas e procedimento de intervenção para solucionar cada caso apresentado neste trabalho.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1. Trata-se do capítulo introdutório onde se apresenta de modo abreviado o tema e a problematização do estudo. Contém ainda os objetivos, justificativa, metodologia e a estrutura da monografia.

Capítulo 2. Aborda-se as principais causas da fissuração no concreto armado e na alvenaria, suas classificações quanto à geometria e atividade, práticas de prevenção e procedimentos de

reparo das mesmas.

Capítulo 3. Descrevem-se os estudos de caso feitos em edificações distintas nas cidades de Caratinga– MG, Vermelho Novo- MG, Ubaporanga– MG e São João do Jacutinga- MG, mostrando os tipos de fissuras encontradas em cada caso e sua provável causa. Também se indica técnicas necessárias à solução dos quadros de fissuração estudados.

Capítulo 4. Este capítulo é reservado às conclusões e considerações finais deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CAUSAS RECORRENTES DA FISSURAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES

A configuração da fissura, abertura, espaçamento e, se possível, a época de ocorrência (após anos, semanas, horas), podem servir como elementos para diagnosticar o que causou a mesma, mas ainda assim, identificar a causa ou as causas de uma fissura não é uma tarefa muito fácil, devido à variabilidade dos parâmetros envolvidos [4].

As origens das patologias nas edificações estão associadas a uma das etapas da vida da estrutura, na qual ocorreram falhas que levaram à condição propícia para o desenvolvimento de determinada patologia [5]. A Figura 1 e a Figura 2 apresentam fissuras comuns em estruturas de concreto armado decorrentes de causas variadas. Na Tabela 1 estão indicadas as principais causas de fissuras na alvenaria.

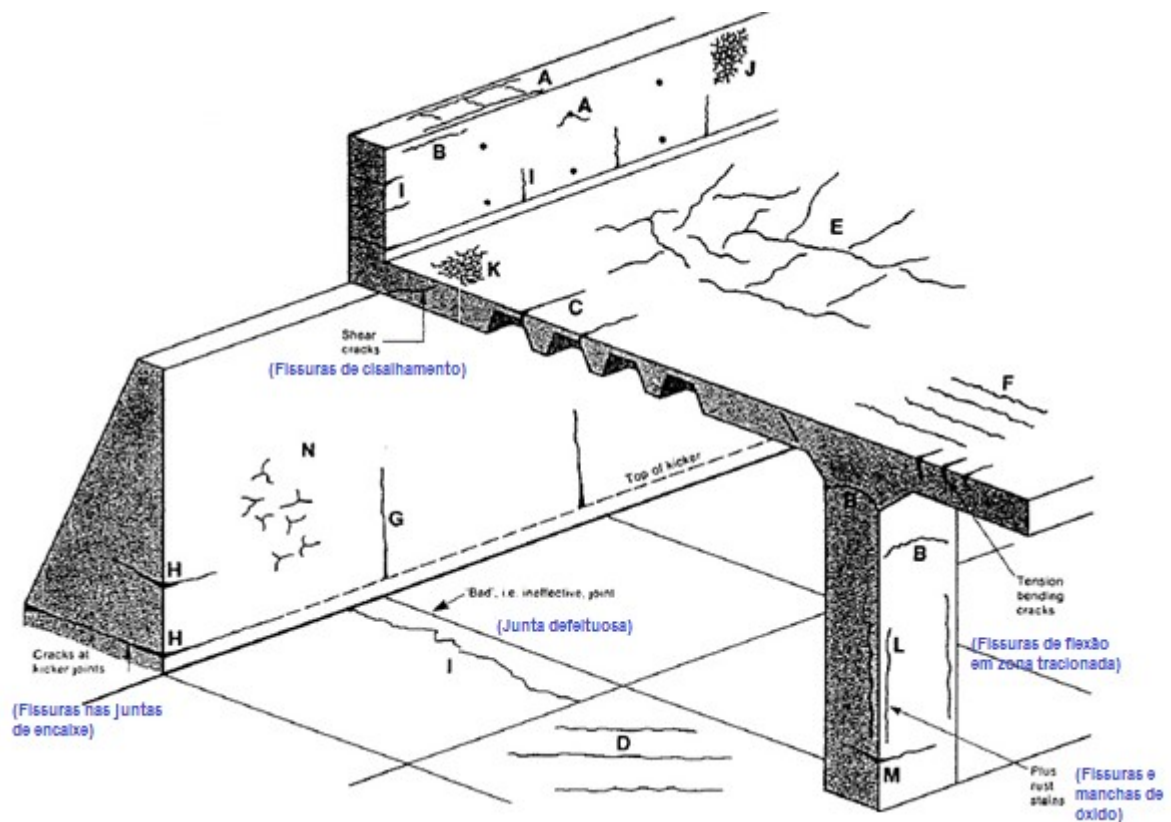


Figura 1: Exemplos de fissuras recorrentes em estruturas de concreto.

Fonte: Adaptado de Concrete Society, 1992.

Tipo de fissura	Posição na figura	Sub divisão	Local mais usual	Causa primária	Causa Secundária	Soluções	Idade da aparição	Ver detalhe
Assentamento Plástico	A	Sobre a armadura	Bordas	Exudação do concreto	Secagem rápida do concreto	Reduzir exudação (incorporar ar) revibrar	De 10 minutos a 3 horas	3.1
	B	Arco	Parte superior dos pilares					
	C	Mudança de espessura	Lajes aligeradas					
Retração plástica	D	Diagonal	Pavimentos e placas	Secagem rápida	Baixa velocidade de exudação	Melhorar cura nas primeiras horas	De 30 minutos a 3 horas	3.1
	E	Aleatória	Lajes					
	F	Sobre a armadura	Lajes					
Origem térmica	G	Coesão externa	Muro espesso	Excesso de calor de hidratação	Esfriamento rápido	Reduzir calor ou isolar	1 dia a 4 semanas	3.1 anexo 1
	H	Coesão interna	Placas espessas	Altos gradientes de temperatura				
Retração de longo prazo	I		Placas delgadas e muros	Juntas ineficazes	Retração excessiva Cura ineficaz	Reduzir fator água / cimento Melhorar cura	Várias semanas ou meses	3.1
Acabamento	J		Concreto aparente	Fôrma impermeável	Misturas ricas Cura pobre	Melhorar a cura e o acabamento	1 a 7 dias ou Muito mais tarde	3.1
	K		Placas	Excesso de alisamento				
Corrosão de armadura	L	Natural	Suporte e vigas	Falta de cobrimento da armadura	Qualidade do concreto	Eliminar causas	Mais de 2 anos	6.2
	M	Cloreto de cálcio	Concreto	Excesso de cloreto				
Reação álcali agregado	N		Locais úmidos	Agregados reativos + cimento com alto teor de álcalis		Eliminar causas	Mais de 5 anos	4.4

Figura 2: Classificação de fissuras no concreto armado quanto a sua causa.

Fonte: Adaptado de Concrete Society, 1992.

Tabela 1: Classificação das principais causas de fissuração em alvenaria de vedação e argamassas de revestimento.

CAUSAS DE FENÔMENOS DE FISSURAÇÃO NA ALVENARIA	ASPECTOS PRESENTES
Movimentos das fundações – recalques diferenciais	• Acomodações diferenciais de fundações diretas; • Variação do teor de umidade dos solos argilosos; • Heterogeneidade e deficiente compactação de aterros.
Ação de cargas externas – atuação de sobrecargas	• Concentração de cargas e esforços;
Deformação da parede devido a deformabilidade excessiva das estruturas	• Pavimento inferior mais deformável que o superior; • Pavimento inferior menos deformável que o superior; • Pavimento inferior e superior com deformação idêntica; • Fissuração devida à deformação de consolos; • Fissuração devida à rotação do pavimento no apoio.
Variações térmicas	• Fissuração devida aos movimentos das coberturas; • Fissuração devida aos movimentos das estruturas reticuladas; • Fissuração devida aos movimentos da própria parede.
Variações de umidade	• Movimentos reversíveis e irreversíveis; • Fissuração devida à variação do teor de umidade por causas externas; • Fissuração devida à variação natural do teor de umidade dos materiais; • Fissuração devida à retração das argamassas; • Fissuração devida à expansão irreversível do tijolo;
Alterações químicas	• Hidratação retardada da cal; • Expansão das argamassas por ação dos sulfatos; • Corrosão de armaduras e outros elementos metálicos.
Ação do gelo	• Fissuração devida a condições climáticas muito desfavoráveis; • Fissuração devida à vulnerabilidade dos materiais.
Outros casos de fissuração	• Ações acidentais (sismo, incêndios e impactos fortuitos); • Retração da argamassa e expansão irreversível do tijolo; • Choque térmico; • Envelhecimento e degradação natural dos materiais e das estruturas; • Paredes de blocos de betão (situações particulares); • Revestimentos; • Paredes com funções estruturais.

Fonte: Adaptado de SILVA, 2002.

2.1.1 Deficiências de projeto

Como pode ser visto no gráfico da Figura 3, a maior porcentagem das falhas que originam o surgimento de patologias, ocorrem na etapa de concepção e projeto. É possível identificar também que erros de execução e inadequação de materiais são fatores que originam manifestações patológicas.

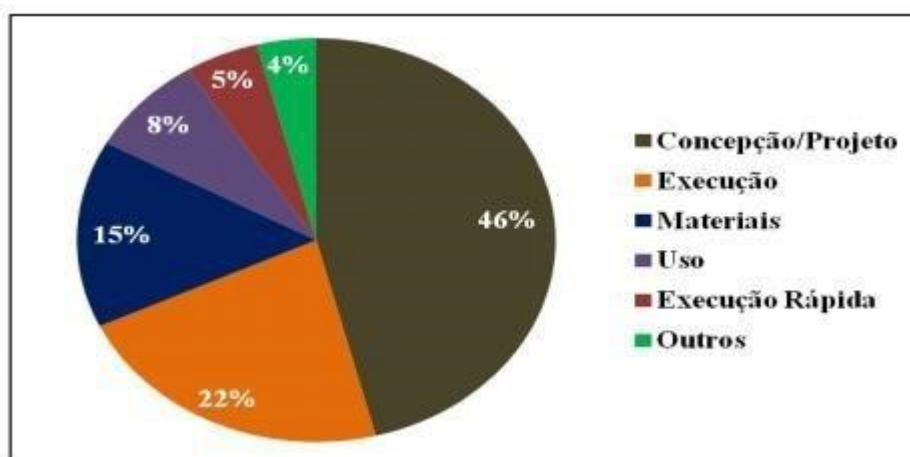


Figura 3: Origem das patologias.

Fonte: DOLABELA E FERNANDES, 2014.

Grande parte das deficiências se dá quanto às faltas de informações do projeto, como a inexistência de memorial descritivo, discriminações técnicas e especificações de materiais; a falta de referência a normas; erros de cotas, níveis e alturas. A falta de padronização quanto a materiais e fornecedores, diferenças de práticas de projetistas para projetistas por inexistência de normas de projeto também contribuem para dificultar uma correta execução da obra [6].

A compatibilização de projetos é muito importante, e tem como função a integração, proporcionando melhor sincronização, obtendo-se assim alto padrão de qualidade da obra, otimizando os custos, tempo e qualidade do empreendimento [46].

Falhas no projeto executivo podem causar uma má qualidade da edificação, maior índice de retrabalhos, alongamentos do prazo de execução, acréscimo de custo da obra [47]. Estas falhas, com influência direta na formação de fissuras, podem ser as mais diversas. Elas (as fissuras) acabam assumindo configuração própria, correspondentes a função do tipo de esforço a que estão submetidas [8].

É importante que todas as não conformidades e divergências observadas sejam registradas e comunicadas aos proprietários ou responsáveis que solicitaram o controle de qualidade da obra, para que sejam tomadas providências para sanar estas deficiências ocorridas [48], evitando problemas futuros.

2.1.2 Assentamento do concreto

Fissuras devido ao assentamento plástico do concreto ocorrem no concreto em seu estado fresco, onde a fissura acontece devido a assentamentos diferenciais dentro da massa do concreto. O assentamento plástico ocorre normalmente dentro de dez minutos a três horas [7].

Após o lançamento e adensamento do concreto, as partículas sólidas da mistura tendem a se sedimentar, devido a gravidade, ocasionando o deslocamento da água de amassamento e do ar aprisionado para a superfície (exsudação) [4]. A exsudação que ocorre durante o assentamento do concreto provoca uma redução no volume da massa ainda no estado plástico, que se desloca para baixo na fôrma [4]. Nesse caso, qualquer obstáculo que impeça a homogeneidade deste assentamento, tais como armaduras, agregados graúdos e a própria forma, pode provocar fissuras, como pode-se observar na Figura 4.

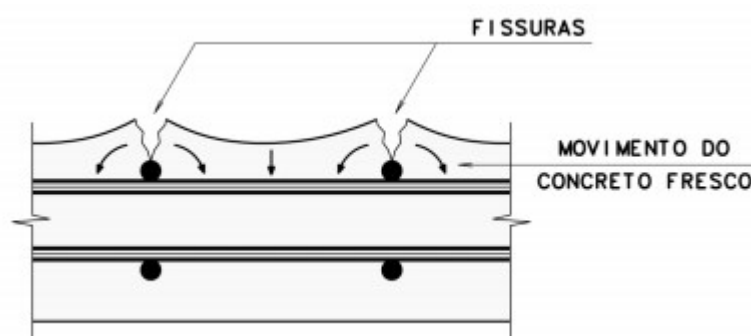


Figura 4: Fissuras causadas pelo assentamento plástico do concreto.

Fonte: CARMONA, 2013.

Há também há outras formas de fissuração por assentamento plástico, como por exemplo, em elementos que possuem espessura variável, onde as fissuras tendem a se localizar nas zonas mais delgadas [4].

2.1.3 Perda de aderência

A perda de aderência pode ocorrer entre dois concretos de idades diferentes, na interface de duas concretagens ou no contato entre barra de aço e concreto, e pode causar danos desastrosos para a estrutura, resultando-se em um baixo desempenho da estrutura [8]. A resistência de aderência entre a armadura e o concreto é devido ao atrito e da adesão entre eles, e é afetada pelas propriedades de ambos componentes, e também por variações volumétricas, como a retração do concreto [49].

A fissuração nesses casos ocorre quando há um vazio entre o concreto e a barra de aço (Figura 5), ocasionando uma redução da aderência ao concreto. Se houver uma sequência de barras próximas umas das outras, pode ocorrer das fissuras se interligarem, causando uma ocorrência mais relevante, como perda de aderência total [8].

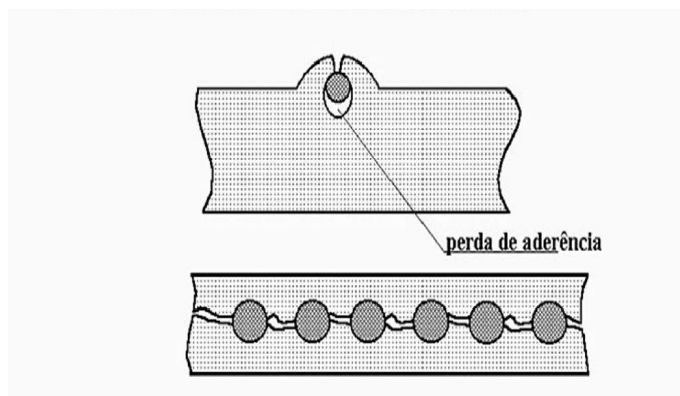


Figura 5: Fissuração caracterizada pela perda de aderência entre o aço e o concreto.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

Fissuras próximas à armadura podem ser mais prejudiciais, pois ajudam a entrada de componentes agressivos, que ajudam a degradação da armadura [8].

2.1.4 Movimentação de escoramentos e/ou fôrmas

Quando ocorre algum deslocamento das fôrmas utilizadas para moldagem ou confinamento do concreto, no período entre o lançamento do concreto e o tempo necessário para seu endurecimento (início da pega), podem surgir fissuras na estrutura [9], como pode-se observar na Figura 6. Estas fissuras podem ser internas e na superfície do concreto. As fissuras internas constituem um perigo potencial, pois formam uma bolsa de água na massa do concreto que pode facilitar o processo de corrosão das armaduras [9].

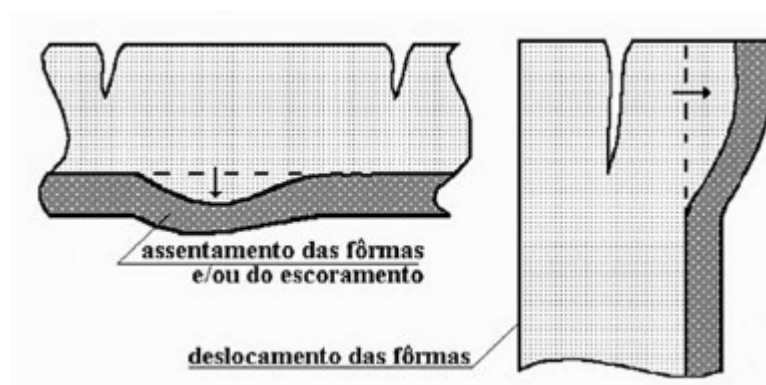


Figura 6: Trinca devido à movimentação de formas.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

Em vigas, estas fissuras geralmente acontecem por falta de travamento das bordas superiores, e em casos de vigas altas, falta de tirantes intermediários também, onde a forma se deforma por causa do movimento e do peso gerado pelo processo de concretagem, fazendo com que sua parte superior se desloque para fora da viga (Figura 7). Em pilares, o problema é na falta de travamento na base, já que é o local que recebe maior pressão na concretagem [10].



Figura 7: Exemplo de trinca devido à movimentação de formas.

Fonte: TRINDADE, 2015.

Outro problema é a retirada prematura de fôrmas e escoramentos, que resulta em deformações indesejáveis na estrutura. A remoção incorreta das formas também gera uma imposição de comportamento estático que não fora previsto em projeto – ambos os casos provocam fissuração nas peças [8].

2.1.5 Retração

A retração é o processo de diminuição de volume na massa de concreto, que acontece principalmente pela eliminação de água por exsudação (secagem natural, dada pela migração de água para o exterior da sua composição) [34].

Existem também outros tipos de retração (Figura 8), e as fissuras originadas por este fenômeno podem ser originadas por retração plástica (perda de água no concreto em seu estado fresco), retração hidráulica (perda de água do concreto em seu estado endurecido), retração química (uma perda de volume, na fase de hidratação do cimento, devido a diferença entre os volumes dos materiais), retração autógena (eliminação da água através dos poros capilares do concreto, reduzindo seu volume após a hidratação do concreto) e retração térmica (provocada pela variação de volume devido à expansão do concreto durante a hidratação [que libera calor] e redução de volume quando ocorre o resfriamento) [34].

As fissuras causadas por retração sofrem manifestações provenientes à movimentação natural da massa de concreto em seus elementos estruturais e seus componentes de produtos à base de cimento [35].

Nas Figuras 9 e 10 pode-se observar tipos de configurações de fissuras causadas por

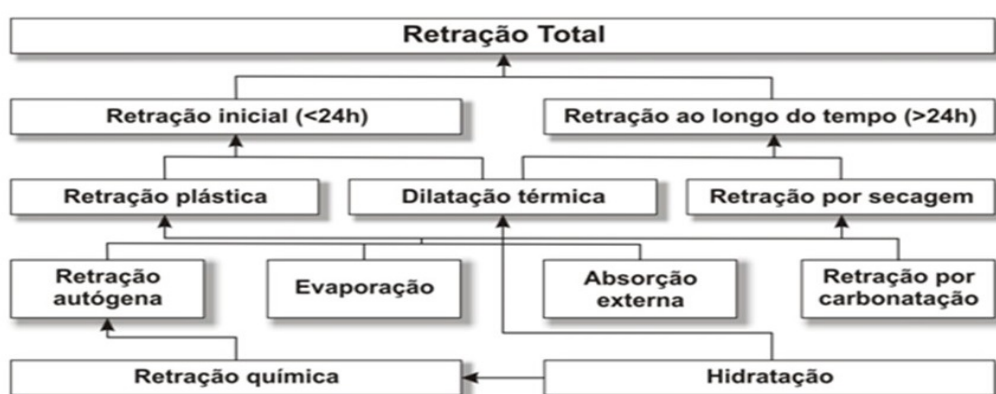


Figura 8: Esquema dos mecanismos que governam os tipos de retração incidentes sobre o concreto.

