



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

Guilherme Henrique Ferreira

Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso

Ouro Preto

2020

Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso

Guilherme Henrique Ferreira

Monografia de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto defendida e aprovada em 23 de setembro de 2020 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.
Banca examinadora:

Área de concentração: Materiais e Componentes da Construção

Orientador: Prof. D.Sc. Júlia Castro Mendes - UFOP

Ouro Preto

2020

F383f Ferreira, Guilherme Henrique .
Fissuras em edificações de concreto armado [manuscrito]: revisão e estudo de caso. / Guilherme Henrique Ferreira. - 2020.
82 f.: il.: color., gráf., tab.. + Fluxograma.

Orientadora: Profa. Dra. Julia Castro Mendes.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

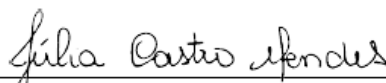
1. Falhas estruturais - Manifestações patológicas. 2. Falhas estruturais -Fissuras. 3. Falhas estruturais -Trincas. 4. Falhas estruturais - Rachaduras. 5. Construção de concreto armado - Recuperação. I. Mendes, Julia Castro. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624.12

Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso

Guilherme Henrique Ferreira

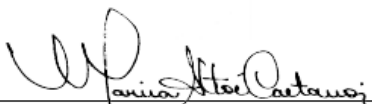
Monografia de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto defendida e aprovada em 23 de setembro de 2020 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.
Banca examinadora:



Orientador: Prof. D.Sc. Júlia Castro Mendes - UFOP



Membro: Prof. D.Sc. Guilherme Jorge Brigolini Silva - UFOP



Membro: Eng. Marina Altoé Caetano - UFOP

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Helena e Irineu, pelo suporte integral e por tornarem tudo isso possível. À minha irmã, Carol, pelo excelente convívio e pela cumplicidade ao longo dos anos. À Paula, por estar presente nos momentos de alegria e ser parceira nos momentos de necessidade. Aos amigos, pelos momentos de lazer e experiências vividas.

Agradeço aos professores que sempre estiverem dispostos a contribuir com a minha formação e aprendizado, em especial ao Paulo Monteiro e ao Luiz Fernando Rispoli. À Escola de Minas pelas oportunidades cedidas ao longo destes cinco anos de graduação. À minha orientadora Júlia Castro Mendes pela ajuda imensurável na produção deste trabalho e por estar sempre disposta a inovar e trazer novos aprendizados para nós alunos.

Agradeço ao Professor Doutor Henor Arthur de Souza pelos dois anos de orientação e auxílio à pesquisa. À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação PIBIC/FAPEMIG/UFOP pelo fomento e incentivo ao desenvolvimento tecnológico.

Agradeço ao Engenheiro Civil Fernando Borges Mendes pela oportunidade de estagiar e desenvolver conhecimentos práticos de engenharia. À Prefeitura do Campus (Precam), em especial à Sandra Maria Antunes Nogueira – Prefeita Universitária – pela oportunidade de estagiar e de evoluir na futura profissão. Agradeço ao Consórcio MRF nas pessoas dos Engenheiros Cíveis Deborah Perét, Túlio Faria, Eduardo Vilaça e Thiago Oliveira pela oportunidade de estagiar em uma obra especial de engenharia mecânica e civil.

Agradeço à Civil Jr. e a todos os amigos que caminharam comigo no Movimento Empresa Júnior com a mesma garra e vontade de construir um Brasil melhor e mais empreendedor.

RESUMO

Os custos com reparos são parte significativa dos gastos durante a fase de uso de uma edificação. De forma geral, no Brasil, têm-se a cultura de realizar manutenções corretivas, e não preventivas. Essas correções se fazem necessárias quando o usuário nota em sua residência a existência de patologias. As fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas que se destacam nas edificações atraindo a atenção dos usuários e gerando neles insegurança. Como consequência, elas ganham importância negativa nas residências. Assim, o presente trabalho busca investigar as causas mais frequentes deste tipo de manifestação patológica em edificações no Brasil bem como estudar métodos de prevenção e reparo. Para tal, o trabalho foi dividido em duas etapas: revisão bibliográfica para embasamento teórico e estudo de caso. Buscou-se na literatura as configurações típicas de fissuras, trincas e rachaduras, além, das explicações para as possíveis causas e alternativas de recuperação. Já no estudo de caso foi analisada uma edificação unifamiliar de um pavimento na cidade de Ouro Preto-MG com o objetivo de identificar estas manifestações patológicas existentes e propor alternativas de reparo. Foram apresentadas características gerais das fissuras, trincas e rachaduras, além de seus principais mecanismos de formação e técnicas de recuperação. Com isto, foi possível propor aplicações práticas para as manifestações patológicas encontradas no estudo de caso.

Palavras-chaves: Manifestações patológicas, Fissuras, Trincas, Rachaduras, Recuperação.

ABSTRACT

Repair costs are a significant part of the spending during the building's use phase. In general, in Brazil, there is a culture of performing corrective and non-preventive maintenance. These corrections are necessary when the user notices in his/her residence the existence of pathologies. Cracks are pathologies that stand out in buildings, attracting the attention of users and generating insecurity in them. As a consequence, they gain negative importance in homes. So, the present work seeks to investigate the most frequent causes of this type of pathology in buildings in Brazil, as well as to study prevention and repair methods. For this, the work was divided into two stages: literature review and case study. In the literature, the typical configurations of cracks were sought, in addition to explanations for possible causes and alternatives for recovery. In the case study, a single-family building of a pavement in the city of Ouro Preto-MG was analyzed with the objective of identifying these existing pathologies and propose repair alternatives. General characteristics of cracks were presented, in addition to their main formation mechanisms and recovery techniques. With this, it was possible to propose practical applications for the pathologies diagnosed in the case study.