Fonte: RODRIGUES, 2010.

retração, que são notadas depois de algum tempo de endurecimento do concreto. Nas vigas, as fissuras ficam no contorno da alma das mesmas (Figura 9), podendo-se suceder em qualquer ponto do vão; no caso das lajes, as fissuras formam um aspecto de mosaico (Figura 10), podendo ocorrer em ambas as faces da peça [8].

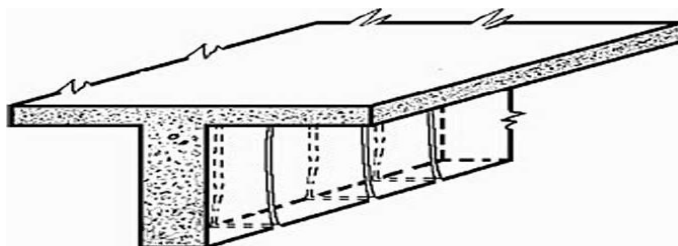


Figura 9: Fissuras de retração em vigas.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

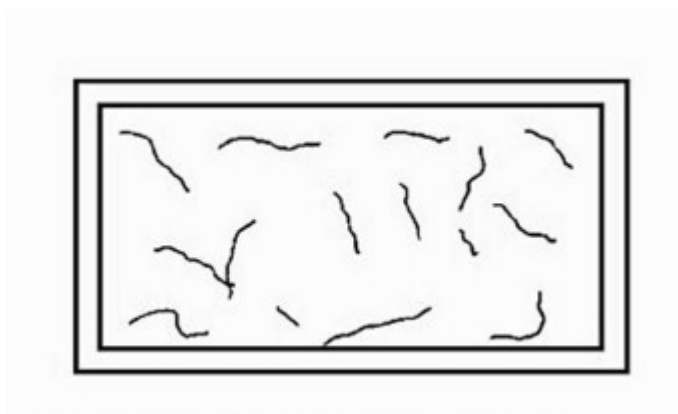


Figura 10: Fissuras de retração em lajes.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

2.1.6 Deficiências de execução

Para se ter certeza da qualidade, homogeneidade e uniformidade de um concreto moldado *in loco*, assim como do posicionamento correto de armaduras, cobrimento adequado, etc., é necessário ter uma mão de obra qualificada e acompanhamento técnico em uma obra - parâmetros que são necessários para garantir a resistência das estruturas diante das agressividades do meio ambiente.

É complicado dizer se uma deficiência observada em uma estrutura veio do projeto ou da execução, por isso, muitas vezes as fissuras classificadas como originadas de deficiência na execução são basicamente as mesmas observadas nas que ocorrem por defeitos no projeto [8].

Um exemplo de uma causa bem comum de fissuras é a causada pela ausência/deficiência de vergas e contravergas nas esquadrias (Figura 11). Este pode ser um problema na elaboração do projeto ou na execução do mesmo, e é responsabilidade do engenheiro de execução da obra conferir se estão sendo feitas corretamente.

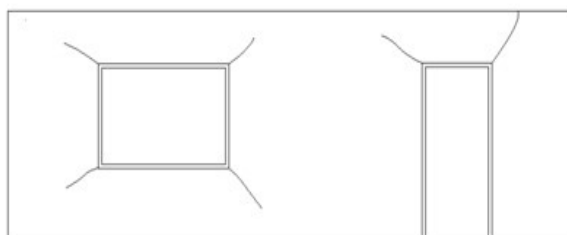


Figura 11: Fissuras nos cantos dos vãos de portas e janelas, decorrentes da ausência de vergas e contraverga.

Fonte: Fonte: WERLE, 2012.

A Figura 12 mostra um exemplo típico de fissuras geradas por falha ocorrida durante o processo de execução, em que o mau posicionamento da armadura negativa da laje faz com que o concreto seja fortemente tracionado e acabe por se romper [8].

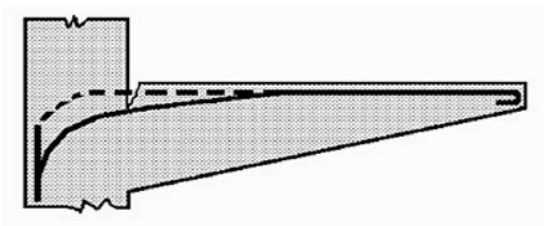


Figura 12: Fissura causada pelo deslocamento da armadura principal, em relação à posição original.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

2.1.7 Reações expansivas

A reação álcali-agregado é uma reação química que se forma na argamassa ou concreto, já endurecidos, entre os íons hidroxilas (OH^-) e os álcalis óxido de sódio (Na_2O) e óxido de potássio (K_2O), oriundos do cimento e de outras fontes, e também de certos tipos de agregados [51]. Essa reação pode ser dividida em reação álcalis sílica, silicato e carbonato [50].

A reação álcali-agregado ocorre quando os agregados possuem determinados minerais com potencial reativo à presença dos álcalis dos cimentos e quando há umidade [50].

Resumindo, a reação álcali agregado é um processo de deterioração do concreto ou argamassa endurecido, onde a reação química entre os álcalis existentes no cimento, óxido de sódio (Na_2O) e óxido de Potássio (K_2O), que provoca a formação de um gel expansivo (Figura 13), cujas forças, devido às expansões provocadas por este gel, causam deformações que vão desde a perda de resistência e fissuras até a destruição das estruturas afetadas [51].

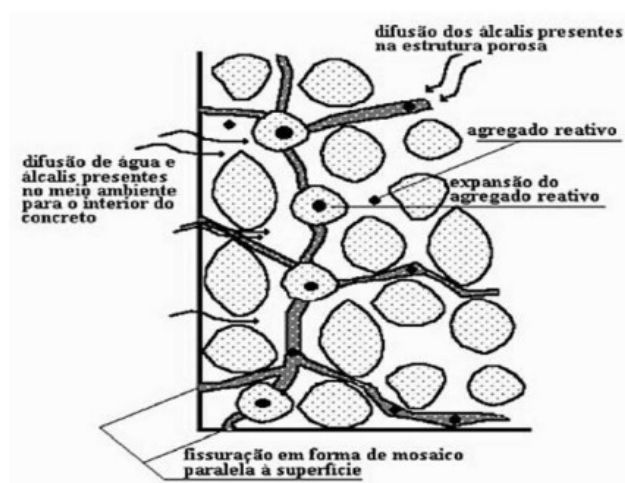


Figura 13: Desenvolvimento da reação álcalis-agregado no concreto.

Fonte: Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

As fissuras eminentes à reação expansiva podem ser consideradas semelhantes às que ocorrem por causa da retração - elas podem ter aberturas mais protuberantes, podendo ser horizontais e verticais ao mesmo tempo (Figura 14), e quase sempre aparecem juntamente de eflorescência [8].



Figura 14: Fissuração em elemento estrutural causado por reação álcalis-agregado.

Fonte: ANDRADE, 2007.

2.1.8 Corrosão das armaduras

As principais causas da ocorrência da corrosão na armadura são: má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, a permeabilidade do concreto devido à alta relação água/cimento e dosagem inadequada, ambiente agressivo, proteção insuficiente (cobrimento inadequado), manutenção inadequada ou inexistente e presença de cloretos [11].

A corrosão pode causar a diminuição da seção de armadura e provocar a fissuração do concreto. Essas fissuras ocorrem em direção paralela a armadura e são classificadas como fissuras ativas progressivas, pois têm aberturas que vão aumentando com o decorrer do processo corrosivo, podendo provocar o destacamento do concreto [12], como mostrado na Figura 15.

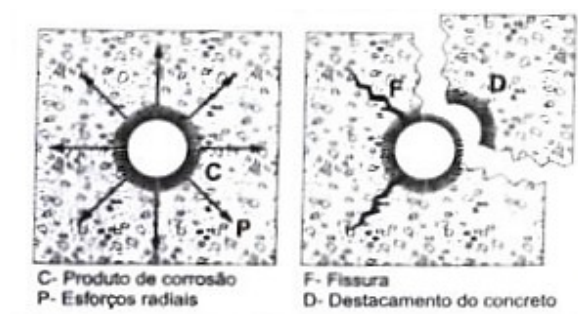


Figura 15: Esforços produzidos que levam à fissuração e destacamento do concreto, devidos à corrosão de armaduras.

Fonte: PEREIRA, 2017.

2.1.9 Recalques diferenciais

Os recalques diferenciais são causados por falhas entre o solo e estrutura que podem ocorrer tanto nas fases de projeto, na de execução ou utilização [8]. A definição de recalque é o deslocamento vertical para baixo sofrido pela base da fundação em relação à superfície do terreno [52]. Perante um efeito de carga externa, todos os solos, independentemente de sua dimensão, podem sofrer deformação. Existindo uma deformação diferenciada ao longo do plano da fundação, pode ocorrer o aparecimento de trincas, causadas por tensões de grande intensidade na estrutura [1]. Ocorrendo o recalque na fundação apenas em uma parte onde a estrutura está em contato com o solo, não havendo outro recalque em outro ponto, é denominado recalque diferencial [53].

Em geral as fissuras causadas por recalques diferenciados (Figura 16) são inclinadas e apresentam aberturas notáveis, que se direcionam ao ponto onde ocorreu o recalque mais considerável, e por serem inclinadas muitas vezes são confundidas com fissuras causadas por deflexão de componentes estruturais. Outros fatores que são vistos nas fissuras causadas por recalques é o aparecimento de esmagamento localizado no elemento, e uma variação de abertura vista nitidamente na mesma [1].

Os recalques com ocorrência em solos com características mais enfraquecidos (que causam mudanças na atuação das fundações) geralmente estão associados à infiltração de águas pluviais, tanto de chuvas como de águas localizadas próximas à edificação, como exemplificado na Figura 16 [54].

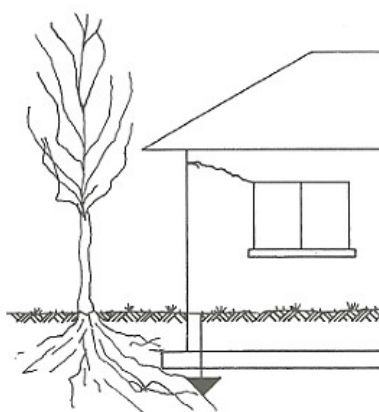


Figura 16: Fissura causada por infiltração devido à vegetação próxima.

Fonte: THOMAZ, 1989.

Os recalques diferenciados podem ocorrer por diversos fatores, que são exemplificadas pela Figura 17: (a) assentamento de fundação em seção de corte e aterro, (b) rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do terreno, (c) influência de fundações vizinhas pelo bulbo de tensão, (d) falta de homogeneidade do solo ao longo da construção, (e)

compactação diferenciada de aterros, (f) uso de sistema diferenciado de fundação em uma mesma obra e (h) fissuras causadas por recalques em pilares [1].

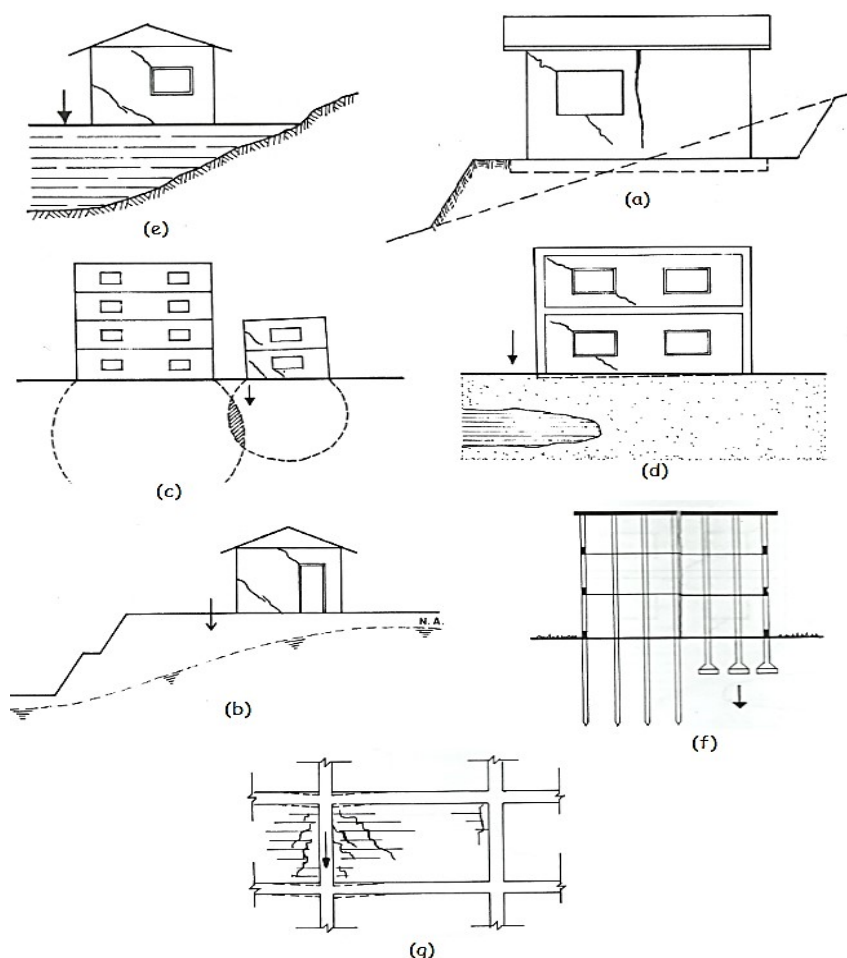


Figura 17: Fissuras causadas por recalques diferenciais.

Fonte: adaptado de Thomaz, 1989.

2.1.10 Movimentação térmica

A variação de temperatura em uma estrutura pode ser originada internamente, no estado fresco (calor de hidratação do cimento) ou externamente, no estado endurecido (mudanças climáticas ou ambientais) e podem causar variações dimensionais no concreto. As fissuras que se originam por variação térmica podem surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões diferentes de um mesmo material [1].

A contração devido à variação térmica decorrente das altas temperaturas que ocorrem durante as reações exotérmicas na hidratação do cimento e a posterior contração diferencial pelo seu resfriamento gera tração sobre a peça, e se essa tração for maior que a suportada pelo concreto, surgem as fissuras [4]. Quanto à dilatação, os danos causados pela contração não

causam tantos problemas, pois induzem esforços de compressão aos quais o concreto possui maior resistência [4].

Em casos de variação térmica causada por agentes externos, como por exemplo, em coberturas (Figuras 18 e 19), a variação de temperatura causa nas faces interna e externa de uma laje um gradiente térmico, que é devido à diferença de dilatação entre as faces, pois uma está muito mais exposta a calor, frio, chuva, etc., resultando em um processo de contração e expansão, que quando superam a capacidade de alongamento do concreto causam fissuras, principalmente no caso de diferença de inércia (encontro lajes-vigas) ou de materiais resistentes (lajes mistas ou pré-fabricadas) [8].

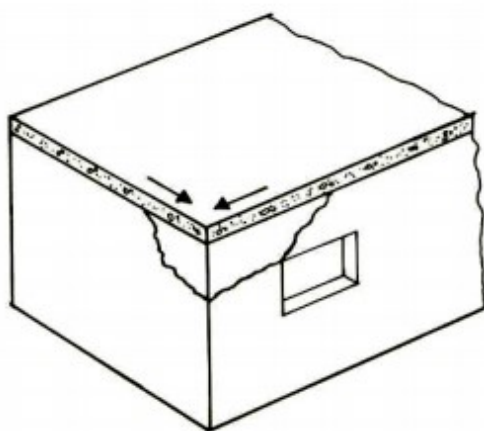


Figura 18: Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.

Fonte: THOMAZ, 1989.

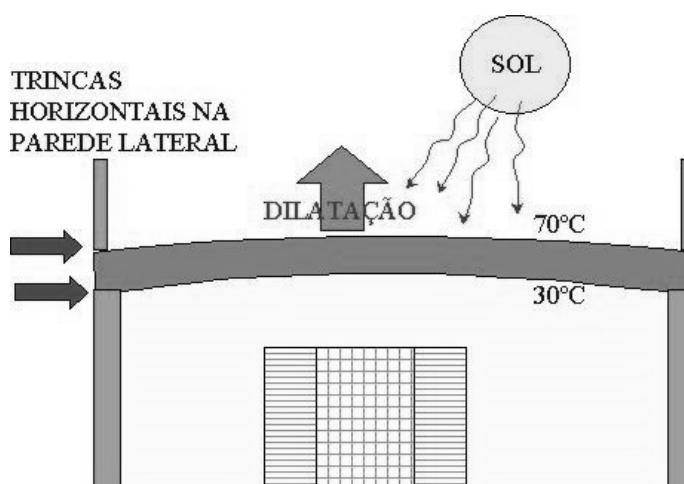


Figura 19: Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.

Fonte: WATANABE, 2000.

2.1.11 Sobrecargas

Peças estruturais como pilares, vigas e paredes, estão sujeitas a atuação de sobrecargas, que podem levar ao aparecimento de fissuras, mas que não necessariamente comprometam a estrutura ou levem à ruptura do elemento [1].

As sobrecargas são ocasionadas tanto por erro no cálculo estrutural, quanto por erro de execução, onde nos dois casos a fissuração ocorre devido à atuação de sobrecarga superior à prevista em projeto. Pode-se considerar também, mas não constantemente, uma atuação de sobrecarga em elementos que não possuem função estrutural, normalmente ocasionada pela deformação da estrutura proveniente da sua carga em si, e sua má utilização [1].

2.1.11.1 Fissuras devido à flexão

Em estruturas de concreto armado os elementos que serão submetidos a um efeito de flexão geralmente são dimensionados prevendo-se uma fissuração, que ocorre na área tracionada da peça, assim procurando estabelecer uma limitação a esta fissuração para um aspecto estético ou de deformação e longevidade da estrutura [1].

Em vigas, a fissuração acontece em um certo ponto, quando a tensão principal de tração atinge o valor de resistência de tração. Em lajes, as fissuras são definidas linhas de ruptura, onde o aço obtém o escoamento, e desenvolvimento da linha depende do valor de carga atuante, das circunstâncias dos apoios quanto ao seu lado e do seu tipo, da direção e seção transversal da armadura. Outra configuração de fissura em laje é quando não à armadura negativa entre os painéis, aparecendo na face superior [4].

Nas Figuras 20 e 21 estão exemplificadas algumas dessas características de fissuras em lajes e vigas.



Figura 20: Características de fissuração devido à flexão em vigas e lajes.

Fonte: DAL MOLIN, 1988.

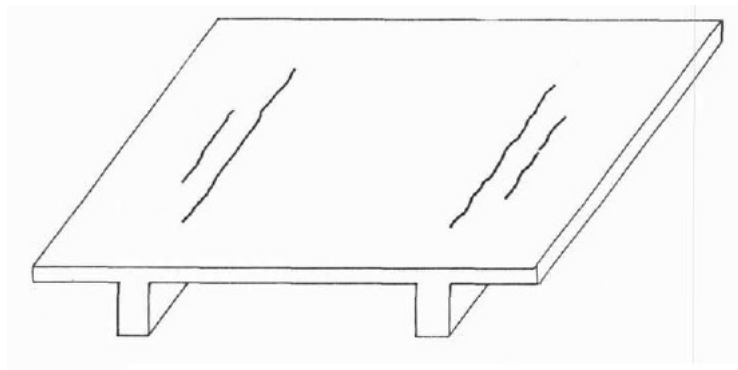


Figura 21: Fissuras na face superior de lajes, não contendo armadura negativa entre os painéis.

Fonte: DAL MOLIN, 1988.

2.1.11.2 Fissuras devido ao cisalhamento

As fissuras de cisalhamento, quando não originadas por flexão, podem ocorrer frequentemente nos pontos de força cortante máxima (Figura 22), podendo-se iniciar na alma da viga, desenvolvendo-se ao longo da peça até a armadura, chegando até o ponto de ser aplicada a carga, podendo-se dividir a viga em duas partes [4].