Keywords: Pathologies, Fissures, Cracks, Recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Encunhamento entre alvenaria e viga executado com tijolos de barro cozido. Fonte: adaptado de (REFERENCIA).....	5
Figura 2: Gráfico apresentando a variação (%) do PIB da construção civil no Brasil. Fonte: Adaptado de CBIC (2018)	6
Figura 3: Croqui da edificação analisada. Fonte: Elinor da Silveira Boeira Martins – proprietária.	10
Figura 4: Vista frontal do imóvel analisado no estudo de caso. Fonte: autor.	11
Figura 5: Trinca em muro de bloco de concreto acompanhando a argamassa de assentamento dos blocos. Fonte: autor.....	13
Figura 6: Classificação das fissuras. Fonte: adaptado de Sahade (2005)	15
Figura 7: Fissura progressiva possivelmente causada por recalque diferencial da fundação. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).	16
Figura 8: Configuração típica de fissura geométrica nos blocos da alvenaria. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).	17
Figura 9: Configuração típica de fissura geométrica acompanhando a argamassa de assentamento de alvenaria. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).	17
Figura 10: Configuração típica de fissura mapeada em argamassa de revestimento. Fonte: adaptado de IBDA (2019).	18
Figura 11: Configuração típica de fissura em alvenaria causada por movimentação térmica diferencial entre a estrutura e a alvenaria. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).	20
Figura 12: Fissuras formadas em pilares de concreto armado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).....	21
Figura 13: Representação de alvenaria tradicional com blocos e revestimento. Fonte: adaptada de Veiga (1998).....	22

Figura 14: Configuração típica de fissura mapeada em fachada de prédio formada pela restrição à movimentação do reboco (SAHADE, 2005).....	23
Figura 15: Fissura horizontal na base de alvenaria devido à movimentação diferencial causadas pela ascensão de umidade. Fonte: Adaptada de Thomaz (1989).	24
Figura 16: Configuração típica de fissuras em viga biapoiada solicitada à flexão. Fonte: adaptada de Thomaz (2012)	25
Figura 17: Fissuras de cisalhamento próximas aos apoios de viga solicitada por flexão. Fonte: adaptada de Marcelli (2007).	25
Figura 18: Fissura surgindo ao lado do vão de janela sem verga e contraverga, com inclinação próxima de 45°. Fonte: autor.	26
Figura 19: Fissura surgindo no centro do vão de janela sem verga e contraverga, com direção vertical. Fonte: autor.	27
Figura 20: Vergas e contravergas sendo utilizadas em esquadrias para impedir a concentração de tensões. Fonte: adaptada de (TÉCHNE, 2007)	27
Figura 21: Fissura em alvenaria de vedação causada por recalque diferencial em sapata de canto; a fissura aponta para o lado que não sofreu deslocamento. Fonte: adaptada de Milititsky, Consoli e Schenaid (2015).....	29
Figura 22: Bloco de fundação fissurado por consequência da RAA (CICHINELLI, 2007).	30
Figura 23: Fissura causada pelo embutimento de tubulação elétrica na alvenaria. Fonte: autor.	31
Figura 24: Fissura surgindo em elemento de concreto armado devido à corrosão da armadura. Fonte: adaptada de Helene (1986).	32
Figura 25: Modelo de fissurômetro encontrado no mercado.....	36
Figura 26: Modelo de extensômetro comercial utilizado para medida linear fabricado pela Techni Measure (Techni Measure, 2019).	36

Figura 27: Sulco retangular de 5 cm de largura e 5 mm de profundidade já vedado (SAHADE, 2005).	38
Figura 28: Base desagregada para produção de camada de regularização (SAHADE, 2005).	39
Figura 29: Tela de poliéster com bandagem central que pode ser utilizada em camada de dessolidarização (SAHADE, 2005).	40
Figura 30: Recuperação de fissura ativa com abertura de sulcos e preenchimento com selante flexível. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).	41
Figura 31: Tela metálica fixada no contato pilar/alvenaria utilizada para recuperação de elemento fissurado. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).	42
Figura 32: Vista em planta da inserção de barras de aço em elemento de alvenaria fissurado. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).	44
Figura 33: Vista frontal da inserção de barras de aço em elemento de alvenaria fissurado. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).	44
Figura 34: Vista aérea da edificação estudada (destacada no quadro azul) e da sua vizinhança. Fonte: Google Earth 2020.	45
Figura 35: Croqui apresentando os locais com as fissuras encontradas na edificação. Fonte: autor.	47
Figura 36: Trinca em muro de bloco de concreto acompanhando a argamassa de assentamento dos blocos causada por variação térmica da estrutura. Fonte: autor.	48
Figura 37: Fissura geométrica horizontal na base da alvenaria na fachada frontal provavelmente originada pela movimentação diferencial entre alvenaria e alicerce estrutural. Fonte: autor.	49
Figura 38: Fissura geométrica horizontal em camada inferior da alvenaria na fachada posterior possivelmente devido à movimentação diferencial das primeiras camadas da alvenaria. Fonte: autor.	50

Figura 39: Fissura mapeada em argamassa de revestimento na fachada lateral direita do imóvel formada pela restrição à movimentação dos elementos. Fonte: autor.	50
Figura 40: Fissura inclinada em aproximadamente 45° na parte inferior do vão de janela sem verga e contraverga. Fonte: autor.	52
Figura 41: Fissura inclinada no canto inferior e com direção vertical no centro do vão de janela sem verga e contraverga. Fonte: autor.	52
Figura 42: Fissura na parte superior do vão de porta sem verga com inclinação próxima de 45°. Fonte: autor.	52
Figura 43: Fissura possivelmente causada pelo embutimento de tubulação elétrica na alvenaria. Fonte: autor.....	54
Figura 44: Fissura provavelmente causada pelo embutimento de tubulação elétrica no teto. Fonte: autor.....	55
Figura 45: Fissura provavelmente causada pelo embutimento de tubulação hidráulica na alvenaria. Fonte: autor.	55

SUMÁRIO

Agradecimentos	IV
Resumo.....	V
Abstract.....	VI
Lista de Figuras	VII
Sumário.....	XI
1 Introdução	1
1.1 Objetivo.....	3
1.1.1 Objetivos Específicos.....	3
2 Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 Contextualização	4
2.2 Patologias em edificações	7
3 Metodologia.....	9
4 Resultado: Revisão de Literatura	13
4.1 Patologias de Fissuras, Trincas e Rachaduras.....	13
4.1.1 Fissuras causadas por variação da temperatura	18
4.1.2 Fissuras causadas por variação higroscópica.....	21
4.1.3 Fissuras causadas por carregamento excessivo	24
4.1.4 Fissuras causadas por concentração de tensões	26
4.1.5 Fissuras causadas por recalques na fundação	28
4.1.6 Fissuras causadas por outros motivos.....	29