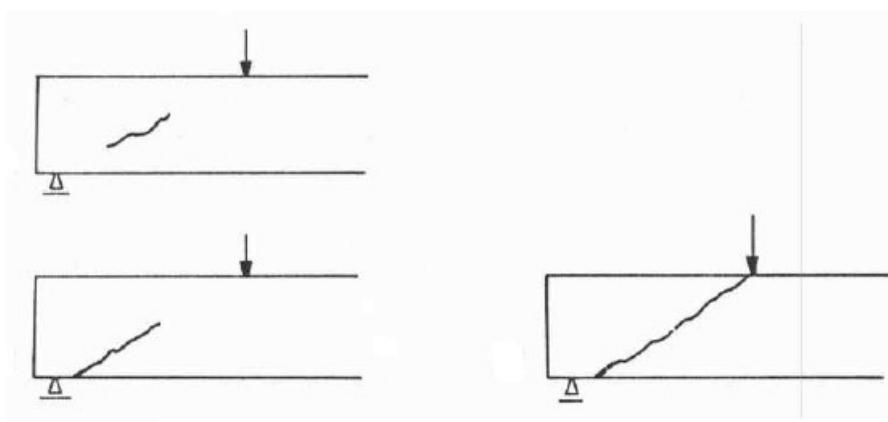


Figura 22: Fissuras em vigas, causadas por cisalhamento.

Fonte: DAL MOLIN, 1988.

As fissuras por cisalhamento podem então acontecer devido ao excesso de carga, a escassez de armadura ou pela colocação incorreta da mesma [4].

2.1.11.3 Fissuras devido à torção

A fissuração nesse caso ocorre em elementos estruturais, quando a peça sofre uma rotação na sua seção transversal (Figura 23), formando deformações com capacidades maiores do que a peça suporta. São fissurações inclinadas, podendo aparecer em toda face livre da peça, mas sendo mais comum nas laterais [10].

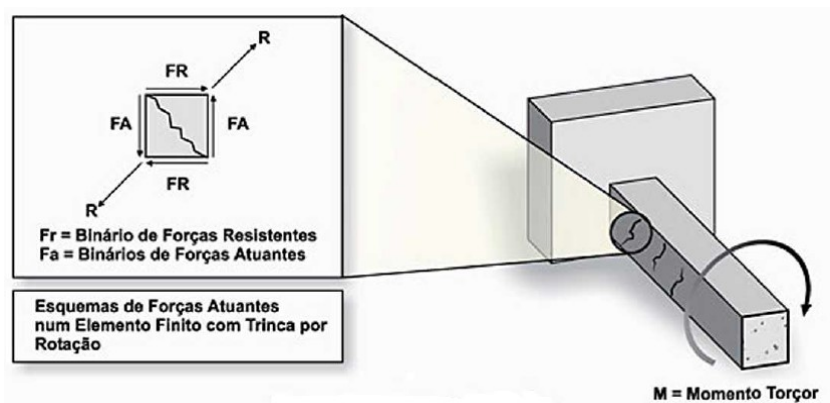


Figura 23: Fissura causada por esforço de torção em uma viga.

Fonte: MARCELLI, 2007.

2.1.11.4 Fissuras devido à compressão

As fissuras devido a esforços de compressão devem ser cuidadosamente analisadas e corrigidas, pois o concreto é responsável pela maior parte da absorção de compressão; sendo assim, quando ocorre uma fissuração desse tipo, é provável que a estrutura possa colapsar, pois pode ter perdido a capacidade de resistir às cargas atuantes, sobrecarregando os elementos vizinhos e levando à fissuração dos mesmos [31].

Algumas vigas e pilares podem trabalhar em um sistema duplo de solicitação, no caso flexão e compressão, dependendo da atuação dos esforços nestas peças e quando isso ocorre, pode haver um acúmulo de tensões na região comprimida, dando origem a fissuras, como exemplificado na Figura 24 [10].

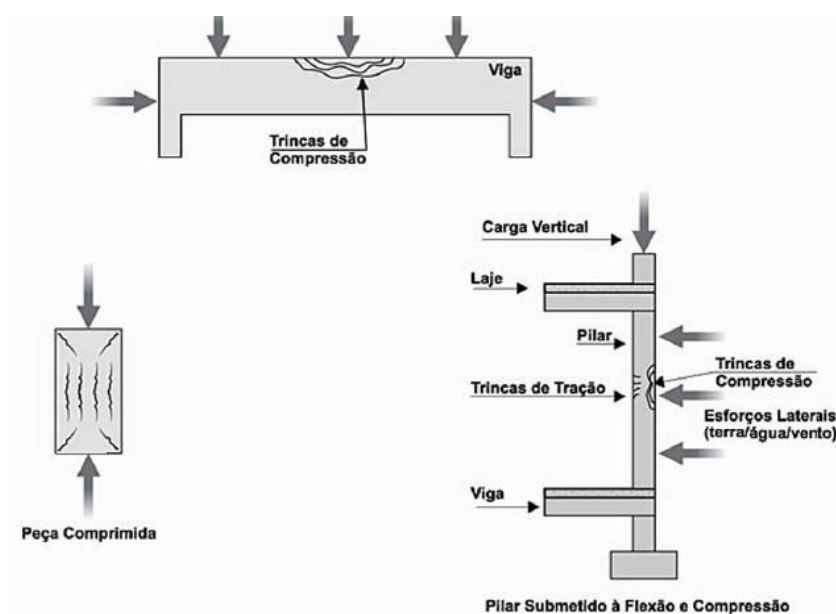


Figura 24: Fissuras devido ao esforço de compressão em elementos estruturais.

Fonte: MARCELLI, 2007.

2.1.11.5 Fissuras devido à punção

Fissuras causadas por esforço de punção estão geralmente ligadas a elementos estruturais que recebem um esforço centralizado, e em elementos diretamente ligados uns aos outros, como lajes apoiadas diretamente em pilares. A falta de resistência do concreto, a quantidade superior de carga atuante, espessura da laje e armaduras inadequadas dos elementos, são as causas mais prováveis para este tipo de fissuração, como mostrado na Figura 25 [10].

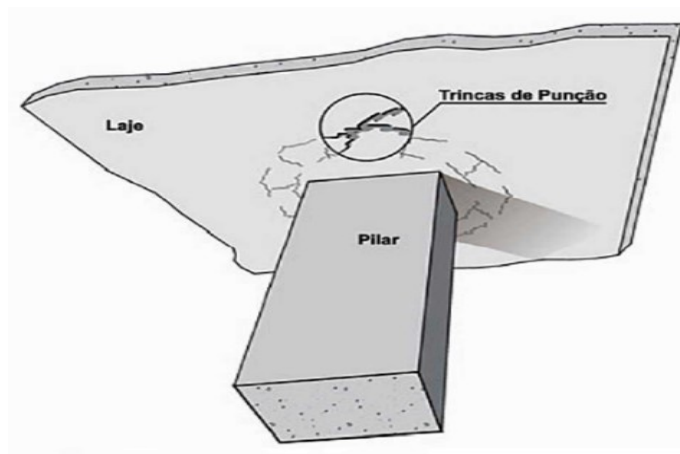


Figura 25: Fissura devido a punção.

Fonte: MARCELLI, 2007.

2.1.11.6 Sobrecargas nas alvenarias

Em alvenarias as sobrecargas, decorrentes dos elementos estruturais, podem causar efeito de compressão e flexão, ocasionando fissuração vertical e horizontal nas paredes carregadas (Figuras 26 e 27) [1].

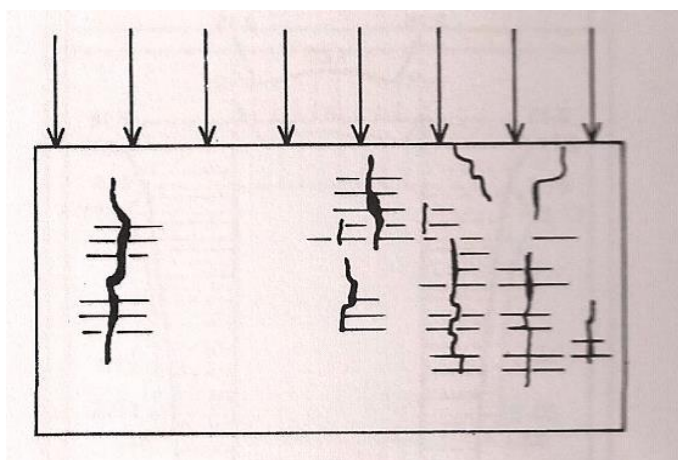


Figura 26: Fissura vertical em alvenaria causada por sobrecarga.

Fonte: THOMAZ, 1989.

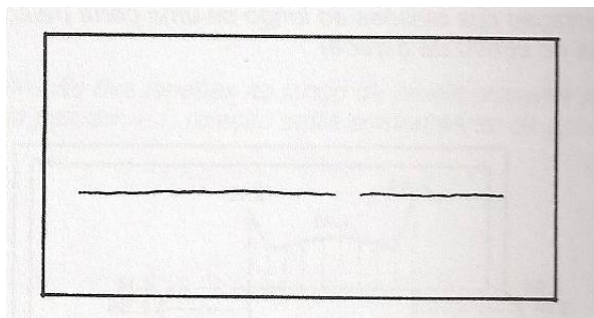


Figura 27: Fissura horizontal em alvenaria causada por sobrecarga.

Fonte: THOMAZ, 1989.

Pode ocorrer também sobrecarga centralizada levando uma fissuração inclinada no elemento (Figura 28) [1].

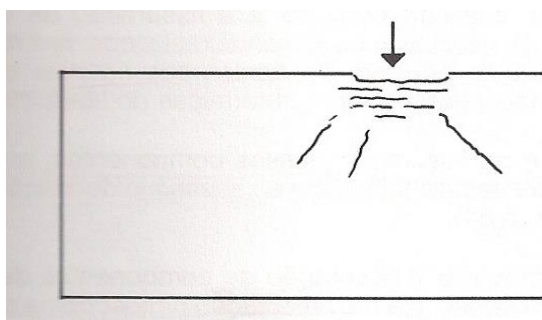


Figura 28: Fissura causada por carga centralizada na alvenaria.

Fonte: THOMAZ, 1989.

2.1.12 Movimentações higroscópicas

A higroscopicidade é a propriedade do material que faz com que ele tenha a capacidade de absorver umidade do meio [26], sendo por porosidade ou capilaridade (ascensão capilar da água vinda do solo). A umidade presente em uma edificação pode ser originária de diferentes fatores como: do resultado da própria produção dos componentes, da execução da obra em si, da penetração da água de chuva, da umidade do solo, do ar ou de fenômenos meteorológicos [1].

A movimentação higroscópica em um material causa variações volumétricas no mesmo, onde o aumento da umidade gera sua expansão e a diminuição resulta em sua contração [1]. Quando não há espaço para que essa movimentação aconteça, essas variações dimensionais podem causar fissuras.

Ao absorver umidade, a argamassa, tijolos ou blocos podem sofrer expansão e gerar movimentação diferenciada entre as fiadas da alvenaria ou entre os tijolos e a junta de argamassa [1], gerando fissuras horizontais, como exemplificado na Figura 29. Nesse exemplo, a parte da alvenaria que está em contato com o solo absorve sua umidade, e isso gera movimentações

diferenciadas em relação a parte superior, que está sujeita à insolação direta e a perda de água por evaporação [1].

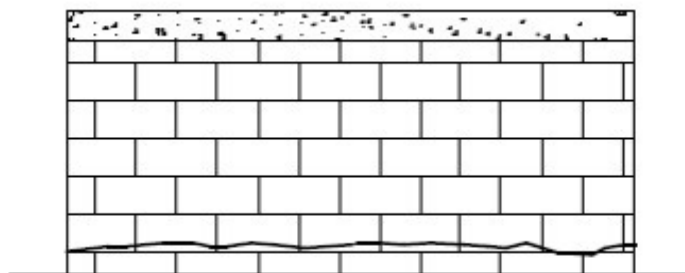


Figura 29: Fissura causada por movimentações higroscópicas.

Fonte: THOMAZ, 1989.

As aberturas das fissuras podem variar de acordo com as propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou da umidade. A Figura 30 mostra um exemplo de fissura provocada por uma variação de umidade nos materiais, onde a expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical da alvenaria no canto do edifício [1].

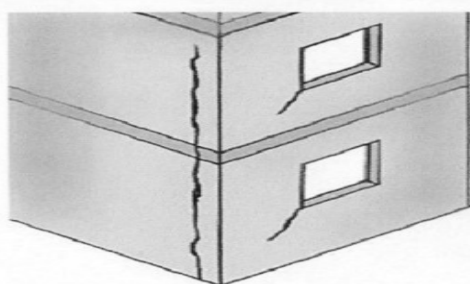


Figura 30: Fissura vertical causada pela expansão dos tijolos cerâmicos.

Fonte: THOMAZ, 1989.

As paredes, que possuem um efeito higroscópico, tendem a absorver umidade, e com a variação da umidade do ar durante o dia, acabam sofrendo movimentações de expansão (quando o ar está mais úmido) e retração (quando o sol bate e a umidade evapora) [27]. Quando o revestimento não consegue acompanhar essa movimentação, ele pode acabar se destacando da alvenaria, como mostrado na Figura 31.



Figura 31: Destacamento do revestimento devido a movimentação higroscópica.

Fonte: WATANABE, 2000.

2.2 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS

Neste item as fissuras são divididas em tipos conforme sua geometria e localização, e também quando a sua atividade, ou seja, se é ativa (desenvolvimento em progresso) ou passiva (desenvolvimento finalizado).

2.2.1 Classificação das fissuras quanto à geometria e localização

As fissuras podem se desenvolver na direção vertical, horizontal, diagonal, em formato de mapa, ou alguma combinação dessas direções, de acordo com sua causa, como mostrado na Figura 32.

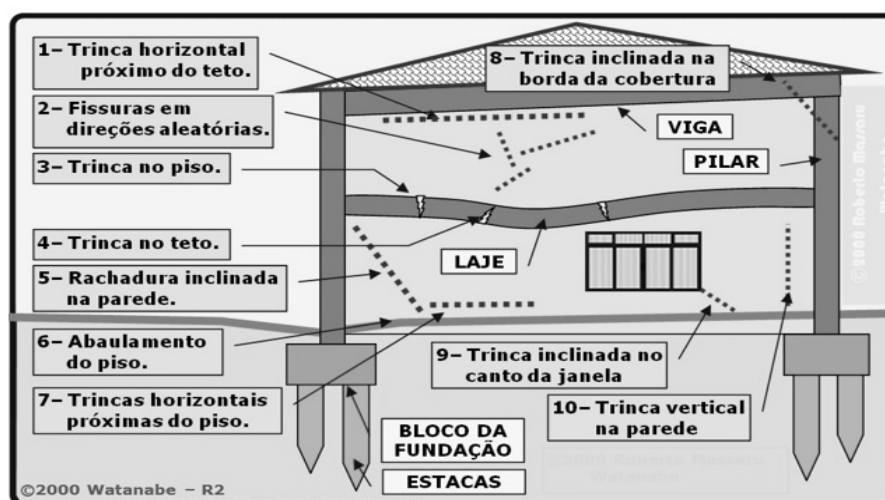


Figura 32: Exemplo de diferentes configurações de fissuras.

Fonte: WATANABE, 2000.

No caso de fissuras em alvenaria, quando a resistência à tração da unidade for inferior à

resistência a tração da argamassa, a fissura ocorre de forma retilínea, e caso contrário, ocorre de forma escalonada (Figura 33) [13].

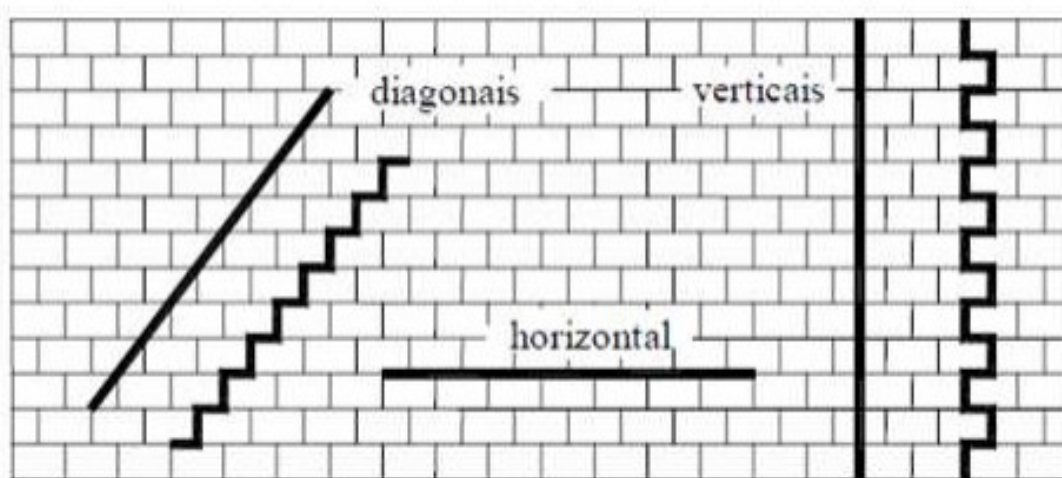


Figura 33: Configurações de fissuras em alvenarias.

Fonte: HOLANDA, 2002.

A forma da fissura ainda tem influência de fatores como rigidez relativa das juntas com relação às unidades, restrições da parede, existência de aberturas ou outros pontos frágeis [13].

2.2.2 Classificação das fissuras quanto à atividade

Verificar o progresso ou estabilidade da fissura é muito importante, pois esse é um dos critérios utilizados para definirem-se as técnicas para o tratamento da mesma. As fissuras ativas apresentam variações de abertura e fechamento. Já as passivas não variam conforme o passar do tempo, e são causadas por solicitações que não apresentam variações sensíveis ao longo do tempo, por isso podem ser consideradas estabilizadas [24].

No item 4.2.2 da ABNT NBR 6118:2014 são estabelecidos valores limites para a fissuração ser considerada nociva ao concreto armado, e são os seguintes valores: 0,1 mm para peças não protegidas, em meio agressivo; 0,2 mm para peças não protegidas, em meio não agressivo e 0,3 mm para peças protegidas [55].

Havendo ou não atividade, é necessário, através do tratamento, criar uma barreira ao transporte nocivo de líquidos e gases para dentro das fissuras, impedindo a contaminação do concreto, alvenaria e até das armaduras [1].

No caso das fissuras ativas, deve-se efetuar a vedação, cobrindo-se as bordas externas da mesma, e preenchendo-a com material elástico e não resistente, de modo que não enrijeça o local, mas proteja a estrutura. Para as fissuras passivas, além de ser efetuada a proteção, é necessário garantir que a peça volte a funcionar como um todo, fechando-se a fissura com um material aderente e resistente [1].

determinação do tipo de fissura (ativa ou passiva) é feita utilizando extensômetros dos tipos mecânicos, óticos, elétricos, hidráulicos, acústicos, dentre outros [31]. Há também outras técnicas mais simples, porém com menos precisão, que são [29]:

- Marcação dos limites da fissura com lápis ou tinta, observando-se as alterações com o tempo.
- Fixação de uma plaqueta de vidro transversalmente à fissura (Figura 34), com marcas de referência, observando-se após algum tempo se há algum deslocamento;
- Preencher a abertura da fissura com selo de gesso (Figura 34), e se houver a fissuração do gesso constata-se indícios de movimentação ativa;

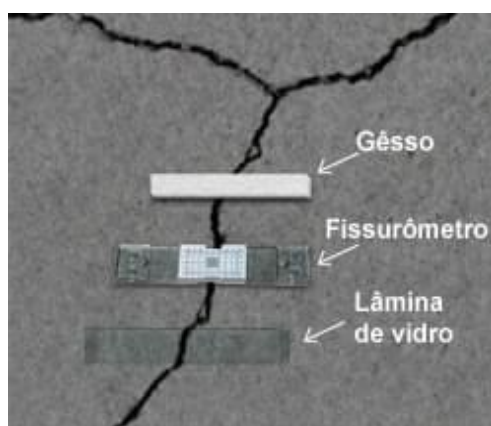


Figura 34: Verificação da atividade da fissura.

Disponível em:

<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto6160100>

2.3 PRÁTICAS DE PREVENÇÃO DE FISSURAS NA EDIFICAÇÃO

A prevenção de fissuras em concreto e alvenarias de edifícios começa no planejamento da obra, fazendo-se um projeto com os cálculos adequados e bem detalhados, realizando-se a análise do solo que receberá a edificação e se atentando para as características dos materiais que serão utilizados [1]. Também é fundamental que o serviço de execução da obra seja adequado, com acompanhamento de profissionais e controle da qualidade dos materiais e dos serviços.