4.2	Principais formas de reparo	33
4.2.1	Levantamento de informações	34
4.2.2	Investigação do problema	35
4.2.3	Determinação do procedimento a ser seguido.....	37
5	Resultado: estudo de caso.....	45
5.1	Descrição do imóvel e da vizinhança.....	45
5.2	Identificação das patologias de fissuras na edificação	46
5.2.1	Fissuras provavelmente causadas por variação térmica	48
5.2.2	Fissuras causadas por variação higroscópica.....	49
5.2.3	Fissuras causadas por concentração de tensões	51
5.2.4	Fissuras causadas por embutimento de tubulação na alvenaria.....	53
5.3	Propostas de possíveis soluções.....	56
5.3.1	Proposta para recuperar as fissuras causadas por variação de temperatura	57
5.3.2	Proposta para recuperar as fissuras causadas pela variação higroscópica.....	58
5.3.3	Proposta para recuperar as fissuras causadas por concentração de tensões	59
5.3.4	Proposta para recuperar as fissuras causadas por embutimento de tubulação na alvenaria.....	59
6	Conclusão	61
	Referências.....	63
	Apêndice A – entrevista com os usuários	68

1 INTRODUÇÃO

A norma brasileira de desempenho de edificações, NBR 15575 (ABNT, 2013), define como vida útil de um imóvel o período de tempo em que a construção e seus componentes cumprem as funções para as quais foram edificadas e atendem aos níveis de desempenho previstos. O bom desempenho das habitações implica que aspectos como segurança para uso e operação, estanqueidade, conforto térmico e acústico, higiene e funcionalidade sejam assegurados (ABNT, 2013).

Entretanto, por diversos motivos, edificações no Brasil tendem a apresentar defeitos ou vícios, chamados manifestações patológicas, de forma precoce. Na medicina, patologia é a parte da ciência que estuda as doenças. Da mesma forma, para a engenharia civil, patologia das construções é um termo empregado para o estudo dos defeitos apresentados em edificações, envolvendo suas causas, tratamentos e prevenções (VERÇOZA, 1991).

De acordo com Silva (2011), as patologias podem ser fruto de projetos deficientes, de execuções mal feitas ou podem ser adquiridos ao longo da vida útil da estrutura por falta de manutenção adequada. O mau funcionamento das estruturas pode gerar gastos com manutenções corretivas e em casos extremos levar as edificações à ruína, causando acidentes e grandes perdas econômicas (SILVA, 2011).

Manutenção corretiva é um termo utilizado para corrigir falhas e recuperar a capacidade funcional para a qual determinado item foi projetado, efetuada em momento posterior à sua falha (ABNT/CB-003, 1994). Nos últimos anos, os custos gerados com manutenções corretivas cresceram mais que os custos iniciais de construção e passaram a representar valores significativos durante a vida útil dos imóveis (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

Entre os diversos tipos de patologias, podemos citar as trincas, fissuras e rachaduras. Os materiais constituintes de uma edificação são susceptíveis a oscilações climáticas, gerando variações dimensionais higrotérmicas nos seus componentes (VEIGA, 1998). Segundo Veiga (1998), a restrição a essa movimentação origina tensões no próprio material ou em seu contato com outros. As

trincas, fissuras e rachaduras surgem como uma válvula de escape para aliviar as solicitações quando os esforços originados forem maiores que os resistentes (CORSINI, 2010).

O aparecimento de fissuras nos edifícios é uma patologia que ganha destaque por atrair imediatamente a atenção dos usuários (VERÇOZA, 1991). De acordo com Veiga (1998), a manifestação de trincas nos imóveis pode despertar sensação de insegurança, desconforto visual e mental e insalubridade. Além disso, o surgimento dessas patologias pode ainda resultar em problemas de infiltração e comprometer a estética do imóvel. Ademais, podem indicar problemas estruturais e, a partir da entrada de umidade, afetar a durabilidade de outros sistemas da edificação (VEIGA, 1998).

Na literatura existe grande divergência sobre a conceituação de trincas e fissuras. A ABNT NBR 15575-2 (ABNT, 2013) define trinca como “expressão coloquial qualitativa aplicável a fissuras com abertura maior ou igual a 0,6 mm”. Já para Sabatini e Barros (1990) as fissuras se caracterizam por uma abertura inferior a 1 mm que surgem como um tipo de abertura linear na superfície dos componentes. Segundo Oliveira (2012) fissuras são classificadas como uma abertura de até 0,5 mm, trincas de 0,5 a 1,5 mm e rachaduras de 1,5 a 5,0 mm.

As fissuras em edificações têm duas classificações: geométricas ou mapeadas. As geométricas são aproximadamente lineares, seguindo uma direção predominante e normalmente derivam da movimentação diferencial do substrato (SAHADE, 2005). Já as mapeadas ocorrem em todas as direções simultaneamente, geralmente ocasionadas pela retração do material. Ambas são subdivididas em ativas e passivas (CORSINI, 2010). As ativas apresentam variações sensíveis na abertura ao longo do tempo, enquanto as passivas possuem abertura constante, ou seja, não se expandem nem se retraem mais (ABNT, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho busca investigar as causas das trincas e fissuras em edificações no Brasil, bem como investigar possíveis soluções para um caso real na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. Procura-se contribuir com o

conhecimento destas manifestações patológicas e suas causas, danos e alternativas de correção.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é investigar as causas de fissuras em edificações no Brasil e analisar os métodos de prevenção e correção para estes problemas com base em um estudo de caso.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Identificar na literatura as principais causas de fissuras em edificações no Brasil;
- Compreender os principais métodos de combate de fissuras;
- Solucionar as fissuras analisadas no estudo de caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização

A construção civil brasileira tem como principal método construtivo o concreto armado. A utilização intensa deste método é justificada pela sua conveniência no que tange à facilidade operacional (SANTOS, 2008). Porém, sua predominância não é resultado de evolução natural da técnica e nem do avanço de pesquisas (SANTOS, 2008).

No século XX, o concreto atraiu a maior parte das atividades construtivas, das pesquisas no campo da construção e da atenção de engenheiros e arquitetos. De acordo com Santos (2008) a hegemonia do concreto armado no Brasil foi construída pela sociedade como fruto da interação de diversos fatores como pressão do mercado, falta de evolução da mão de obra, falta de incentivo a pesquisas para técnicas construtivas alternativas e questões culturais da própria sociedade.

No contexto atual, a estrutura portante de uma edificação de concreto armado é constituída pelos seguintes elementos: as lajes que recebem as cargas de uso dos edifícios e as repassam para as vigas, as vigas que repassam para os pilares e estes, por sua vez, repassam para a fundação que, por fim, distribui o carregamento para o solo. Esta configuração resume o esqueleto estrutural responsável por resistir aos esforços oriundos da utilização e do peso próprio das edificações (BASTOS, 2014).

No método do concreto armado, as paredes de alvenaria não apresentam função estrutural, ou seja, atuam apenas como elemento de vedação da construção. As placas de vedação geralmente se apoiam em estruturas com rigidez superior a elas, como vigas ou lajes, que suportam seu peso próprio (BASTOS, 2014). Ao se apoiar em estruturas rígidas, as placas de vedação têm sua movimentação devido à variação higrotérmica restringida (BASTOS, 2014).

O mesmo ocorre com a parte superior da alvenaria ao facear as vigas ou lajes. Desta forma, a parte superior das paredes e a estrutura devem apresentar um espaço deformável, chamado de encunhamento, capaz de absorver as deformações da estrutura que poderiam ser transmitidas à alvenaria (THOMAZ, FILHO, *et al.*, 2009).

O encunhamento pode ser executado assentando tijolos de barro cozidos inclinados em relação à horizontal com argamassas fraca (THOMAZ, FILHO, *et al.*, 2009). A Figura 1 ilustra encunhamento realizado com tijolos de barro cozido.

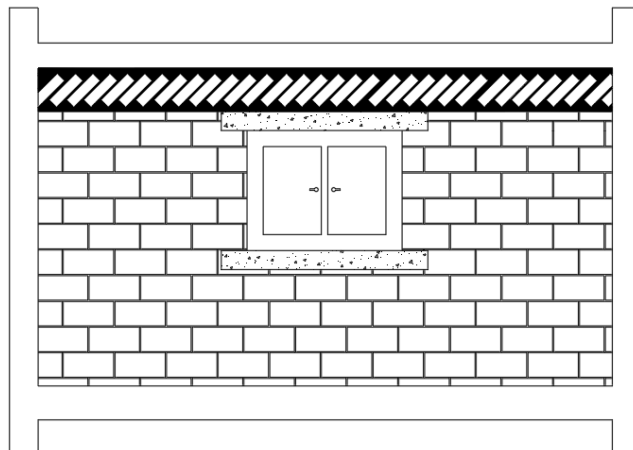


Figura 1: Encunhamento entre alvenaria e viga executado com tijolos de barro cozido. Fonte: adaptado de (THOMAZ, FILHO, *et al.*, 2009).

Para situações onde a estrutura for muito deformável ou a alvenaria apresentar enfraquecimento devido à existência de vãos, Thomaz, *et al.*, (2009) recomenda a utilização de elementos mais flexíveis como poliuretano expandido ou argamassa composta com esferas de poliestireno expandido. Como alternativa, pode-se utilizar argamassa “podre” (com baixo teor de aglomerantes) ou espuma expansiva, conforme ilustrado pela Figura 2.

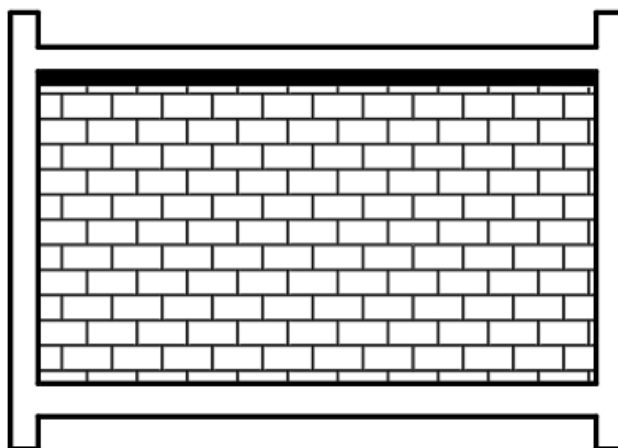


Figura 2: Encunhamento entre alvenaria e viga executado espuma expansiva.

Fonte: adaptado de (THOMAZ, FILHO, et al., 2009).

No período de 2004 a 2013, o setor imobiliário brasileiro experimentou grande crescimento econômico. Pesquisas realizadas em 2011 apontavam que o país era o quarto mais propício a receber investimentos estrangeiros no setor imobiliário e impulsionar a construção civil (PINI, 2011). A Figura 3 apresenta a variação do PIB da construção civil no Brasil no período de 2004 a 2018.

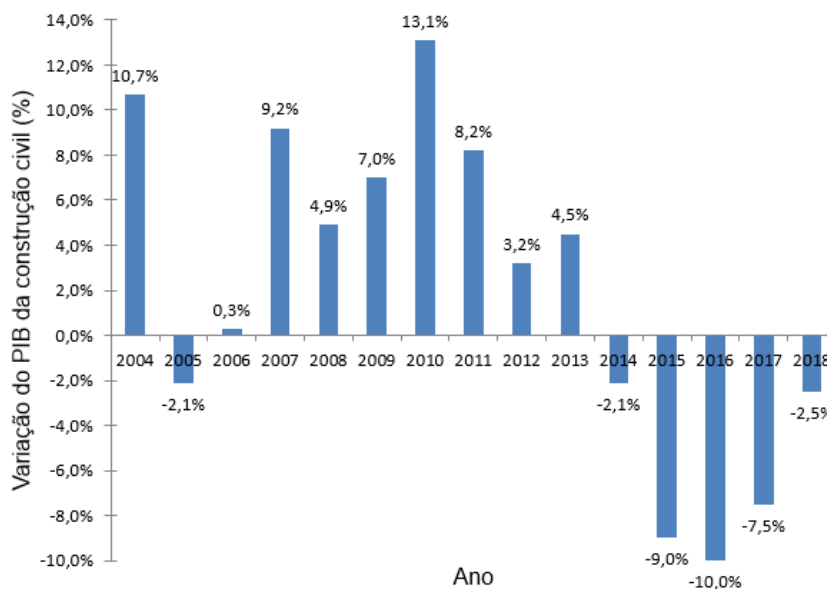


Figura 3: Gráfico apresentando a variação (%) do PIB da construção civil no Brasil. Fonte: Adaptado de CBIC (2018)

O crescimento econômico de países em desenvolvimento como o Brasil fez com que as empresas de engenharia buscassem cada vez mais velocidade para suas obras, reduzindo o controle dos materiais e dos serviços (THOMAZ, 1989). Porém, o aumento da velocidade do processo de construção não pode ser uma justificativa para comprometer a qualidade das edificações (NAKAMURA, 2010).