É muito importante concentrar-se na correta dosagem do concreto e também atender rigorosamente a todas as exigências para a melhor preparação, transporte, lançamento, vibração e cura como forma de prevenção também [8]. Para fissuras ocasionadas por variação de temperatura, deve-se considerar a influência do meio ambiente no edifício, dar atenção especial ao detalhamento das armaduras das peças solidárias que possuam inércias muito diferentes, dispor corretamente as juntas de dilatação e considerar as cores das pinturas a adotar para os vários elementos estruturais [8]. Para prevenir a perda de aderência entre o concreto e as barras de aço da armadura, a pintura das barras de aço com epóxi é uma boa opção [8].

Além disso, algumas práticas podem relacionadas para a prevenção de fissuras em edifícios, de acordo com os locais onde surgem.

2.3.1 Prevenção de fissuras em alvenarias

Uma boa qualidade do serviço de execução, com uma parede bem nivelada e acabada, impermeável, com juntas regulares e estanques, é essencial para prevenção de fissuras nas alvenarias. Por não apresentar uma boa resistência às solicitações de compressão axial, também é interessante evitar cargas concentradas ou excêntricas nas alvenarias [14].

Nos vãos de portas e janelas deve-se evitar a concentração de tensões, através da colocação de vergas e contravergas (Figura 35), que são canaletas preenchidas com concreto armado e posicionadas a no mínimo 30 cm das aberturas [57], devidamente dimensionadas para suportar e distribuir as cargas. Esse tipo de fissura é muito comum, principalmente em edificações que são executadas sem a elaboração de um projeto.

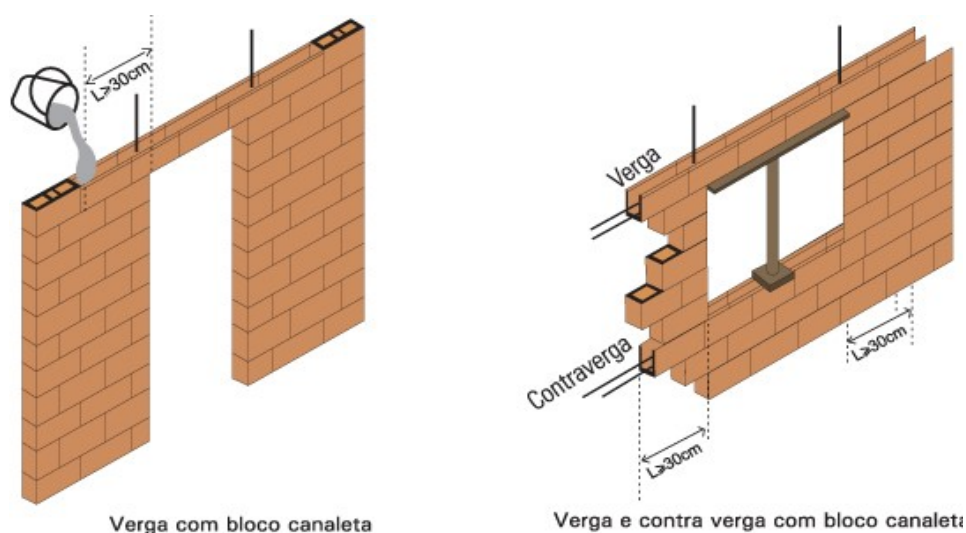


Figura 35: Vergas e contravergas.

Disponível em:

http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_e_strutural_detalhes_construtivos_12.html

A água na alvenaria acabada pode provocar movimentações higroscópicas, manifestação de eflorescências, expansão pela presença de sulfatos ou dissolução dos componentes da argamassa – podendo levar ao aparecimento fissuras, e por isso deve-se evitar a sua presença [1,8].

Uma boa impermeabilização da fundação, detalhes arquitetônicos que permitam que a água flua para o lugar certo, película impermeável na parede, cobertura estanque e medidas que evitem o empoçamento da água nas bases das paredes, são medidas que evitam essas patologias [1].

2.3.2 Em ligação alvenaria-estrutura

A deflexão de vigas e lajes é um dos problemas mais graves que ocorrem em paredes de vedação, e ela pode ser evitada ou ao menos reduzida se a montagem das paredes for retardada [1]. Para que as deflexões dos andares superiores não sejam transmitidas aos inferiores, as paredes devem ser montadas do topo para a base do prédio e se isto não for possível, efetua-se o encunhamento das paredes “a posteriori” (Figura 36A), ou efetua-se o fechamento do edifício em pavimentos alternados (Figura 36B) [1].

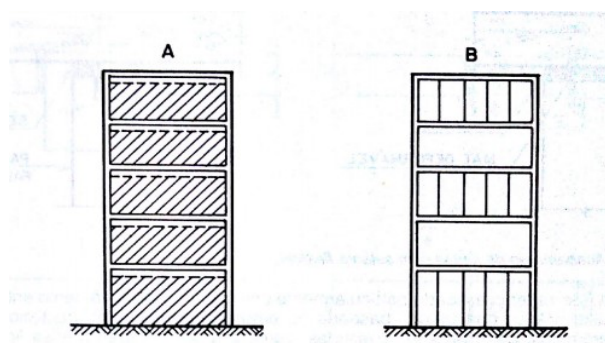


Figura 36: A) Paredes encunhadas a posteriori; B) Fechamento alternado das paredes.

Fonte: THOMAZ, 1989.

Para estruturas muito flexíveis e/ou paredes muito rígidas, recomenda-se à introdução de material deformável (poliuretano expandido, feltro betumado, etc.) na base da parede, ou no topo da parede [14], como mostrado na Figura 37. No caso de utilização destas juntas, o contraventamento lateral da parede poderá ser garantido pelas paredes transversais ou, em situações adversas, por ganchos de aço chumbados respectivamente na parede e no componente estrutural [1]. O acabamento da junta pode ser feito com moldura de gesso, ou com selante flexível à base de resina acrílica, poliuretano, silicone, etc. [1].

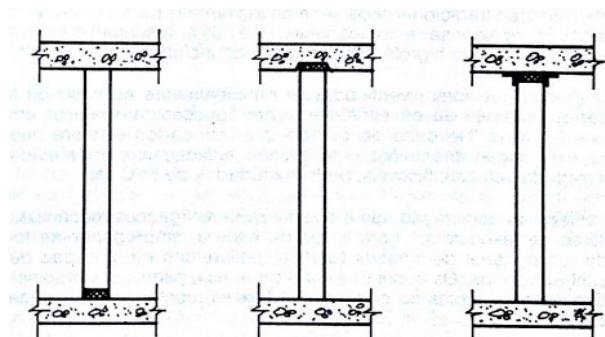


Figura 37: Junta de dessolidarização entre a parede e a estrutura.

Fonte: THOMAZ, 1989.

Outro problema encontrado nas ligações estrutura/alvenaria é o destacamento entre paredes e pilares. Para estruturas rígidas, com paredes não muito extensas e com componentes que

não apresentem retração na secagem ou movimentações higrotérmicas muito pronunciadas, pode-se evitar este destacamento chapiscando-se previamente o pilar e, algumas vezes, chumbando-os com alguns ferros de espera. Para os outros casos, deve-se empregar materiais mais flexíveis nas ligações, como por exemplo selantes flexíveis, perfis extrudados de PVC, etc. [1]. Quando a ligação for executada com ferros de espera, pode-se empregar um material deformável (cortiça, poliuretano, etc.) entre os elementos, para que este absorva as movimentações diferenciadas [1].

2.3.3 Em lajes

Para reduzir a diferença de temperatura entre a laje de cobertura ou mesmo lajes internas e as paredes, deve-se proporcionar ventilação adequada entre a cobertura e a laje, para que o ar possa circular, diminuindo o calor passado para laje [21]. Outros detalhes construtivos como telhas de coloração clara para reduzir absorção de calor e utilização de camadas de isolamento térmico nas lajes, principalmente na de cobertura, são medidas eficientes para evitar a fissuração [22].

Outras medidas para evitar fissuras devidas a movimentação das lajes: execução de juntas de dilatação nas lajes (devidamente calculadas para cada situação); utilização de aparelhos de apoio de borracha extrudada entre a laje e a parede, para que possa haver um livre deslocamento relativo entre esses elementos, como mostrado na Figura 38; e utilização de uma junta deslizante, de neoprene, papel betumado, placa de PVC, etc., na superfície em que a laje se apoia sobre a parede, para reduzir o coeficiente de atrito entre a laje e a parede [13].

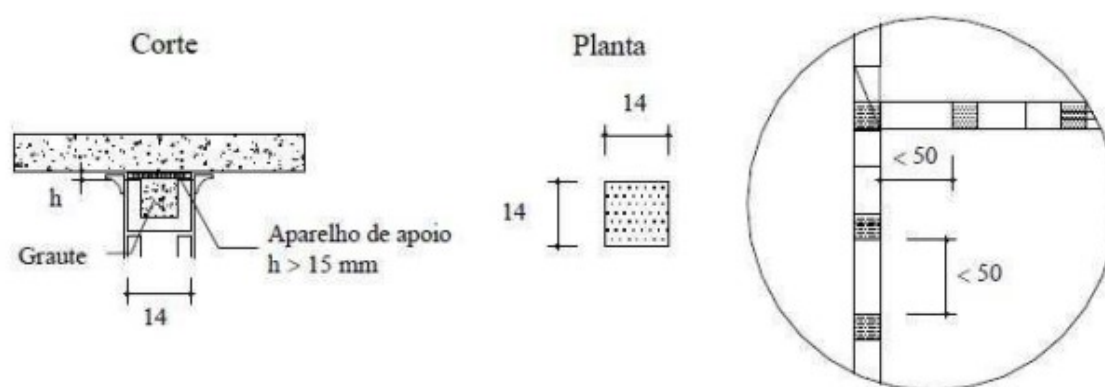


Figura 38: Aparelho de apoio.

Fonte: BASSO, 1997.

Fazer a dosagem de concreto corretamente, mantendo uma boa relação de areia, brita, água e cimento, é muito importante na prevenção das fissuras nas lajes, e deve-se ter cautela quanto a se fazer o processo de cura corretamente [18].

2.3.4 Em pisos

Existem alguns procedimentos que são eficientes para evitar a retração nos pisos de concreto, que são: uso de aditivos plastificantes; molhar as formas de concreto e também a superfície antes de iniciar a concretagem; não adicionar água no acabamento do piso de concreto; não demorar a iniciar o tratamento de cura; manter a cura por pelo menos sete dias e proteger o piso recém concretado contra as intempéries da natureza, tais como sol, chuva, vento, etc [28].

Já em pisos cerâmicos, os seguintes procedimentos ajudam na prevenção das fissuras: assentamento uniforme das peças; impermeabilização adequada; previsão de juntas de assentamento de espessura e material adequado, para absorver as movimentações e deformações – evitando assim o esforço das peças; juntas de movimentação em casos de pisos com áreas muito grandes; nivelamento correto do contrapiso e posicionamento correto das peças [19].

2.3.5 Na fundação

A melhor forma de evitar a fissuração que ocorre devido a recalques diferenciais é fazer um estudo prévio do solo que irá receber a edificação, com análises e sondagens, e, se necessário, a adequação do mesmo às tensões e deformações as quais ele será submetido [1].

Deve-se utilizar o tipo de fundação adequada ao solo e a edificação, e fazer o projeto cuidadosamente, mas é importante não projetar a fundação levando somente em consideração as cargas e o tipo de uso da edificação, mas também considerando-se a rigidez da superestrutura e dos demais componentes do edifício, tais como: intertravamento entre componentes isolados da fundação; possibilidade de flutuação do nível do lençol freático; adensamento dos aterros; falta de homogeneidade do solo; cargas muito diferenciadas; atrito lateral que poderá ser mobilizado; interferência das fundações com os edifícios vizinhos e a possibilidade de recalques profundos (sapatas muito próximas ou estacas muito densas resultam em bulbos de pressão muito mais profundos, se comparados com a ação de cada componente isolado) [14].

Uma boa impermeabilização da fundação também ajuda a evitar a ascensão capilar da água vinda do solo, que gera umidade nos pisos e até mesmo na parede e pode causar doenças respiratórias, eflorescências, descolamento do revestimento da parede, e muitos outros problemas [20].

2.4 TÉCNICAS USUAIS DE REPARO DE ELEMENTOS FISSURADOS

O tratamento de fissuras se diferencia de acordo com a sua causa e classificação (se é ativa ou passiva), e da necessidade ou não da execução de procedimentos de reforço ou recuperação.

Porém, algumas dificuldades enfrentadas na hora de classificá-las são que uma mesma causa pode provocar diferentes configurações de fissuras e uma determinada configuração pode

ser uma característica de diferentes causas ou até mesmo uma fissura pode ser originária de um somatório de causas diferentes [1].

O ideal seria tratar a causa e só depois a fissura em si, mas muitas vezes esses procedimentos são onerosos e até inviáveis, por exemplo, em obras pequenas. Por isso, em geral, são aplicados procedimentos de reparação das fissuras, onde as mesmas são limpas e preenchidas, a fim de que haja a proteção da estrutura.

Ao ser reparada, a fissura pode ser liberada ou travada, de acordo com o método de tratamento, que tenha as características de elasticidade ou de rigidez suficiente para manter a fissura ativa por meio de materiais que a liberem, com o uso de materiais flexíveis, ou a travem, através do uso de materiais rígidos, enrijecendo o local do tratamento [1].

A Figura 39 mostra exemplos de opções de reparo em casos onde não serão efetuados procedimentos de reforço ou recuperação da estrutura.

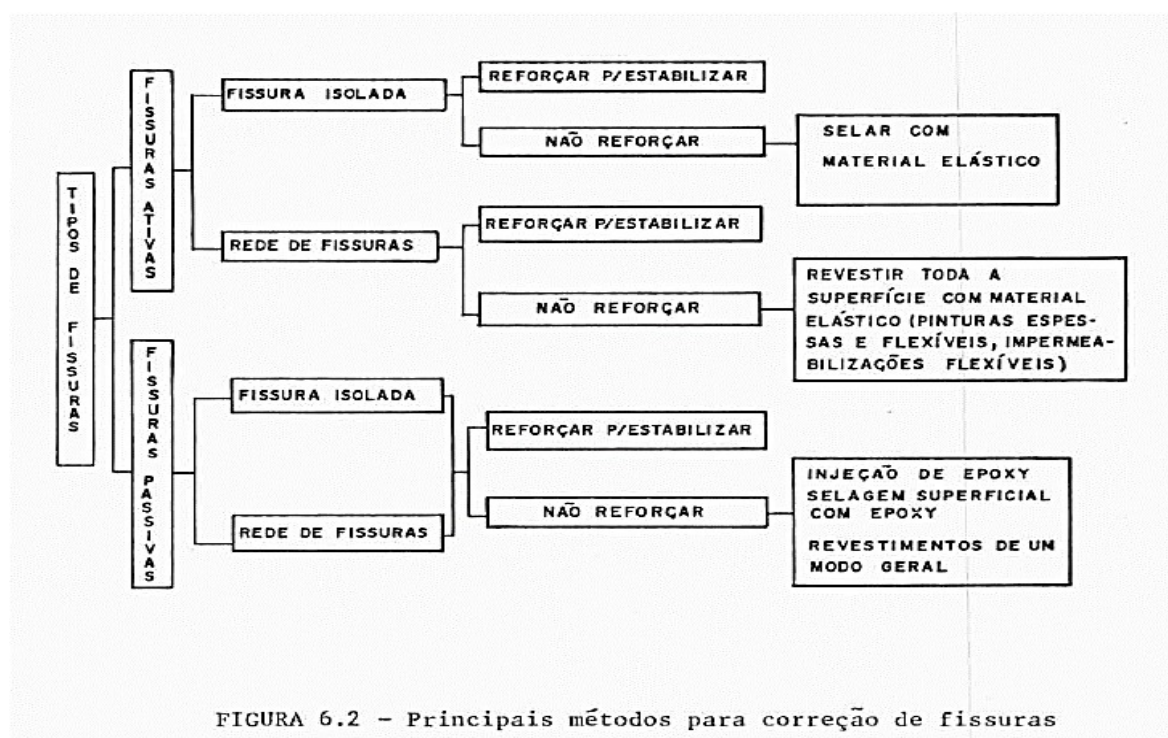


Figura 39: Métodos de reparação.

Fonte: DAL MOLIN, 1988.

2.4.1 Preparo e limpeza do substrato

O procedimento de reparação da fissura começa na limpeza e preparação da base (ou substrato) [11], que é a superfície onde será realizado o reparo. Existem diferentes tipos de métodos para a limpeza, que variam de acordo com o estado do elemento, limitações dos materiais, localização, tamanho e outras peculiaridades da fissura [32].

Os principais métodos de limpeza de superfícies são:

- Apicoamentos: através da remoção da parte mais externa do concreto, tem a função de aumentar da rugosidade/asperidade da superfície do elemento com o objetivo de aumentar a aderência durante a aplicação do material de reparo [33]. São utilizados equipamentos com placas com pontas de material duro e resistente, que escarificam a superfície do elemento provocando fraturas na argamassa e no agregado [32]. Pode ser manual (Figura 40), para superfícies de difícil acesso ou mecânico (Figura 41), para grandes áreas [11].



Figura 40: Técnica de apicoamento manual.

Disponível em: [http : //sercpintonline.blogspot.com.br/2011/03/dicas – de – como – recuperar – estruturas – de.html](http://sercpintonline.blogspot.com.br/2011/03/dicas-de-como-recuperar-estruturas-de.html)



Figura 41: Técnica de apicoamento mecânico.

Disponível em: [http : //constatengenharia.com.br/portfolio/recuperacao – estrutural/pilares – vigas – lajes](http://constatengenharia.com.br/portfolio/recuperacao-estrutural/pilares-vigas-lajes)

- Jateamentos: utilizados para limpeza e remoção de poeiras e resíduos: os jatos de água (Figura 42) são recomendados para grandes áreas, para limpeza e remoção de materiais aderentes, e quando utiliza-se água quente, tem-se grande eficiência na limpeza de gorduras, graxas e óleos; os jatos de areia são indicados para limpeza de pinturas e materiais de forte

aderência em superfícies de concreto e aço; os jatos de ar para remoção de pós ou detritos provenientes de outras preparações de superfície [32] e os jatos de vapor, indicado para casos onde há contaminação por impurezas orgânicas e minerais [11].



Figura 42: Limpeza com jato de água.

Disponível em: <https://prediotec.wordpress.com>

- Escovação manual: para limpeza de pequenas superfícies e também remoção de produtos da corrosão do aço que ficam presos nas barras [11].
- Métodos abrasivos: são utilizados discos de polimento, maquina ou para retirar a argamassa superficial e agregados finos, com o objetivo de produzir uma superfície plana e ligeiramente áspera [32].
- Lavagens com soluções ácidas ou alcalinas: para limpeza superficial em grandes áreas, sendo feita com soluções ácidas para remoção de impurezas, carbonatos, ferrugens, tintas e graxas ou soluções alcalinas para remoção de resíduos ácidos impregnados [32].

Após a limpeza, deve-se garantir que o substrato esteja firme e coeso, uniforme e sem irregularidades, livre de umidade, sujeira, eflorescências, partículas soltas, óleos, gorduras e graxas, e sem a presença de micro-organismos biológicos como mofo, fungos, algas, etc. [24] para uma boa aderência dos materiais de reparação.

É importante prestar atenção em quaisquer pontos de infiltração de água ou umidade, que devem ser eliminados. Também, em superfícies com elevada porosidade (absorção de água maior que 15%) recomenda-se a aplicação de selantes à base de dispersão aquosa de resina acrílica [24]. Nos casos de baixa resistência mecânica, onde a base pode estar fraca e pulverulenta, orienta-se a aplicação de um fundo preparador de superfícies à base de dispersão aquosa e resina acrílica [24].

2.4.2 Materiais utilizados nas técnicas de tratamento de fissuras

Existem diversos materiais que são utilizados em reparos e frequentemente novos materiais são desenvolvidos e lançados no mercado [36]. Neste item serão citados os materiais mais comumente utilizados.