No cenário atual da construção civil, os prazos sugeridos em normas para as várias etapas construtivas não estão sendo respeitados (NAKAMURA, 2010). O descumprimento dos prazos pode resultar no aparecimento de fissuras provenientes do surgimento de tensões não previstas (ABNT, 1997).

A redução do tempo gasto para construir tem reduzido também o tempo gasto para projetar e pensar nas características da obra e de seus componentes (TÉCHNE, 2011). Com isto, os profissionais de diferentes áreas envolvidos nas obras dialogam pouco, ocasionando falta de compatibilização entre projetos arquitetônicos, estruturais e execução de obras, causando conflitos na construção das edificações (TÉCHNE, 2011).

Somado a isto, no Brasil é comum que não haja comunicação entre projetistas, construtores e fabricantes sobre as descrições técnicas dos materiais utilizados. Como resultado, projetam-se estruturas sem considerar os vínculos e as propriedades elásticas dos materiais, desprezando as rigidezes envolvidas; conseqüentemente, são concebidas estruturas sem considerar a sua acomodação e movimentação (THOMAZ, 1989). De acordo com Thomaz (1989) este processo gera tensões que podem exceder a resistência dos materiais e seus componentes, originando fissuras.

2.2 Patologias em edificações

O desempenho das edificações pode ser descrito como um conjunto de requisitos mínimos que devem ser atendidos com o objetivo de satisfazer os usuários, por exemplo: segurança, estanqueidade, conforto térmico e acústico, higiene e durabilidade (ABNT, 2013). Porém, por diversos motivos, as edificações podem não cumprir os requisitos de desempenho e apresentar manifestações patológicas.

Na engenharia civil, patologia das construções é a ciência que estuda as causas e o mecanismo de formação das manifestações patológicas, que são resultado da degradação das edificações (SILVA, 2011). A análise é importante, principalmente, porque as manifestações patológicas são responsáveis por: indicar um possível problema estrutural, prejudicar o desempenho da edificação e proporcionar sensação de constrangimento e desconforto nos usuários (THOMAZ, 1989).

O surgimento de manifestações patológicas pode indicar problemas em estruturas e em seu estado de conservação. Desta forma, é de suma importância o diagnóstico precoce e tratamento das manifestações patológicas que podem comprometer as estruturas, evitando consequências graves como o colapso estrutural (LOURENÇO e MENDES, 2011). A ruína da estrutura pode resultar em perdas financeiras, danos à saúde dos usuários e até mesmo mortes (SILVA, 2011).

Além de problemas estruturais, as diversas patologias às quais as edificações estão sujeitas podem prejudicar o bom desempenho das habitações. A perda da estanqueidade, por exemplo, pode acarretar em infiltrações que afetam a condutibilidade térmica dos materiais e aceleram sua deterioração, comprometendo o conforto térmico e a durabilidade da obra (VEIGA, 1998).

Ademais, a penetração de água nas edificações pode provocar corrosão nas armaduras, reduzindo sua resistência mecânica e originando manchas (VEIGA, 1998). Deve-se somar a estes problemas, o impacto negativo e sensação de insalubridade que as manifestações patológicas visíveis geram no ambiente, prejudicando a qualidade de vida dos usuários (VEIGA, 1998).

Uma ótima solução para detectar as manifestações patológicas antes que seus efeitos comecem a danificar as edificações é a realização de inspeções periódicas por um técnico (LOURENÇO e MENDES, 2011). Porém, na realidade brasileira os donos e gestores de edificações só se preocupam com as manifestações patológicas quando elas começam a comprometer o bom desempenho das edificações (LOURENÇO e MENDES, 2011).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho é dividido em duas etapas: revisão bibliográfica e estudo de caso. Para a realização da primeira fase do trabalho foram analisados livros e artigos científicos para embasamento teórico e ilustrar as características das patologias estudadas.

A segunda etapa do trabalho é a realização do estudo de caso. Foi feita uma análise na residência de Elinor da Silveira Boeira Martins e Vicente de Paula Martins, situada na Rua da Lagoa, número 470, Lagoa, Ouro Preto – MG. Para melhor compreensão da origem das manifestações patológicas da residência foi feita uma anamnese com a proprietária no dia 16/09/2019. A propriedade é uma edificação unifamiliar de um pavimento construída inicialmente para uma família de cinco pessoas.

O planejamento da obra teve início em 2007 com a realização do projeto arquitetônico por um arquiteto e urbanista. A edificação possui estrutura em concreto armado e alvenaria de vedação em tijolo furado. A Figura 4 apresenta a planta baixa do imóvel analisado.

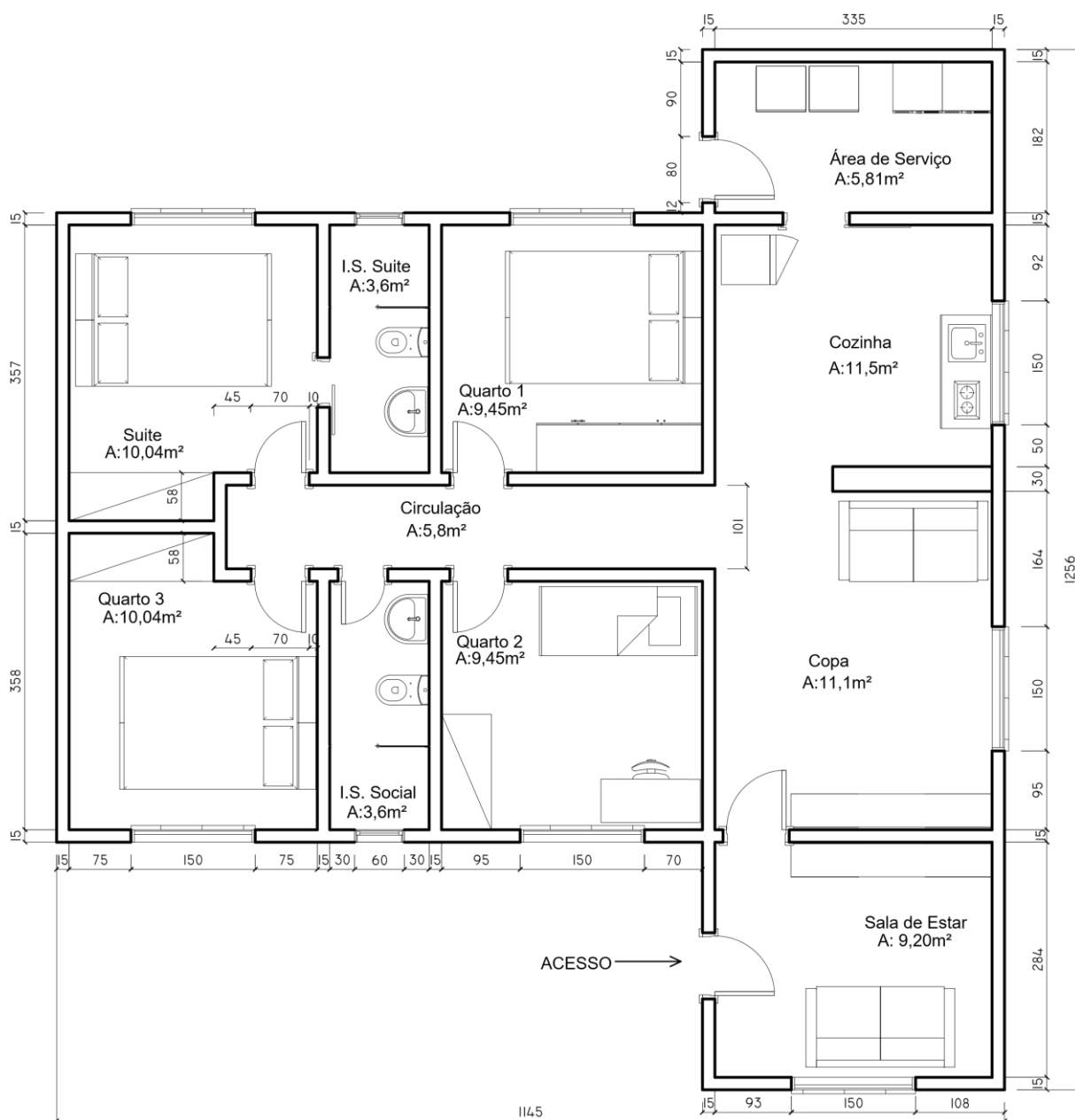


Figura 4: Croqui da edificação analisada. Fonte: Elinor da Silveira Boeira Martins – proprietária.

Os projetos estrutural, elétrico e hidrossanitário foram desenvolvidos por um engenheiro civil. A construção teve início em abril de 2008 e foi finalizada em junho de 2009. O imóvel é situado no nível da rua, ao lado da Lagoa do Gamba e possui 102,72m². A Figura 5 ilustra o imóvel analisado.



Figura 5: Vista frontal do imóvel analisado no estudo de caso. Fonte: autor.

A obra foi realizada por três pedreiros - um deles Vicente de Paula Martins, um dos proprietários - e dois serventes. Não houve acompanhamento técnico e, de acordo com Elinor Martins - proprietária que acompanhou todo o processo de elaboração e aprovação dos projetos e de construção da edificação – os projetos não foram seguidos integralmente.

A edificação foi escolhida pela sua representatividade, visto que as fissuras existentes nela são recorrentes nos lares brasileiros, especialmente aqueles resultantes de autoconstrução, como o presente caso.

A identificação das fissuras na edificação foi feita através de inspeção visual em visita realizada ao imóvel no dia 16/09/2019 e entrevista com a proprietária do imóvel.

Nesta visita foram registradas 10 fissuras que serão ilustradas e classificadas a seguir de acordo com as possíveis causas apresentadas no item 2.3 deste documento.

Nesta data, a temperatura aproximada era de 28°C com elevada umidade relativa do ar; ocorreram também pancadas de chuva durante a semana. Para registro das fotos foi utilizada uma câmera Panasonic DMC-G5 lente Panasonic H-FS014042.

4 RESULTADO: REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Patologias de Fissuras, Trincas e Rachaduras

As fissuras, trincas e rachaduras são aberturas que surgem nas edificações como um mecanismo de alívio de tensões provenientes da movimentação dos materiais e de seus componentes (THOMAZ, 1989). Elas aparecem quando os esforços solicitantes nos materiais ou em suas conexões forem maiores que os esforços resistentes (VEIGA, 1998). A Figura 6 ilustra uma fissura surgindo em muro feito de blocos de concreto preenchidos com concreto.

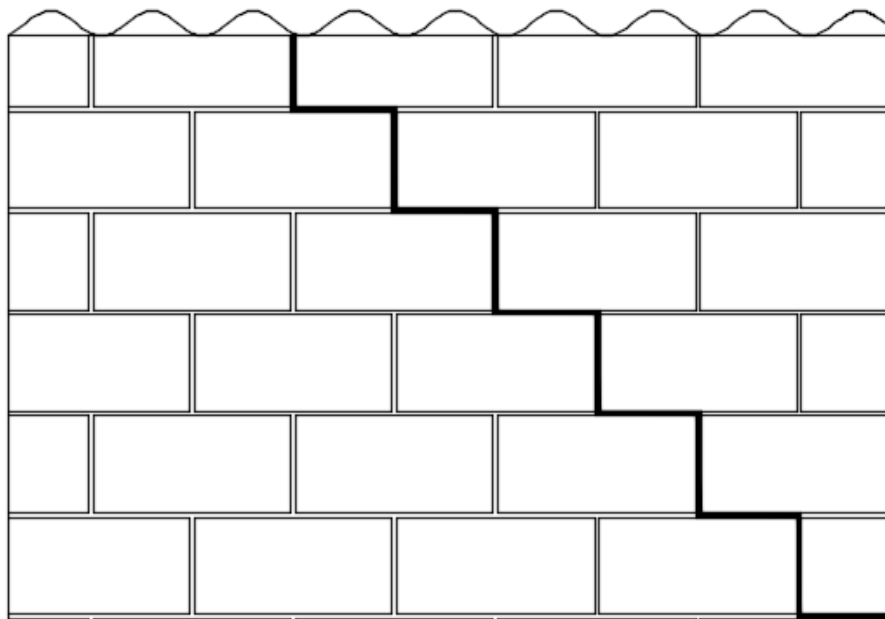


Figura 6: Trinca em muro de bloco de concreto acompanhando a argamassa de assentamento dos blocos. Fonte: autor.