- **Concreto convencional:** É utilizado em casos que requerem a substituição de um concreto defeituoso ou deteriorado por um outro de boa qualidade e que tenha características compatíveis com o concreto existente na estrutura [8]. Indicado para grandes áreas.

- **Concreto projetado:** É um concreto que é projetado em alta velocidade, através de uma mangueira (Figura 43), onde a força do jato de concreto, ao tocar a superfície que está sendo trabalhada, comprime o material, mantendo-o auto-aderido [8]. Tem uma boa aderência, compacidade e impermeabilidade, e dispensa o uso de formas [36]. Indicado para grandes áreas, onde o não uso de formas seja desejável.



Figura 43: Execução do concreto projetável.

Disponível em:

<https://www.ntcbrasil.com.br/blog/entendendo-o-concreto-projetado/>

- **Concreto com adição de fibra:** normalmente elaborado com fibras de vidro, nylon, polipropileno ou aço, dependendo das especificações de projeto. Aumenta a resistência à abrasão e ao desgaste superficial e melhora a resistência à tração do concreto [42];

- **Graute:** É bastante utilizado quando se precisa desformar rapidamente o local reparado para utilização da estrutura [8]. O graute é uma argamassa cujas principais características são fluidez elevada, baixa permeabilidade, ausência de retração e boa resistência [8]. É utilizado como base na correção das fissuras.

- **Argamassas:** Utilizada em pequenas áreas, e em profundidades de até 5,0 cm. Normalmente é empregada nos casos em que o concreto de cobrimento das armaduras está afetado, sendo necessário que o interior do elemento estrutural não apresente irregularidades [40]. Existem diferentes tipos de argamassas que são utilizadas:

- o **Argamassa convencional de cimento e areia:** utilizada para preencher a cavidade originada pela deterioração ou desgaste de elementos estruturais [8];

o Argamassa farofa: possui baixa relação de água/cimento e é utilizada para preencher cavidades existentes em elementos estruturais de concreto danificados [8];

o Argamassas com polímeros: a adição de polímeros permite a redução da quantidade da água na mistura, reduzindo a permeabilidade e aumentando o grau de aderência [8]. É comercializada em estado pastoso, pronta para uso (sem necessidade de adição de água);

o Argamassas epoxídicas: possuem alta resistência mecânica e química, e por isso são recomendadas para locais expostos a agentes agressivos e além de possuir alta aderência, possui secagem rápida [8];

o Argamassa projetada com aditivo acelerador: com aplicação semelhante ao do concreto projetado, é indicada para grandes áreas [8]. A diferença da argamassa projetada quando ao concreto projetado é que na argamassa a dimensão máxima característica do agregado é inferior a 9,5 mm, enquanto no concreto é superior [41].

- Selante acrílico (Figura 44): É uma resina à base de dispersão aquosa de copolímero acrílico, possui ótima aderência, é de fácil aplicação, apresenta boa elasticidade e capacidade de preenchimento [24].



Figura 44: Selante acrílico.

Disponível em:

<http://bra.sika.com/pt/solucoes-produtos/novos-produtos/sikacryl-203.html>

- Tinta 100% acrílica: É uma resina 100% acrílica com base em emulsão aquosa. A tinta apresenta repelência à água e inclui um aditivo que proporciona maior resistência à formação de fungos e algas [37]. O material acompanha as movimentações das fissuras até 0,2 mm, de modo que suporta dilatações e contrações sem sofrer deformações ou rompimento em sua película e é indicado para pinturas em áreas externas [24].

- Fundo preparador para paredes base água: É uma resina à base de dispersão aquosa de copolímero acrílico e aditivos especiais [24]. Esse material é indicado para casos onde o substrato apresenta superfícies pulverulentas ou fracas – ele tem a função de uniformizar, selar e aumentar a coesão destas superfícies [24].

- Impermeabilizante acrílico: É um selante impermeabilizador a base de água, tem boa elasticidade e aderência. É indicado para impermeabilização de juntas e preenchimento de

pequenas trincas [38].

- **Tela de poliéster:** É uma tela flexível confeccionada em poliéster (Figura 45). É indicada para sanar e prevenir a fissuração (fissuras estabilizadas e não estruturais), através da absorção da movimentação da fissura [39].

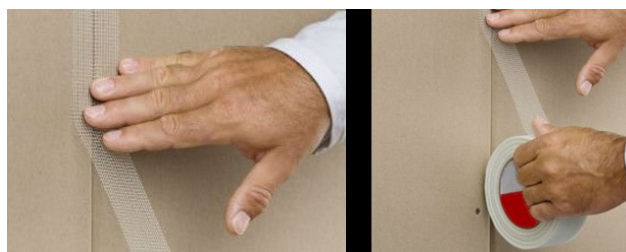


Figura 45: Tela de poliéster.

Disponível em: [http : //www.estrutex.com.br/construcao_civil_e_pt_rincas.html](http://www.estrutex.com.br/construcao_civil_e_pt_rincas.html)

- **Massa acrílica:** Geralmente utilizada em conjunto com a Tela de Poliéster, é utilizada para nivelar a parede e auxiliar no preenchimento e vedação das trincas [24].

- **Selante acrílico reforçado com fibra de vidro:** É um selante a base de resinas acrílicas elásticas e flexíveis, reforçado com fibras de vidro. Indicado para selamento de fissuras e juntas não estruturais [24].

- **Adesivos:** Possuem elevada resistência mecânica e boa resistência ao intemperismo e são utilizados para colar materiais a elementos estruturais já existentes; podem ser à base de epóxi, PVA e acrílico [8]

- **Materiais para injeção:**

- o **Nata de cimento:** mistura de água e cimento, feita com o cimento comum, com tamanhos de grão até 100 micrômetros [43].

- o **Resinas:** permitem restabelecer a monoliticidade de elementos de concreto fissurados. Diversos tipos resinas são utilizadas nas técnicas de injeção, como as poliuretânicas, acrílicas (Figura 46), as poliéster e as epoxídicas (Figura 47) [8], e seu uso é determinado pela necessidade de um material resistente ou elástico.



Figura 46: Resina acrílica para injeção.

Disponível em: [http : //www.denverimper.com.br/produtos/injecao – de – fissuras](http://www.denverimper.com.br/produtos/injecao-de-fissuras)



Figura 47: Resina epóxi para injeção.

Disponível em: [http : //www.viapol.com.br/produtos/recuperacao – e – reforco/sistema – de – injecao/viapoxi – injecao/](http://www.viapol.com.br/produtos/recuperacao-e-reforco/sistema-de-injecao/viapoxi-injecao/)

2.4.3 Técnicas de reparação

2.4.3.1 Restauração com pintura acrílica

Nos casos em que as fissuras sejam pequenas e não apresentem movimentação considerável, sua recuperação pode ser feita através da abertura de um sulco em forma de V utilizando-se o abre trincas (Figura 48), de 10 mm de largura e 10 mm de profundidade ao redor da trinca, efetuando-se a limpeza, aplicando-se uma demão de fundo preparador de paredes, depois um selante flexível como poliuretano, silicone, etc., (24 h entre as demãos) e por fim a tinta acrílica [24], como mostrado no esquema da Figura 49.



Figura 48: Abre trincas: ferramenta utilizada para abertura dos sulcos.

Disponível em: <http://silverata.com.br/organizacoes/site/controle/produtos/4>

SRF	Materiais Empregados	Representação Esquemática
B	④ Tinta 100% Acrílica (5 a 6 demãos) ③ Selante Acrílico (2 demãos) ② Fundo Preparador de Paredes ① Abertura em "V" (1x1 cm)	

Figura 49: Recuperação de fissuras utilizando-se selante acrílico.

Fonte: SAHADE, 2013.

2.4.3.2 Tela de poliéster e massa acrílica

Este sistema de reparação possui grande capacidade de absorção de deformações provocadas por tensões de tração e cisalhamento [45]. A reparação é executada da seguinte forma: abertura de um sulco em V, limpeza, aplicar duas demãos de selante acrílico, duas demãos de impermeabilizante acrílico adicionando-se a tela de poliéster logo após a aplicação da segunda demão, outra demão de massa acrílica e por fim duas demãos de tinta acrílica, como mostrado na Figura 50 [24].



Figura 50: (1) abertura do sulco sobre a fissura com disco de corte; (2) remoção do acabamento da parede; (3) aplicação do selante acrílico; (4) 2ª demão de impermeabilizante acrílico estruturado com tela de poliéster.

Fonte: SAHADE, 2013.

2.4.3.3 Injeção de fissuras

A técnica de injeção assegura que o espaço a ser preenchido fique perfeitamente vedado, não havendo a possibilidade de entrar algum tipo de impureza que possa entrar em contato com a armadura e assim causar um dano maior a estrutura. As fissuras com aberturas maiores que 0,1 mm, devem ser injetadas sob-baixa pressão (menor ou igual a 0,1 MPa) e quando as aberturas são superiores a 0,3 mm o preenchimento é feito por gravidade (não sendo a fissura muito profunda) [8].

Em fissuras passivas normalmente são utilizados materiais considerados rígidos, como epóxi (utilizados em fissuras secas) ou grouts, e nas ativas, mesmo não sendo usual o tratamento por injeção nesses casos, utiliza-se materiais mais flexíveis como resinas acrílicas ou poliuretânicas (pode ser usada em ambientes secos, úmidos ou molhados) [8].

O procedimento de injeção deve seguir os seguintes passos: abertura de furos ao longo da fissura, com 10 mm de diâmetro e 30 mm de profundidade, com espaçamento entre 50 mm e 300 mm, em função da abertura da fissura (máximo de 1,5 vezes a profundidade da fissura); limpeza da fissura e dos furos, com ar comprimido, por aplicação de jatos, seguida de aspiração, para remoção das partículas soltas; fixação de tubinhos plásticos nos furos, através dos quais será injetado o produto, com diâmetro um ponto inferior ao da furação; selagem com material epoxídico para arrematar a injeção, protegendo a resina (Figura 51); testar a intercomunicação entre os furos e a efetividade da selagem através de jatos de ar comprimido (caso não esteja funcionando, adicionar novos tubos); iniciar a injeção, tubo a tubo, sempre com pressão crescente, escolhendo-se normalmente como primeiros os pontos mais baixos, prosseguindo-se a injeção

até o material sair pelo tubo imediatamente a seguir do qual se está injetando; os tubos de plástico devem ser conservados de meio dia a um dia após o término da injeção - deve-se removê-los e então regularizar os locais onde estavam fixados com a própria cola de injeção [8].

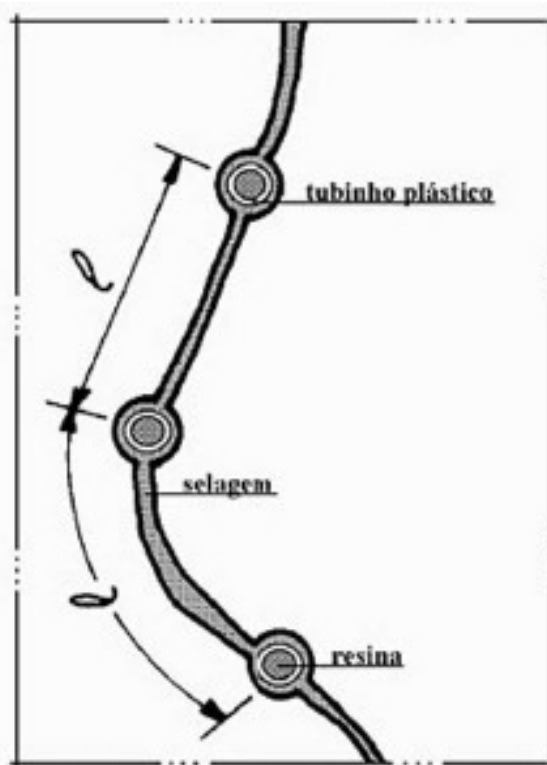


Figura 51: Preparação da fissura para o procedimento de injeção.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

2.4.3.4 Selagem de fissuras

A selagem de fissuras consiste em vedá-las com material aderente e resistente, não retrátil e elástico, de forma que se adeque as deformações da fissura [8]. O método de selagem varia de acordo com a abertura das fissuras, e são os seguintes: a) para aberturas menores que 10 mm, recomenda-se a vedação com cola epoxídica bicomponente [8]; b) para aberturas entre 10 mm e 30 mm, procede-se com a abertura do sulco em V, com 10 mm de diâmetro e 30 mm de profundidade, limpa-se o sulco, enche-se a fissura primeiramente com grout e depois sela-se a mesma com produto à base de epóxi, como na Figura 52 [8] e c) para aberturas maiores que 30 mm, realiza-se a abertura do sulco com as mesmas especificações anteriores, limpeza, inserção de um cordão poliestireno extrudado ou mangueira plástica (que terá a função de apoiar e isolar o selante quanto ao fundo da fissura – Figura 53) no fundo da fissura, e por fim a preenchendo-se com mastique sobre este cordão e executando-se a polimerização lateral. O cordão de poliestireno e o mastique também podem ser substituídos por juntas de neoprene [8].

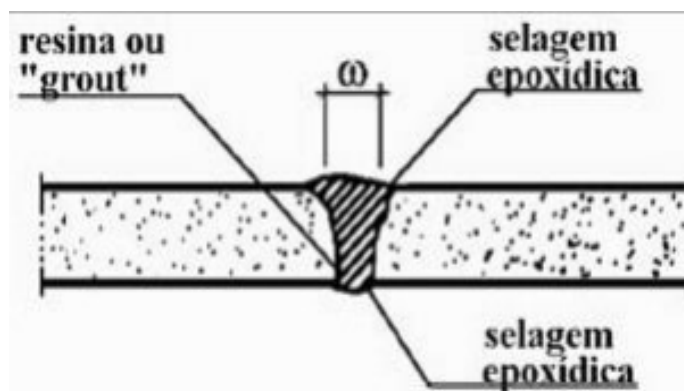


Figura 52: Selagem de fissuras com aberturas entre 10 e 30 mm.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

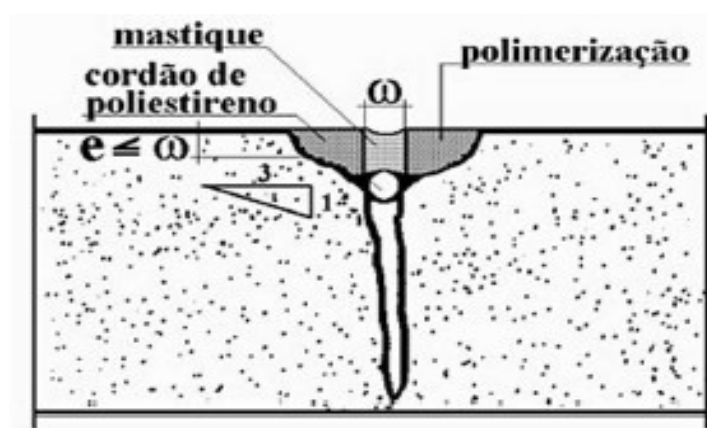


Figura 53: Selagem de fissuras utilizando-se mastique (resina vedativa).

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

2.4.3.5 Grampeamento de fissuras

Este tipo de tratamento é utilizado como uma armadura adicional, para resistir aos esforços de tração que causaram a fissuração [8]. É utilizado em casos em que há fissuras ativas, cujo desenvolvimento acontece segundo linhas isoladas e deficiências localizadas de capacidade resistente [8].

Esta técnica é de discutível aplicação, pois aumenta a rigidez da peça, e se o esforço gerador da fissura continuar, uma nova fissura aparecerá em região adjacente à anterior. Para que estes efeitos tenham sua proporção diminuída, deve-se tomar o cuidado de dispor os grampos de forma a não provocar esforços em linha, colocando-os com inclinações diferentes [8] (Figura 54).

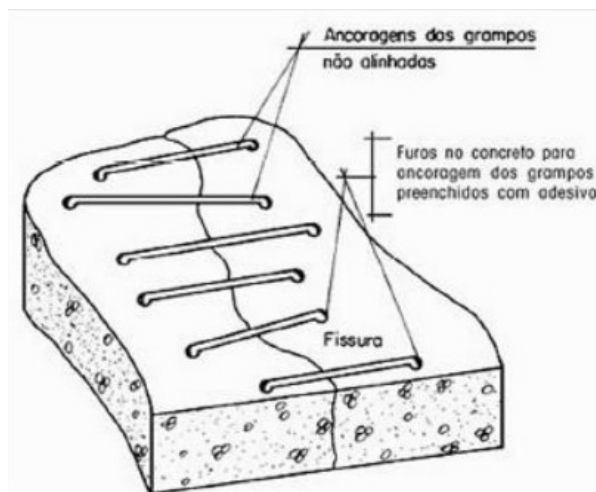


Figura 54: Disposição dos grampos na técnica de grampeamento.

Fonte: SOUZA E RIPPER, 1998.

2.4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A manifestação de fissuras pode acontecer em diversas partes da edificação, seja nos elementos estruturais, seja na alvenaria. As causas são variadas, mas estão associadas a erros de projeto, especificação e uso de materiais inadequados, falhas construtivas e de uso.

Para correta intervenção, a fim de solucionar o problema, é necessário identificar qual a origem da fissura e como ela se manifesta, determinando se seu estado é ativo ou passivo. Para tanto, observa-se a configuração geométrica, localização e demais informações para caracterizar a fissura.

Neste contexto, este trabalho objetiva-se a estudar casos de manifestações de fissuras em edificações residenciais, levando as causas e indicando procedimentos de reparo quando possível. No capítulo seguinte, são apresentados os casos em estudo.

3 ESTUDO DE CASOS

Este capítulo trata-se de um levantamento de exemplos de fissuras observadas em oito diferentes edificações. Cada fissuração foi analisada através de inspeção visual e coleta de dados, com o objetivo de determinar suas possíveis causas e, quando praticável, soluções adequadas para sua reparação ou recuperação.

Para a coleta de dados, além da inspeção visual, foram feitas entrevistas com os proprietários, utilizando-se um formulário (Apêndice A) para auxílio na coleta de informações pertinentes à pesquisa.

Para-se determinar as dimensões das fissuras foi utilizado o fissurômetro (instrumento de medição), que foi confeccionado no software de desenho AutoCad.

Nas fotografias optou-se, em alguns casos, por realçar as fissuras utilizando-se o programa de edição de imagens Photoshop, objetivando-se uma melhor visualização das mesmas. Ao lado das fotos editadas, tem-se as fotos originais.

Conforme observado em cada caso estudado, indicou-se as técnicas e materiais adequados ao reparo das fissuras. Cabe ressaltar que não se levou em consideração para a apontamento da técnica, aspectos econômicos por não fazer parte dos objetivos do presente trabalho.

3.1 EDIFÍCIO 1

Edifício residencial com três pavimentos; construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Situado na cidade de Caratinga/MG. Idade da edificação: aproximadamente 35 anos, com ampliação da cozinha feita há 10 anos. Não possui projeto.

3.1.1 Fissurações observadas

Nesta edificação foram encontradas duas fissurações distintas e independentes. As Figuras 55, 56 e 57, mostram a primeira manifestação, denomina Fissura A, para facilitar identificação. As Figuras 58 e 59 apresentam o segundo caso de fissuração, Fissura B, analisado.

Através da vista geral do local de incidência da fissura tem-se a caracterização geométrica da Fissura A (Figura 55). Trata-se de uma fissura vertical, localizada na ligação pilar/ parede, na região acrescida posteriormente ao projeto inicial, no primeiro pavimento.



Figura 55: Vista geral da parte externa da parede onde se encontra a fissura.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

Nota-se que a fissura atravessa a espessura da parede completamente, chegando a fissurar a cerâmica na parte interna (Figura 56).



Figura 56: Vista da parte interna da parede onde se encontra a fissura, realçada com editor de imagens.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

Mediante o posicionamento do fissurômetro (Figura 57), pode-se medir a amplitude da

abertura da Fissura A, constatando-se aberturas, na parte superior de 2 mm e na parte inferior de 0,6 mm.



Figura 57: Vista aproximada da parede onde se encontra a fissura, nos fundos da edificação.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

Na mesma edificação, ainda na parte ampliada no pavimento térreo, encontrou-se outra manifestação de fissura, contudo esta, denominada Fissura B, dispõe-se predominantemente de modo horizontal na parte inferior da parede (Figura 58). A Fissura B é acompanhada de manchas de bolor.