A fissuração de elementos como pilares, vigas e paredes pode indicar problemas estruturais. Ela é capaz de produzir redistribuição das tensões no componente fissurado e nos elementos em contato com ele (THOMAZ, 1989). Segundo Thomaz (1989), as possíveis causas desta fissuração são: falha na execução das peças, falha no cálculo estrutural ou o mau uso da edificação.

A origem das patologias proveniente da etapa de construção pode ser fruto do despreparo dos profissionais do setor, da falta de qualidade dos materiais e da falta

de fiscalização dos responsáveis técnicos pelo empreendimento (ALEXANDRE, 2008). Já as fissuras originadas de falhas nos cálculos estruturais normalmente refletem erros no dimensionamento das taxas de armadura ou das bitolas (THOMAZ, 1989). Por último, o mau uso da edificação pode ser caracterizado pelo carregamento precoce da estrutura, desrespeitando os prazos de cura do concreto ou pelo acréscimo de sobrecargas não previstas em projeto (THOMAZ, 1989).

Quanto ao desempenho das edificações, o surgimento de fissuras pode comprometer a estanqueidade, a vedação contra o ambiente externo, o isolamento térmico e acústico e comprometer a estética dos ambientes (SAHADE, 2005). Somado a isto, a penetração de água na estrutura por meio das fissuras pode provocar ou acelerar o processo de corrosão das armaduras, comprometendo sua resistência e durabilidade. Além disso, de acordo com Veiga (1998), as fissuras causam sensação de desconforto visual e insegurança nos usuários.

Segundo Oliveira (2012) essa patologia é classificada de acordo com o tamanho da abertura, seguindo os valores da Tabela 1. De modo genérico, quando não for especificado o tamanho da abertura, o presente trabalho tratará esse tipo de manifestação patológica como “fissura”.

Tabela 1: Classificação das trincas, fissuras e rachaduras de acordo com a abertura. Fonte: adaptado de Oliveira (2012)

PATOLOGIA	ABERTURA
Fissura	$\leq 0,5$ (mm)
Trinca	$0,5 \leq e \leq 1,5$ (mm)
Rachadura	$1,5 \leq e \leq 5,0$ (mm)

As fissuras são classificadas conforme três níveis: quanto à variação da abertura, quanto à sua atividade e quanto à forma de se manifestar. A Figura 7 apresenta um esquema que relaciona os níveis de classificação das fissuras com suas subdivisões.

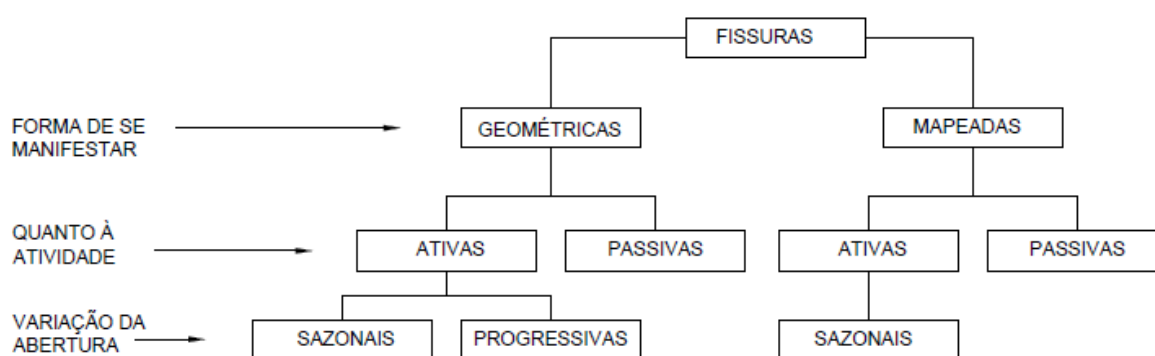


Figura 7: Classificação das fissuras. Fonte: adaptado de Sahade (2005)

Além da classificação conforme a aparência (geométricas ou mapeadas) e conforme a atividade (ativas ou passivas), as fissuras são classificadas de duas formas quanto a variação da sua abertura: sazonais ou progressivas (SAHADE, 2005). As sazonais são aquelas cuja variação da abertura pode ser relacionada com a variação periódica das condições climáticas e são caracterizadas por oscilar em torno de um valor médio. Já as progressivas tendem a apresentar aberturas sempre crescentes (SAHADE, 2005).

As fissuras que apresentam variação na abertura são classificadas como ativas quanto à sua atividade. Segundo Sahade (2005), caso essa oscilação seja sazonal, as fissuras ativas normalmente não indicam problemas na estrutura da edificação. Porém, no caso de a variação da abertura ser progressiva, deve-se verificar a possibilidade de problemas estruturais que devem ser corrigidos de forma imediata. A Figura 8 ilustra uma fissura progressiva que pode ser decorrente de recalque diferencial da fundação. Já as fissuras sem variação sensível da abertura no decorrer do tempo são chamadas de passivas e são consideradas estabilizadas (SAHADE, 2005)