Figura 58: Parede exterior nos fundos da edificação.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A amplitude da abertura da Fissura B, aferida com o fissurômetro, é de 0,4 mm, como mostra a Figura 59.



Figura 59: Vista aproximada da fissura B.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.1.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

A Fissura A apresenta configuração semelhante daquelas causadas por movimentação diferencial entre dois elementos: o destacamento entre alvenaria e pilar, como pode ser vista na Figura 60.

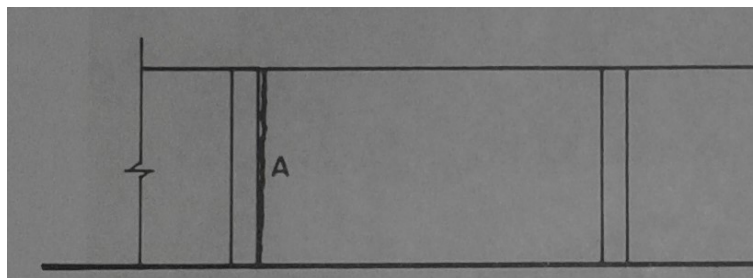


Figura 60: Trinca em muros – destacamento entre alvenaria e pilar.

Fonte: adaptado de THOMAZ, 1989.

É uma fissura comum em muros extensos sujeitos a movimentações devido à variação de temperatura [1], o que pode não ser exatamente o caso da Fissura A. A movimentação pode ser de origem térmica, mas também de origem higroscópica ou ambas, pois o local é visivelmente úmido do lado externo e internamente tem-se a cozinha.

O que é fácil de se perceber é que de fato, houve movimentação diferencial entre a alvenaria e o pilar. O fato do local da manifestação da Fissura A ser a parte ampliada, reforça a ideia de haver falha construtiva na amarração entre a parede e o pilar, o que potencializa o surgimento de fissuras.

No segundo caso, a Fissura B, tem-se uma fissura com configuração clássica de movimentação higroscópica (Figura 61). Próximo a fissura é possível observar manchas correspondentes à infiltração, que afetou esta parede.

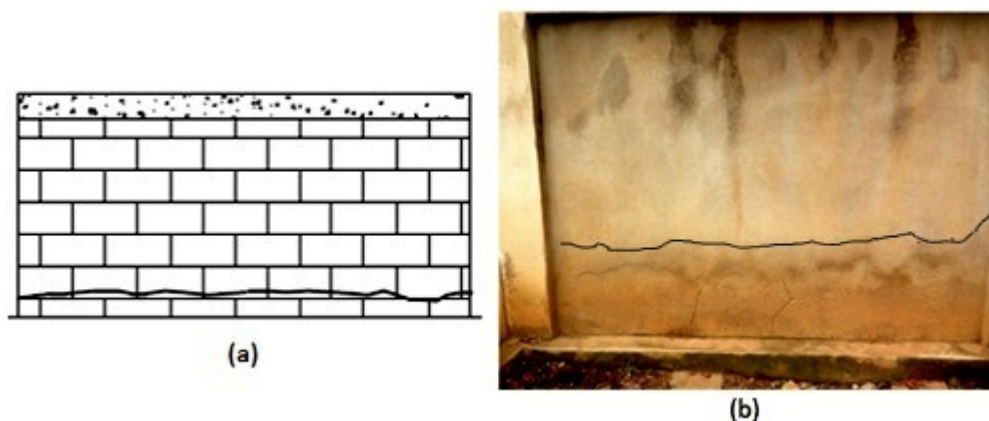


Figura 61: Configuração típica de fissura gerada por movimentação higroscópica (a) versus fissura estudada (realçada com editor de imagens) (b).

Fonte: adaptado de THOMAZ, 1989 e acervo das autoras, respectivamente.

Resumidamente, tem-se: Fissura A – movimentação diferencial entre as partes adjacentes e Fissura B – movimentação higroscópica.

As técnicas indicadas para reparo são:

- Fissura A – Recomenda-se a execução da técnica de Injeção de Fissuras, com poliuretano.
- Fissura B – Recomenda-se a limpeza com métodos abrasivos (disco de corte ou espátula) para remoção completa da área afetada pela infiltração, até que se chegue a uma parte firme, e depois efetue-se a execução da técnica de Restauração com Pintura Acrílica, utilizando-se um selante à base de dispersão aquosa de resina acrílica.

3.2 EDIFÍCIO 2

Edifício residencial com um pavimento; construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Situado na cidade de Caratinga/MG. Idade da edificação: aproximadamente 50 anos. Não possui projeto.

3.2.1 Fissurações observadas

Nesta edificação foram analisados três quadros de fissuração. A primeira ocorrência, denominada Fissura C, na parte inferior de parede externa (Figuras 62 e 63); a segunda, Fissura D, no canto inferior de uma janela (Figuras 64) e a Fissura E, a terceira ocorrência, no piso em área externa (Figura 65).



Figura 62: Parede localizada nos fundos da edificação.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

Pode-se verificar uma fissura horizontal na alvenaria, localizada na parte inferior da parede, no pavimento térreo, com abertura de 0,4mm (Figura 63).



Figura 63: Vista aproximada da Fissura C.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

No canto inferior da janela (Figura 64 à esquerda) é possível identificar uma fissura inclinada, com abertura de 0,2 mm, medida com auxílio do fissurômetro (Figura 64 à direita).



Figura 64: Parede lateral da residência.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A terceira ocorrência de fissuração, sob o nome genérico de Fissura E, se manifesta no piso do quintal, no térreo (Figura 65). Para este caso não foi feita medição pois há grande variação de abertura entre as fissuras.



Figura 65: Piso da área externa da residência.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.2.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

A Fissura C apresenta a mesma configuração das fissuras provocadas por movimentações higroscópicas, assim como há manchas de umidade na pintura da parede que corroboram a hipótese.

É possível perceber que a Fissura D surgiu do alívio das tensões concentradas sob o vão inferior da janela. Essa é uma fissura que tem sua origem em defeitos executivos. No caso em questão, a ausência da contraverga.

Por se tratar de uma edificação com aproximadamente 50 anos, e sendo piso de área externa executado diretamente sobre o solo, a Fissura E é decorrente do desgaste e deterioração ao longo da vida útil.

As técnicas indicadas para reparo são:

- Fissura C: Recomenda-se a limpeza com métodos abrasivos (disco de corte ou espátula) para remoção completa da área afetada pela infiltração, até que se chegue a uma parte firme, e depois efetue-se a execução da técnica de Restauração com Pintura Acrílica, utilizando-se um selante à base de dispersão aquosa de resina acrílica.
- Fissura D: Recomenda-se o Sistema de Reparação com Tela de Poliéster juntamente com Massa acrílica, pois é um método ideal para absorver as tensões de cisalhamento.
- Fissura E: Em virtude do porte e uso da edificação, a opção mais prática seria a

demolição e reconstrução do piso. Mas outra opção seria o abrimento em V das fissuras com métodos abrasivos (maquita ou disco de corte), e selagem com material epoxídico.

3.3 EDIFÍCIO 3

Edifício misto com três pavimentos, sendo o primeiro pavimento comercial e os outros dois residenciais. Situado na cidade de Ubaporanga/MG. Construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Idade da edificação: os dois primeiros pavimentos têm 50 anos, e o terceiro pavimento, 8 anos. Não possui projeto.

3.3.1 Fissurações observadas

Nesta edificação analisou-se somente um quadro de fissuração, identificado como Fissura F. Trata-se de uma fissura horizontal localizada na parte inferior de uma viga, que está na caixa de escadas que vai do segundo para o terceiro pavimento (Figura 66 e 67).



Figura 66: Vista da caixa de escadas.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 67: Viga localizada na parte superior do corredor da caixa de escadas.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

Com o uso do fissurômetro mediu-se 0,7 mm de abertura da Fissura F, em seu trecho de maior abertura, como pode ser visto na Figura 68.



Figura 68: Medição da espessura da fissura localizada na viga.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.3.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

Aponta-se como causa para a ocorrência da Fissura F o desenvolvimento de sobrecarga. Foi construído um pavimento acima dessa viga, que não foi projetada com a finalidade de absorver estes esforços, e então, acabou recebendo cargas não previstas.

Além do acréscimo, a possível falta de compatibilidade entre os pavimentos mais antigos e o terceiro que foi acrescentado posteriormente também pode ser motivo para o desenvolvimento de sobrecargas.

Mesmo se tratando de sobrecargas, o que a princípio daria indícios de fissuração ativa, a Fissura F se mostra de comportamento passivo, pois não se observa variação de tamanho e abertura a mais de um ano, conforme os proprietários. O que de fato pode ocorrer se a sobrecarga que originou a fissura foi decorrente da redistribuição de carregamento na ocasião da ampliação realizada.

Partindo do pressuposto que a Fissura F esteja em estado passivo, recomenda-se o Sistema de Reparação com Tela de Poliéster juntamente com Massa acrílica.

3.4 EDIFÍCIO 4

Edifício com três pavimentos, sendo o primeiro e segundo pavimento de uso comercial e o terceiro de uso residencial. Situado na cidade de Vermelho Novo. Construção em concreto armado e alvenaria. Idade da edificação: 7 anos. Possui projeto completo e sondagem do terreno.

3.4.1 Fissurações observadas

Nesta edificação foram encontradas quatro fissurações em diferentes locais, identificadas por: Fissura G (Figuras 69 e 70), Fissura H (Figura 71 e 72), Fissura I (Figuras 73, 74, 75 e 76) e Fissura J (Figuras 77 e 78). A Fissura G desenvolveu-se no canto superior da parede de modo inclinado, como pode ser visto na Figura 69. E a Figura 70 mostra a medição da abertura da Fissura G com o uso do fissurômetro. A abertura medida é de 0,1 mm.



Figura 69: Vista da parte interna da parede do quarto, com fissura realçada com editor de imagens.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

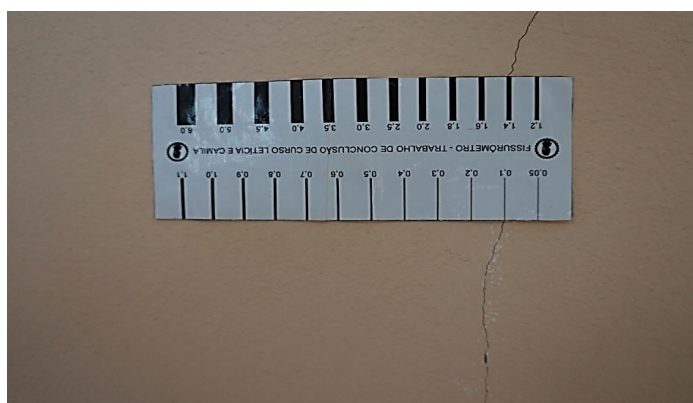


Figura 70: Vista aproximada da Fissura G.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

No canto superior da janela, no terceiro pavimento, identificou-se uma fissura, Fissura H, que se inicia inclinada e posteriormente se propaga na horizontal (Figura 71). A medida da abertura desta fissura é de 0,05 mm, como pode ser visto na Figura 72.

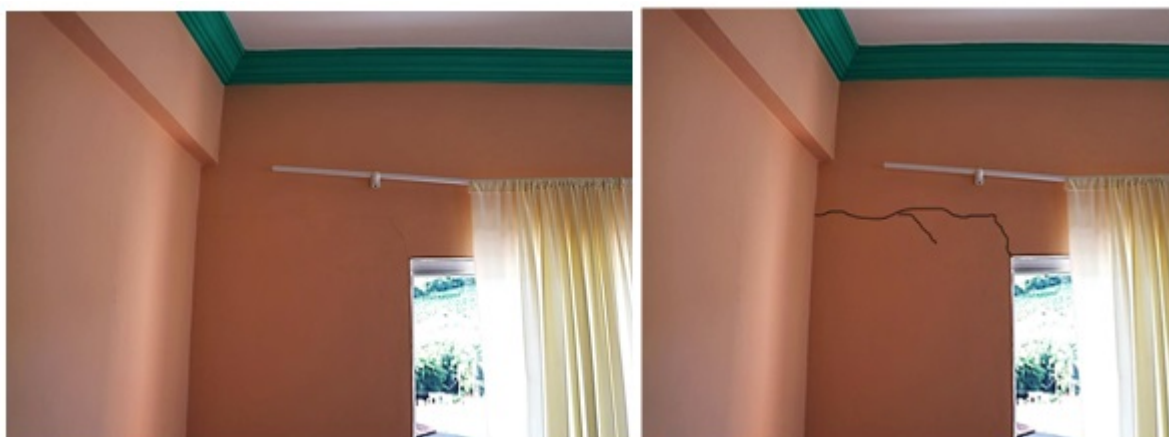


Figura 71: Vista da parte interna da parede do quarto, realçada com editor de imagens.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 72: Vista aproximada da Fissura H.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A terceira fissuração observada nesse edifício ocorre no canto inferior da mesma janela onde se desenvolveu a Fissura H. A Fissura I desenvolveu-se parte interna da parede, começando horizontalmente sob o vão inferior da janela e seguiu inclinada em direção ao chão (Figura 73). Quarto situa-se no terceiro pavimento.

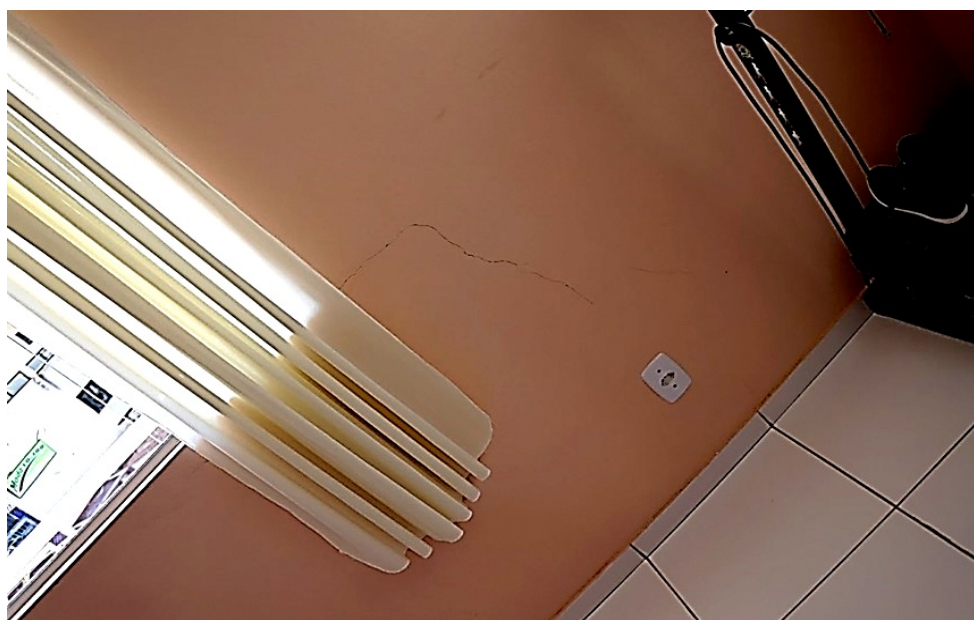


Figura 73: Vista da parte interna da parede do quarto.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A Fissura I apresenta abertura de 0,3 mm, conforme medido com fissurômetro e apresentado na Figura 74.

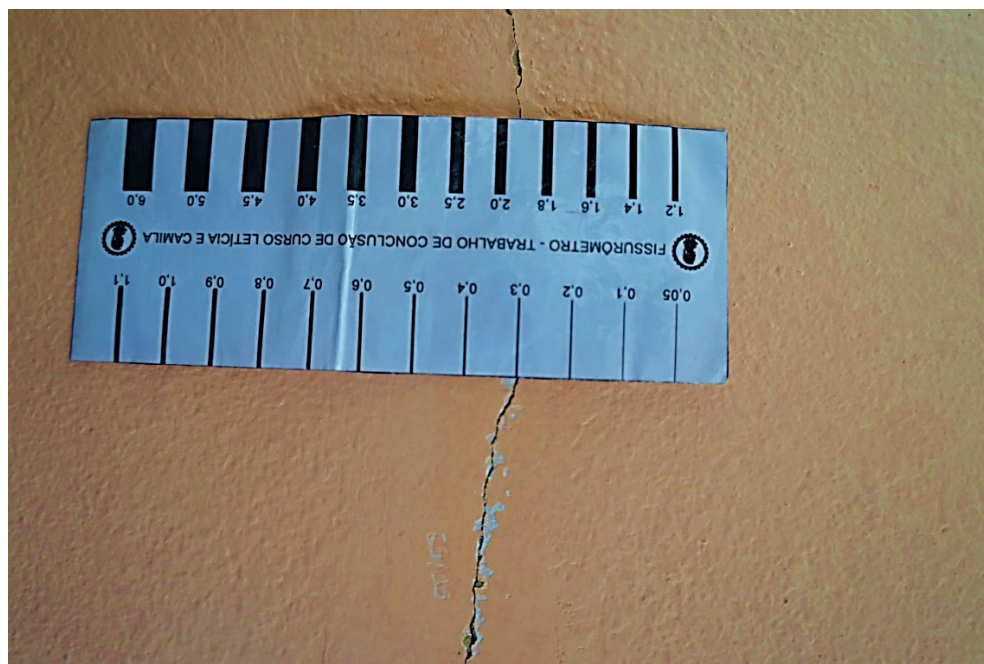


Figura 74: Medição da Fissura I na parte interna da parede.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A mesma Fissura I também se manifesta na outra face da alvenaria, no lado da sacada. Começa horizontalmente na extremidade inferior da janela e segue inclinada em direção ao chão (Figura 75). Também foi medida a abertura da fissura neste lado. Como pode ser visto na Figura 76, a abertura é de 0,3 mm.



Figura 75: Vista da parte externa da parede do quarto/sacada

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

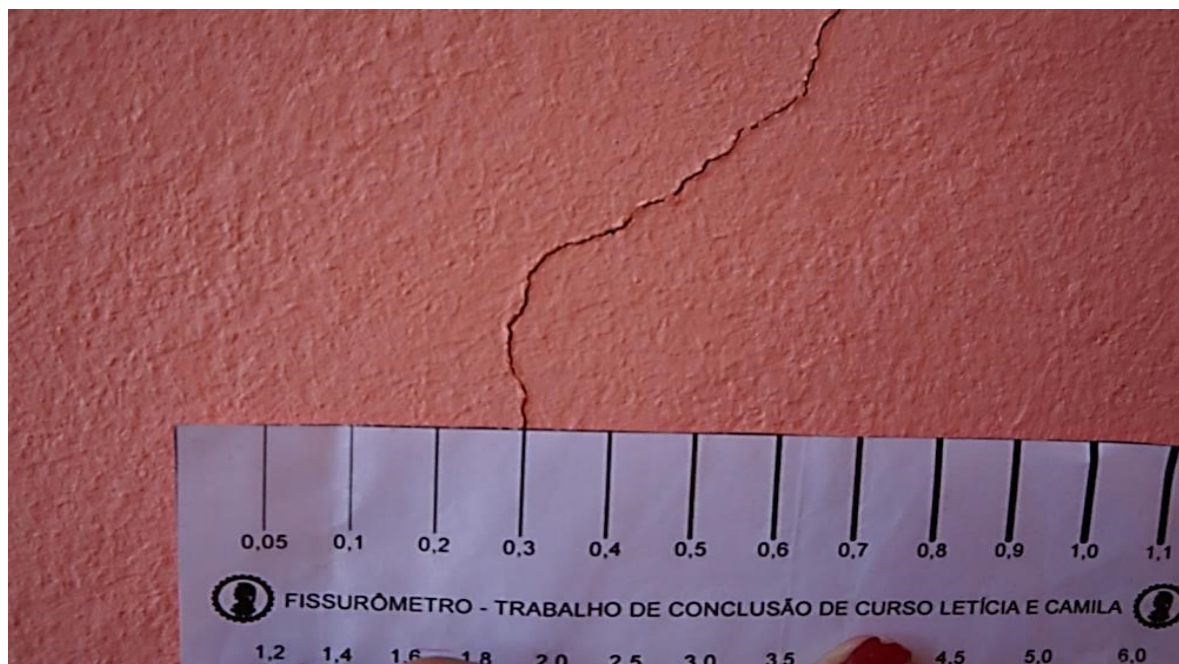


Figura 76: Vista aproximada da fissura I na parte externa da parede.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A última manifestação de fissura analisada, a Fissura J, desenvolveu-se inclinada no canto superior de uma parede da sala no apartamento do terceiro andar (Figura 77). A Fissura J possui abertura de 0,3 mm (Figura 78).



Figura 77: Vista da parte interna da parede da sala de estar, realçada com editor de imagens.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

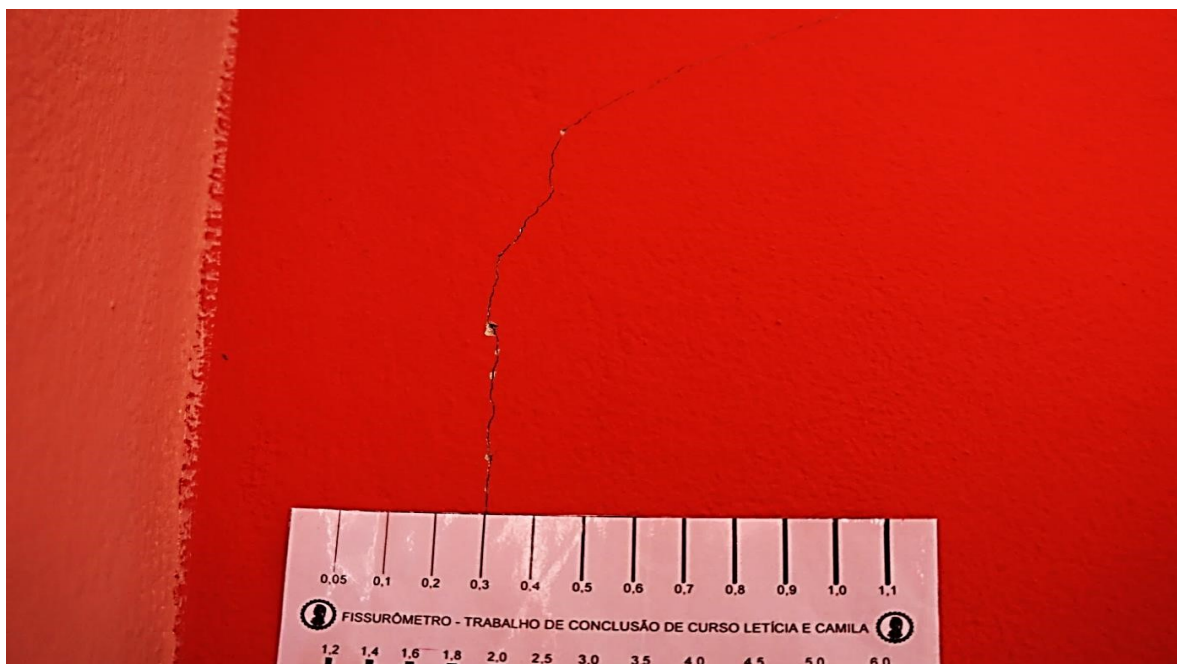


Figura 78: Vista aproximada da Fissura J.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.4.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

As Fissuras G e J possuem configuração típica de fissuras provocadas por movimentações térmicas, como pode-se observar nas Figuras 79 e 80. As paredes onde essas fissuras ocorreram estão mais suscetíveis às variações de temperatura, pois são paredes de fachada e estão no terceiro piso.



Figura 79: Fissura real (esquerda) e fissuração típica causada por movimentações térmicas (direita).

Fonte: acervo das autoras, 2017 e adaptado de DUARTE, 1998, respectivamente.



Figura 80: Figura 3.26: Fissura real (esquerda) e fissuração típica causada por movimentações térmica (direita).

Fonte: acervo das autoras, 2017 e adaptado de DUARTE, 1998, respectivamente.

Pela coleta de dados feita na edificação foi observada uma desproteção da laje, o que corrobora a indicação que as Fissuras G e J são decorrentes das movimentações térmicas da laje de cobertura.

As Fissuras H e I, por sua vez, são causadas pelas tensões concentradas nos cantos das aberturas na alvenaria tanto sobre o vão superior quanto sob o vão inferior da janela. Estas tensões deveriam ser resistidas por vergas e contravergas. Portanto, a ausência destes elementos proporcionou o surgimento das fissuras supracitadas.

As técnicas indicadas para reparo são:

- Fissuras G e J: O ideal seria primeiramente fazer o isolamento térmico da laje com um telhado ou até mesmo com a colocação de argila expandida (que ajuda a amenizar a temperatura). Para reparação, recomenda-se a técnica de Restauração com Pintura Acrílica.
- Fissuras H e I: Recomenda-se o Sistema de Reparação com Tela de Poliéster juntamente com Massa acrílica, pois é um método ideal para absorver as tensões de cisalhamento.

3.5 EDIFÍCIO 5

Edificação com três pavimentos, sendo primeiro pavimento ponto comercial, segundo pavimento comercial (hotel), e terceiro pavimento residencial. Localizada na cidade de Vermelho Novo/ MG. Construção de concreto armado e alvenaria. Idade da edificação: 25 anos, com modificação de uso do segundo andar, de residencial para comercial (hotel), feita há 10 anos. Possui somente projeto arquitetônico.

3.5.1 Fissurações observadas

Nesta edificação foi analisada apenas uma fissura, identificada por Fissura K. Esta fissura desenvolveu-se horizontalmente e prolonga-se, em ambas faces, por duas paredes perpendiculares entre si, conforme pode ser visto nas Figuras 81 e 82.



Figura 81: Vista da fissuração na parte externa, na ligação entre as paredes dos corredores.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 82: Vista da continuação da fissura na parte interna da ligação entre as paredes dos corredores, realçada com editor de imagens.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A Fissura K manifestou-se em paredes do segundo pavimento, onde foram realizadas mudanças para adequá-lo ao novo uso: hotel. A abertura da fissura varia de 0,5 mm a 1,4 mm (Figuras 83 e 84).

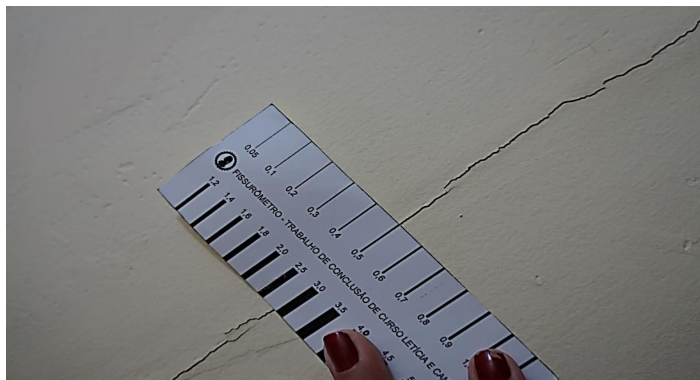


Figura 83: Vista aproximada da fissura na parede à direita da Figura 81.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

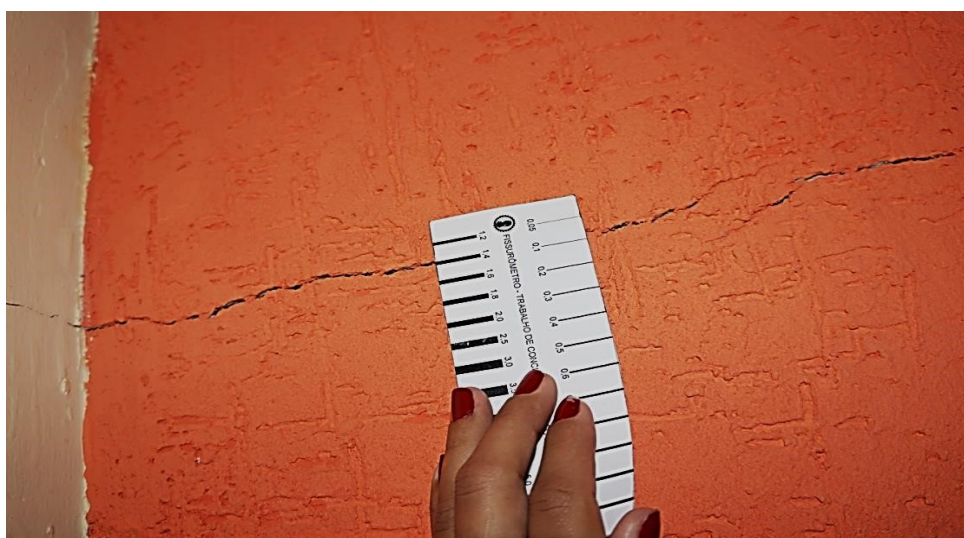


Figura 84: Vista aproximada da fissura central da Figura 81.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.5.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

Como a edificação passou por alterações para se adequar ao novo uso, entende-se que houve uma redistribuição de esforços. Sabe-se, pelas informações obtidas com os proprietários, que a Fissura K iniciou-se em uma parede que teve a abertura ampliada.

Partindo dessa informação, é possível que as tensões geradas durante os serviços construtivos provocassem o início da fissuração na ligação alvenaria/viga. Nota-se que a Fissura K desenvolve-se ininterrupta sobre a última fiada de blocos da parede.

Aliado às possíveis falhas de construção tem-se a alteração do layout do pavimento e do uso da edificação, que leva a sobrecargas, seja por acréscimo ou redistribuição de esforços. Para reparo da Fissura K, recomenda-se a técnica de Injeção de fissuras.

3.6 EDIFÍCIO 6

Edificação com três pavimentos, sendo o primeiro pavimento de uso comercial, o segundo pavimento de uso residencial com dois apartamentos, e o terceiro pavimento terraço. Localizada na cidade de Vermelho Novo/ MG. Construção de concreto armado e alvenaria. Idade da edificação: 10 anos. Não possui projeto.

3.6.1 Fissurações observadas

Nesta edificação foi analisada apenas uma fissura, identificada por Fissura L. Esta fissura desenvolveu-se horizontalmente e prolonga-se em ambas faces de uma parede, conforme pode ser visto nas Figuras 85 e 86.

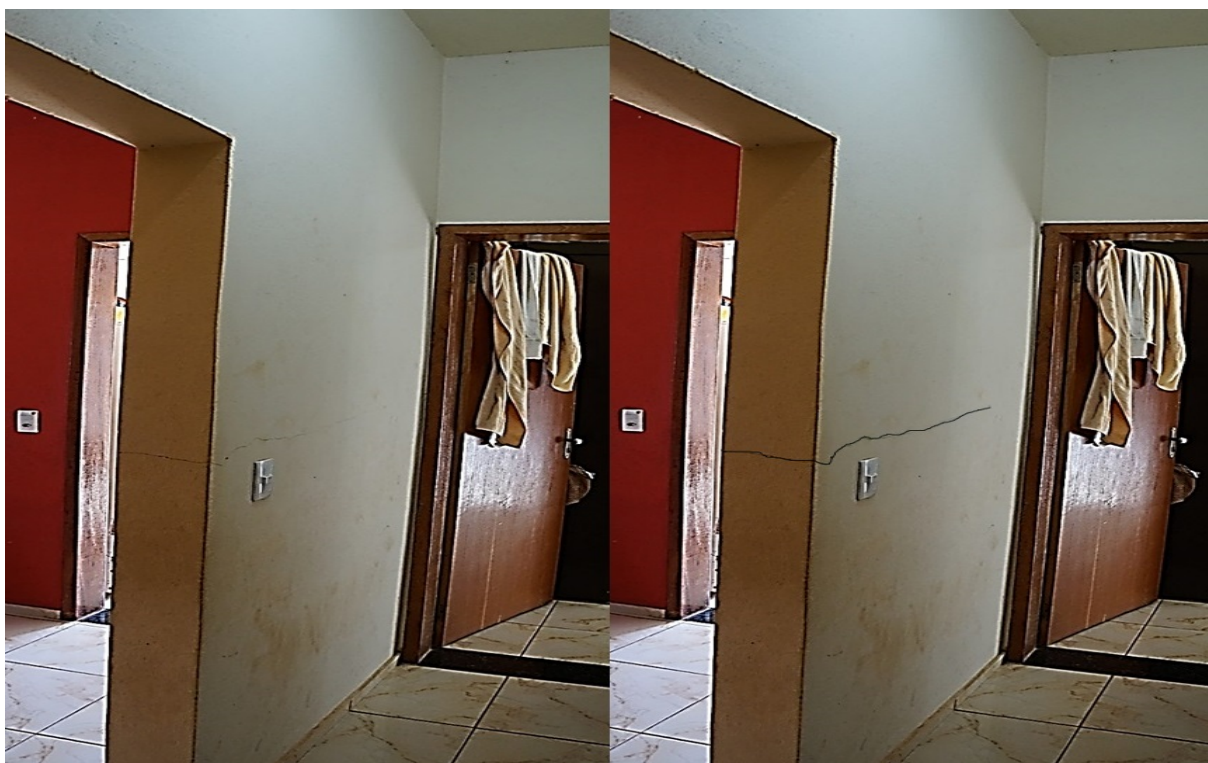


Figura 85: Vista da parede fissurada, na parte voltada para o lado do corredor na divisão quarto/sala, realçada com editor de imagens.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 86: Vista da parede fissurada, voltada para o lado da sala de estar, na divisão quarto/sala, realçada com editor de imagens

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A Fissura L localizada na parede que divide um corredor e uma sala, em um dos apartamentos do segundo andar. A abertura da fissura varia de 0,4mm a 0,5mm (Figuras 87 e 88).

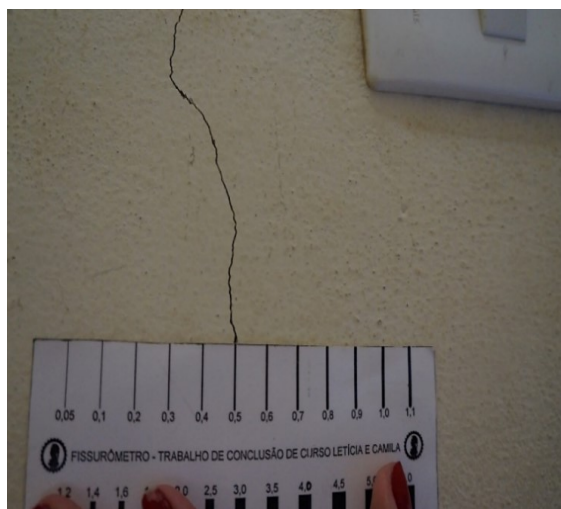


Figura 87: Vista aproximada da Fissura L, na parte voltada para o lado do corredor.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 88: Vista aproximada da fissura L, na parede voltada para o lado da sala de estar, na divisão quarto/sala.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.6.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

A Fissura L situa-se a metade da altura da parede e se desenvolve horizontalmente. Como se trata de parede interna, descartou-se a possibilidade de movimentação térmica e também não há sinais de umidade que indiquem movimentação higroscópica.

Conforme pode ser observado, a Fissura L acompanha a junta de assentamento entre fiadas de blocos. O que se aponta como possível causa é a retração da argamassa de assentamento, que pode ter, por erro de execução, uma espessura superior ou dosagem inadequada. Assim como o concreto, as argamassas de cimento Portland são passíveis de sofrer o fenômeno de retração e este leva ao surgimento de fissuras.

Neste caso, para reparo da Fissura L, recomenda-se a técnica de Restauração com Pintura Acrílica.

3.7 EDIFÍCIO 7

Edifício residencial com três pavimentos, sendo que somente o primeiro já foi executado (está em fase de construção); construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Localizado na cidade de Ubaporanga/MG. Idade da edificação: aproximadamente 4 meses. Não possui projeto.

3.7.1 Fissurações observadas

Neste edifício, a manifestação de fissuras ocorreu antes mesmo da conclusão da obra. Analisa-se dois quadros de fissuração: Fissura M (Figura 89) e Figura N (Figura 3.37), ambas em elementos estruturais de concreto armado.

A Fissura M desenvolveu-se longitudinalmente (horizontal) ao longo da interface laje/-viga, separando dos dois elementos, como pode ser visto na Figura 89.



Figura 89: Vista da laje, próximo a caixa de escadas.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A abertura máxima da fissura é de 3 mm, conforme medido com fissurômetro e apresentado na Figura 90.



Figura 90: Vista aproximada da fissura M.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

As fissuras que se espalham pela laje, não apresentam um padrão de direção específico. O que se observou é que elas surgiram paralelas às vigotas pré-fabricadas e acompanham parcialmente o comprimento longitudinal destas (Figura 91). A abertura é de 1,4 mm, como pode ser visto na Figura 92.



Figura 91: Vista geral da laje onde se encontra a Fissura N.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 92: Vista aproximada da Fissura “N” na laje.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

3.7.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

Ambos quadros de fissuração tem a mesma origem: a retração do concreto. A configuração da Fissura M também indica uma movimentação diferencial entre a laje pré-fabricada e a viga, pois há o descolamento de um elemento e outro.

A Fissura N também pode ter por causa, além da retração, erros durante a concretagem, como vibração insuficiente e até mesmo uma capa de concreto de pouca espessura, pois como dito, as fissuras são paralelas e próximas aos eixos das vigotas.

Para reparação dessas fissuras indica-se:

- Fissura M – recomenda-se a selagem da fissura com material epoxídico, visto que a laje ainda receberá o piso e contrapiso, que atuarão como proteção também.
- Fissura N – recomenda-se a vedação com cola epoxídica bicomponente.

3.8 EDIFÍCIO 8

Edifício residencial com dois pavimentos; construção de alvenaria estrutural não armada, com sapatas em concreto armado. Localizado em São João do Jacutinga, distrito de Caratinga /MG. Idade da edificação: 25 anos, com ampliação de 5 cômodos e reforço da fundação (foram construídas cinco sapatas) feitos a 18 anos. Solo argiloso. A fissura apareceu depois da enchente de 2003. Não possui projeto.

3.8.1 Fissurações observadas

A fissura analisada nesta edificação térrea, identificada como Fissura O, é vertical e secciona totalmente a alvenaria ao longo de toda a altura desta, conforme pode ser visto nas Figura 93 e 94.



Figura 93: Vista geral da parede externa da residência (esquerda) e vista da parede interna (direita).

Fonte: Acervo das autoras, 2017.



Figura 94: Vista aproximada da parede externa da residência.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

A Fissura O segue vertical e com abertura praticamente constante de dois centímetros, como pode se observar na Figura 95.

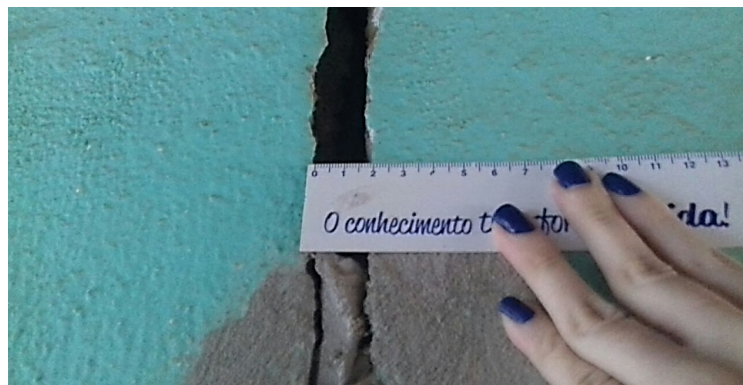


Figura 95: Medição da fissura localizada na parede externa da residência.

Fonte: Acervo das autoras, 2017.

Como pode ser observado, já houveram algumas tentativas de preenchimento da fissura para devolver a integridade à alvenaria, mas a fissura volta a ocorrer, mostrando seu caráter ativo.

3.8.2 Causas prováveis das fissuras e indicações de reparo

A Fissura O tem por causa o recalque diferencial entre as diferentes partes da construção (Figura 96). A edificação não possui pilares, vigas e nem fundação adequada; não há cintas na fundação, e com o agravante da enchente, o solo saturou e está em processo de adensamento deste então, o que ocasiona o recalque.

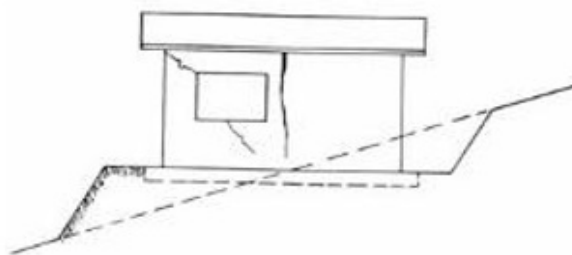


Figura 96: Figura 3.42: Fissura real (esquerda) e configuração típica de fissura causada por recalque (direita).

Fonte: Acervo das autoras, 2017 e adaptado de THOMAZ, 1989, respectivamente.

Anteriormente foi feita uma selagem com material epoxídico, o que não foi eficiente, visto que a fissura volta a se abrir (ela está ativa). Sendo assim, recomenda-se a Técnica de Injeção de Fissuras, com resina poliuretânica, para absorver a movimentação até que a fissura seja estabilizada.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo indicar, através de pesquisas e bibliografias consultadas, as principais causas de fissuração em edificações de concreto armado e/ou alvenaria, práticas preventivas quanto ao aparecimento de fissuras e a realização de estudos de caso em locais que apresentam esta patologia para que, com base neste estudo, possa-se diagnosticar possíveis causas das fissuras e sugerir soluções de tratamento para as mesmas.

Dado o exposto, as causas mais recorrentes segundo as bibliografias e as edificações visitadas foram: movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade; falhas executivas; erros na elaboração do projeto ou até mesmo a falta de projeto; uso inadequado da estrutura; falta de manutenção preventiva; assentamento e retração do concreto; comportamento do solo base quanto a recalques diferenciados das fundações; reações e alterações químicas de materiais de construção e atuação de sobrecargas ou concentração de tensões na estrutura.

Constata-se também que a escolha correta da técnica a ser utilizada em um serviço de correção de fissuras é o que vai garantir o êxito do trabalho, pois uma escolha inadequada pode gerar transtornos desnecessários e até mesmo agravar o problema. A elaboração de um diagnóstico que proporcione a identificação e classificação das fissuras é uma condição fundamental para a o tratamento correto.

Porém, como existe uma grande variedade de agentes causadores e diferentes formas de manifestação das fissuras no concreto armado e alvenaria e o fato de que cada situação se difere da outra, não é praticável recomendar um método geral de reparação que seja adequado a todos os casos encontrados na prática, visto que é necessária uma análise aprofundada de cada situação, para que se possa prover um diagnóstico correto e, quando necessário, além de métodos de reparação, sugerir-se procedimentos de reforço e recuperação.

No estudo dos casos verificou-se a importância da conscientização de proprietários de imóveis quanto à manutenção preventiva, visto que, na maioria das vezes, um profissional só é solicitado em casos extremos, ou até mesmo existem casos que possuem sinais de periculosidade e ainda assim não recebem atenção adequada.

Quanto ao diagnóstico das causas das fissuras nestes casos, muitas vezes as características das fissuras não são claras ou exclusivas a um só tipo de agente causador, e ao elaborar laudos técnicos, o profissional precisa ser diligente e buscar fornecer informações precisas aos clientes, sempre se utilizando dos recursos disponíveis, como ensaios técnicos, coleta de informação junto aos usuários da edificação, etc.

Portanto, tendo em vista todos os aspectos observados, conclui-se sobre a importância de ter um conhecimento aprofundado e específico sobre as causas que originam as fissuras nas edificações e a conscientização de que, cautela na elaboração do projeto e nas especificações e

utilização dos materiais, cuidados na execução e no uso da estrutura, manutenções preventivas e contratação de profissionais habilitados representam uma grande economia em relação às reparações dos defeitos e evitam o ônus financeiro e o desgaste de imagem do profissional contratado.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] THOMAZ, Ercio. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

[2] SANTOS, Altair. Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10%. 20 de março de 2013. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10/>>. Acesso em: 29 de abril de 2017

[3] NAKAMURA, Juliana. Reparo, reforço e recuperação de concreto. Revista Técnica. Edição 146 - Maio/2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/146/concreto-reparo-reforco-e-recuperacao-de-concreto-285462-1.aspx>> . Acesso em 03/11/2016.

[4] MOLIN, Dal e COITINHO, Denise Carpena. Fissuras em estruturas de concreto armado : análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul. 1988.

[5] PIANCASTELLI, Élvio Mosci. Patologias do concreto. AEC Web. 2016. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0.> Acesso em 03/11/2016.

[6] HEINECK, L. F.M; TRISTÃO, A. M. D.; NEVES, R. M. Problemas em uma empresa de construção e em seus canteiros de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 1995. Qualidade e Tecnologia na Habitação: anais Rio de Janeiro, UFRJ / ANTAC, 1995, v.1

[7] ANDRIOLO, F.R. Construção de concreto, manual de práticas para controle e execução. São Paulo: PINI, 1984.

[8] SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.

[9] PEREIRA, Miller Soares Rufino. MOTTA, Cláudio Fernando Chaves. ABREU, Caroline Machado. BRAGA, José Augusto. Fissuração Em Calhas De Vertedouro. XXVII Seminário Nacional De Grandes Barragens. Junho de 2007.

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

[11] HELENE, P. R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2ª ed - São Paulo: PINI, 1992.

[12] PEREIRA, Thiago Ramos. Corrosão em Armaduras de Concreto. UFPR. 2017. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/ThiagoPereira2.pdf>> Acesso em

30/04/2017.

[13] SAMPAIO, Marliane Brito. Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Estruturas)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

[14] BRITO, Dorival Rosa. Prevenção e recuperação de fissuras em alvenaria de edifícios. 2010. Disponível em: <<http://www.drb-assessoria.com.br/Prevencaofissuras.pdf>> Acesso em 01/05/2017.

[15] MUCI, Daniel Wallace Silva; NETTO, José Ricardo Bezerra e SILVA, Netto Rodrigo De Almeida. Sistemas de recuperação de fissuras da interface alvenaria de vedação estrutura de concreto: comparativo entre os processos executivos e análise de custo. Goiânia, 2014.

[16] TAHA, Carmem Sáloa. Fissuras em fachadas. Revista Construção Mercado. Edição 129 - Abril/2012.

[17] SILVA, J. M. Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação. In: Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Lourenço e H. Sousa (Eds.), Porto, 2002.

[18] Arqui Engenharia. Trincas e fissuras. Fevereiro de 2016. Disponível em: <<http://www.arquiengenharia.com/single-post/2016/2/5/Trincas-e-fissuras-Entendaas-de-uma-vez-por-todas>> Acesso em 06/06/2017.

[19] CICHINELLI, Gisele. Patologias cerâmicas. Revista Técnica Edição 116 - Novembro/2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/116/artigo287385-1.aspx>> Acesso em 06/06/2017.

[20] GABRIOLI, e THOMAZ, Ercio. Impermeabilização de fundações e subsolos. Revista Pini – Outubro de 2002. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/impermeabilizacao-de-fundacoes-e-subsolos-80712-1.aspx>. Acesso em 06/06/2017.

[21] HAAS, Diego. Contribuições à prevenção de fissuras de origem térmica na alvenaria estrutural. Junho de 2010. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26028/000754993.pdf?>> Acesso em 06/06/2017.

[22] LOTURC, Bruno. Fissuras no último pavimento. Revista Técnica Edição 99 - Junho/2005. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/99/artigo285353-1.aspx>> Acesso em: 06/06/2017.

[23] ZANZARINI, José Carlos. Análise Das Causas E Recuperação De Fissuras Em Edificação Residencial Em Alvenaria Estrutural – Estudo De Caso. Campo Mourão, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6879/1/CMCOECI2016115.pdf>> Acesso: 06/06/2017

[24] SAHADE, Renato Freua. Avaliação de Sistemas de Recuperação de Fissuras em

Alvenaria de Vedação. São Paulo, 2005.

[25] CHAND, S. Cracks in building and their remedial measures. Indian Concrete Journal, New Delhi, October, 1979.

[26] Dicionário Português. Higroscopicidade. Disponível em: <<http://dicionarioportugues.org/pt/higroscopicidade>> Acesso em 13/06/2017.

[27] WATANABE, Roberto Massaru. Trincas causadas por expansão da alvenaria. 13/12/2000. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/trincas/index.php>> Acesso em 06/05/2017.

[28] ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem). MANUAL DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL. Abril de 2007. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>>. Acesso em: 12/05/2017

[29] OLIVEIRA, Aline Fernandes de. Manutenção e Restauro de Obras, 2010. Disponível em: <<https://vespedi3.files.wordpress.com/2010/06/aula-mro-04-estruturas-blog.pdf>> Acesso em 14/06/2017.

[30] WAZER, Wellington. Patologia, Recuperação E Reforço De Estruturas De Concreto. 2008. Disponível em: <paginapessoal.utfpr.edu.br/wmazer/patologia-das-construcoes/Notasde.../file> Acesso em 14/06/2017.

[31] GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. ESTUDO DE PATOLOGIAS E SUAS CAUSAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES. 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf>> Acesso em 14/06/2017.

[32] NORMA DNIT 080/2006 – ES. Preparação de superfícies de concreto: apicoamento e jateamentos – Especificação de Serviço. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/DNIT080_2006_ES.pdf> Acesso em 14/06/2017.

[33] ENGENHARIA CIVIL.COM. Apicoamento. Disponível em: <<https://www.engenhariacivil.com/dicionario/?s=apicoamento>> Acesso em 14/06/2017.

[34] AOKI, Jorge Aoki e MEDEIROS, Giovana. Retração – Redução de Efeito e Compensação. Agosto de 2010 Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/>>. Acesso em 02/06/2017.

[35] MAGALHÃES, E. F. Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul. 2004. 177 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

[36] GRANATO, José Eduardo. Patologia das construções. Disponível em: <<http://irapuma.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>> Acesso em 29/04/2017.

- [37] GONÇALVES, Rta. DYRUP LANÇA TINTA 100% ACRÍLICA PARA FACHADAS. Março de 2012. Disponível em: <<http://www.hipersuper.pt/2012/03/08/dyrup-lanca-tinta-100-acrilica-para-fachadas/>> Acesso em 10/06/2017.
- [38] Leroy Merlin. Selante Sela Trinca 425g TekBond . Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br/selante-sela-trinca-425g-tekbond8363366>. > Acesso em 10/06/2017.
- [39] TKM Distribuidora. Tela de Poliéster Vinitrinca®. Disponível em: <<http://www.tkm-distribuidora.com.br/produtos/50/telas/64/tela-de-poliester-vinitrinca%C2%AE>.> Acesso em 10/06/2017.
- [40] RELVAS, FERNANDO JOSÉ. Curso de estruturas de concreto: projeto, execução e reparo. Reforço de peças de concreto armado, com chapas de aço. Apostila. Dezembro 2004.
- [41] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14026 Concreto projetado - Especificação. DEZ 1997.
- [42] CONCREBRAS. Concreto com adição de fibras. Disponível em: <<http://www.concrebras.com.br/solucoes-em-concreto/concreto-com-adicao-de-fibras/>.> Acesso em 10/06/2017.
- [43] HILLEMEIER, B. Materiais para preenchimento de fissuras no concreto: Disponível em: <<http://aquarius.ime.eb.br/webde2/prof/ethomaz/fissuracao/exemplo150.pdf>.> Acesso em 10/06/2017
- [44] LORDSLEEM Jr., A.C. Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação. São Paulo, 1997. 174p. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [45] CASOTTI, Denis E. Causas e Recuperação de Fissuras em Alvenaria. 2007. 80f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, USF, Itatiba, 2007. Disponível em: Acesso em: 05 mai. 2016.
- [46] DOLABELA, Gustavo Soares e FERNANDES, Jordane Geraldo Moreira. FALHAS DEVIDO À FALTA . DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS – ESTUDO DE CASOS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES. 2014. Disponível em: <<http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta-upload/artigos/a127.pdf>> Acesso em: 08/05/2017
- [47] SILVA, Cínthia Figueira da. ANÁLISE DE FALHAS EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. 2015. Disponível em: <<http://www.ietec.com.br/clipping/2015/boletim/agosto/gp-agosto-analise-falhas-projetos-construcao-civil.pdf>.> Acesso em: 08/05/2017
- [48] BRANDÃO, Ana Maria da Silva e PINHEIRO, Libânio Miranda. Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto. São Carlos, 1999. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/novaversao/pdf/cee8.pdf>.> Acesso em: 08/05/2017
- [49] NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. Porto Alegre: Bookman,

2013.

[50] LIMA, Renilda Batista da Silva, SILVA, Antonio Sergio Ramos da e COSTA, Fernanda Nepomuceno. REAÇÃO ÁLCALI AGREGADO E SEUS EFEITOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carneane/materiais/ART020709>> Acesso em 16/06/2017.

[51] FIGUERÔA, JOSÉ DO PATROCÍNIO. ANDRADE, Tibério - O ataque da Reação Álcali Agregado sobre as estruturas de Concreto: a descoberta pioneira da ocorrência do problema em fundações de pontes e edifícios na Região Metropolitana do Recife – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007. 228 p. Il., fig., tab., graf., fotos.

[52] OLIVEIRA, Alexandre Magno de. FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/96.pdf>>. Acesso em 16/06/2017.

[53] MILITITSKY, Jarbas. Patologia das fundações / Jarbas Milititsky, Nilo Cesar Consoli, Fernando Schnaid. – 2. ed. rev. e ampl. – São Paulo : Oficina de Textos, 2015.

[54] FERREIRA, C.V. Influência da inundação do solo no comportamento de estacas moldadas in loco, instrumentadas, em campo experimental de Bauru. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998, 160p.

[55] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

[56] Concrete Society. Non-structural cracks in concrete. Technical Report Number 22. 1992. Disponível em: <<https://www.scribd.com/doc/46448620/Non-Structural-Cracks-in-Concrete1992>> Acesso em 29/04/2017.

[57] SELECTA BLOCOS. Detalhes construtivos, cuidados com as aberturas. 2009. Disponível em: <http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_12.html> Acesso em: 08/05/2017

APÊNDICE A FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 1

*Cidade: Caratinga/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (X); Comercial (); Mista (); Industrial ()
*Número de pavimentos: 3
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 35 anos
*Possui projeto: Sim () ; Não (X)
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim (X) ; Não (). Se sim, há quantos anos e onde foi feita? Ampliação da cozinha no primeiro pavimento e de um cômodo no segundo pavimento, feitos há 10 anos.
*Quando surgiu a fissuração? Proprietário não se lembra exatamente, mas diz que foi mais ou menos 1 ano após a ampliação e construção do cômodo.
*Em que local se encontra a fissura? Uma das fissuras está localizada na ligação pilar/ parede, na região acrescida posteriormente ao projeto inicial (cozinha), e a outra está nesta mesma parede, porém na parte externa.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. _____
*Observações: _____

APÊNDICE B FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 2

*Cidade: Caratinga/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (X); Comercial (); Mista (); Industrial ()
*Número de pavimentos: 1
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 50 anos
*Possui projeto: Sim () ; Não (X)
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim () ; Não (X). Se sim, há quantos anos e onde foi feita?
*Quando surgiu a fissuração? Proprietário não se lembra exatamente, mas diz que foi mais ou menos 1 ano após a ampliação e construção do cômodo.
*Em que local se encontra a fissura? Uma das fissuras está na parte inferior de parede, externa, a segunda, no canto inferior da janela de um dos quartos e a terceira no piso do quintal.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. De acordo com o proprietário, o piso do quintal foi executado diretamente no solo, sem nenhuma base prévia. Não foram inseridas vergas e contravergas nas janelas.
*Observações: _____

APÊNDICE C FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 3

*Cidade: Ubaporanga/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (); Comercial (); Mista (X); Industrial ()
*Número de pavimentos: 3
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 50 anos
*Possui projeto: Sim () ; Não (X)
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim (X) ; Não (). Se sim, há quantos anos e onde foi feita? Foram feitas duas modificações: Há 18 anos, foi feita uma ampliação lateral no primeiro pavimento, onde acrescentou-se um cômodo; a segunda foi feita há 8 anos, onde construiu-se o terceiro pavimento.
*Quando surgiu a fissuração? Após a construção do telhado cerâmico na varanda no terceiro pavimento.
*Em que local se encontra a fissura? Na parte inferior de uma viga localizada na caixa de escadas que vai do segundo para o terceiro pavimento.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. _____
*Observações: Proprietário disse que a fissura não varia de tamanho a mais de um ano.

APÊNDICE D FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 4

*Cidade: Vermelho Novo/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (); Comercial (); Mista (X); Industrial ()
*Número de pavimentos: 3
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 7 anos
*Possui projeto: Sim (X) ; Não ()
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim () ; Não (X). Se sim, há quantos anos e onde foi feita?
*Quando surgiu a fissuração? Proprietário alega que o surgimento das fissuras aconteceu após o término da execução do último pavimento (residencial), ou seja, 2 anos após a construção ter sido iniciada.
*Em que local se encontra a fissura? As fissurações localizam-se na sala, no quarto e na sacada anexa ao quarto, situadas no terceiro pavimento.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. A edificação não possui proteção na laje de cobertura, ficando sujeita a variações de temperatura, chuvas, etc.
*Observações: _____

APÊNDICE E FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 5

*Cidade: Vermelho Novo/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (); Comercial (); Mista (X); Industrial ()
*Número de pavimentos: 3
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 25 anos
*Possui projeto: Sim (X) ; Não () OBS: Possui somente o projeto arquitetônico.
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim (X) ; Não () Se sim, há quantos anos e onde foi feita? Foi feita uma ampliação no segundo pavimento há 10 anos, onde foi feito um novo layout, construindo-se paredes de alvenaria. Este pavimento era de uso residencial e foi alterado para uso comercial (hotel).
*Quando surgiu a fissuração? Proprietário alega que os surgimentos das fissuras aconteceram após ter sido feita a ampliação no edifício, onde construiu-se paredes de alvenaria no segundo pavimento (onde estão situadas as fissuras), e no terceiro pavimento.
*Em que local se encontra a fissura? As fissurações localizam-se nas paredes dos corredores situados no segundo piso.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. Como houve modificação nos pavimentos com a alteração do layout e do uso da edificação, a edificação pode ter sofrido uma redistribuição de esforços e sobrecarga.
*Observações: _____

APÊNDICE F FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 6

*Cidade: Vermelho Novo/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (); Comercial (); Mista (X); Industrial ()
*Número de pavimentos: 3
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 10 anos
*Possui projeto: Sim () ; Não (X)
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim () ; Não (X) Se sim, há quantos anos e onde foi feita?
*Quando surgiu a fissuração? Proprietário alega que começou a perceber o surgimento da fissura depois de 2 anos após a conclusão da obra.
*Em que local se encontra a fissura? A fissuração esta localizada no segundo pavimento, na parede do corredor que divide os quartos e a sala.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. _____
*Observações: _____

APÊNDICE G FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 7

*Cidade: Ubaporanga/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (X); Comercial (); Mista (); Industrial ()
*Número de pavimentos: 1 (serão 4 no total – obra em fase de construção).
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 4 meses
*Possui projeto: Sim (X) ; Não ()
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim () ; Não (X) Se sim, há quantos anos e onde foi feita?
*Quando surgiu a fissuração? Após 3 meses do início da obra.
*Em que local se encontra a fissura? No encontro da laje com a viga da caixa de escadas e espalhadas pela laje.
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. O prédio ainda está em fase de execução, e a obra ficou parada por mais de um mês, deixando a laje exposta a efeitos climáticos. O proprietário também alega que as vigas e a laje foram concretadas no mesmo dia e que não foram executadas corretamente (não houve adensamento uniforme).
*Observações: _____

APÊNDICE H FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DAS EDIFICAÇÕES - EDIFÍCIO 8

*Cidade: São João do Jacutinga/MG
*Classificação de ocupação: Residencial (X); Comercial (); Mista (); Industrial ()
*Número de pavimentos: 1
*Edificação de concreto armado com paredes de alvenaria (X); Edificação de alvenaria ()
*Idade da edificação: 25 anos
*Possui projeto: Sim () ; Não (X)
*Houve alguma modificação/ampliação? Sim (X) ; Não () Se sim, há quantos anos e onde foi feita? Foi feita uma ampliação há 18 anos, onde foram construídos 5 cômodos e 5 sapatas.
*Quando surgiu a fissuração? Proprietário alega que o surgimento da fissura aconteceu após uma enchente que ocorreu em 2004.
*Em que local se encontra a fissura? Na parede da cozinha (parte externa e interna)
*Comente algum fato que possa estar relacionado ao aparecimento da fissura. A edificação não possui pilares, vigas e nem fundação adequada; não há cintas na fundação, e com o agravante da enchente, o solo saturou e está em processo de adensamento deste então, o que ocasiona o recalque.
*Observações: _____