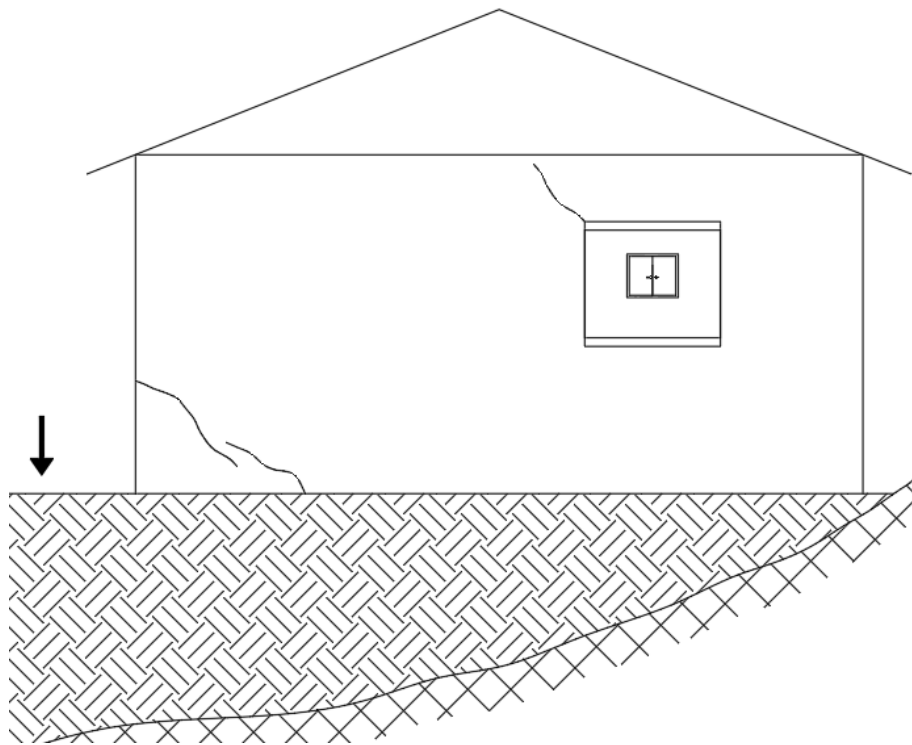


Figura 8: Fissura progressiva possivelmente causada por recalque diferencial da fundação. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).

Por fim, as fissuras podem ser classificadas quanto à forma de se manifestar como geométricas e mapeadas. As fissuras geométricas se destacam, dentre suas características, pela movimentação relativa entre os limites de materiais diferentes (SAHADE, 2005). Elas são caracterizadas pela forma geométrica bem definida e por apresentar uma direção predominante (horizontal, vertical ou diagonal) (SAHADE, 2005).

Um exemplo de fissura geométrica é a que ocorre devido à variação térmica em grandes painéis de alvenaria e/ou revestimento. A Figura 9 apresenta configuração típica de fissura geométrica se propagando nos blocos da alvenaria e a Figura 10 ilustra um caso em que a fissura acompanhou a argamassa de assentamento.

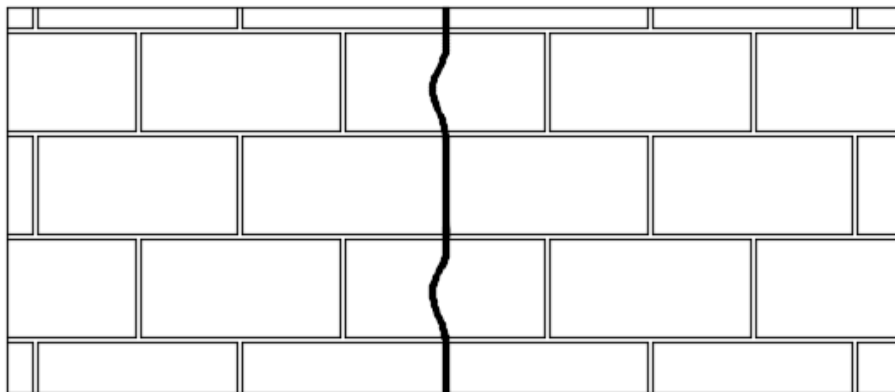


Figura 9: Configuração típica de fissura geométrica nos blocos da alvenaria.

Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

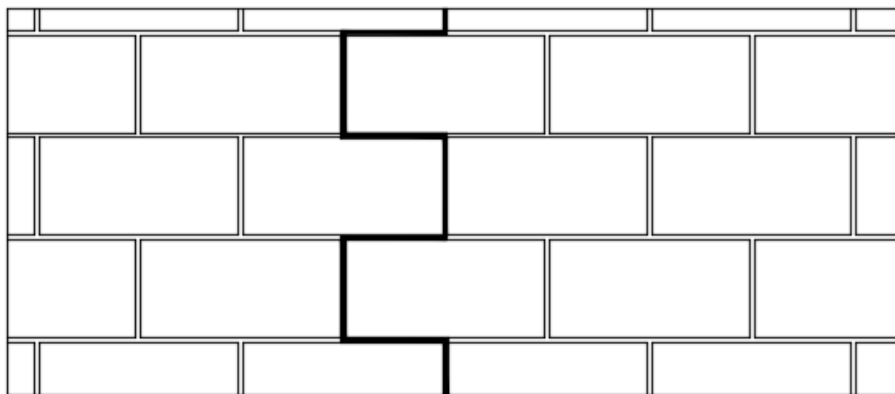


Figura 10: Configuração típica de fissura geométrica acompanhando a argamassa de assentamento de alvenaria. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

Já as fissuras mapeadas geralmente apresentam-se sem direção predominante e normalmente são superficiais, não indicando problema estrutural nos edifícios (CORSINI, 2010). Elas são geralmente formadas por tensões que surgem nas argamassas ou concretos devido principalmente à retração, por traços contendo muitos materiais pulverulentos, excesso de água ou por excesso de desempenamento (SAHADE, 2005). A Figura 11 apresenta uma configuração típica de fissura mapeada.



Figura 11: Configuração típica de fissura mapeada em argamassa de revestimento. Fonte: adaptado de IBDA (2019).

4.1.1 Fissuras causadas por variação da temperatura

As variações de temperatura ambiente provocam variações dimensionais nos materiais das construções, dilatando com a variação positiva de temperatura e contraindo com a variação negativa (DUARTE, 1998). Os elementos mais expostos das edificações sentem de forma mais sensível a variação da temperatura e tendem a se movimentar mais (DUARTE, 1998).

A intensidade das movimentações depende de propriedades físicas como: dilatação térmica, coeficiente de condutibilidade térmica e gradiente de variação térmica (THOMAZ, 1989). As restrições a esta movimentação dão origem a tensões nos materiais e em seu contato com outros elementos (THOMAZ, 1989).

O esqueleto portante de uma edificação está naturalmente sujeito a movimentações devido à variação térmica, higroscópica, acomodações do solo ou vibrações nas suas proximidades (THOMAZ, 1989). De acordo com Thomaz (1989), geralmente os esforços gerados devido à dilatação térmica das lajes e vigas são transmitidos para os pilares ou para a alvenaria quando a estrutura não possui juntas de movimentação.

Segundo Pacheco (2002) as juntas de movimentação tem a função de separar elementos estruturais de outros elementos portantes ou de elementos de vedação – sem função estrutural. As variações volumétricas às quais edificações e seus componentes estão sujeitos podem justificar o uso de juntas de dilatação ou movimentação (ABNT, 2018).

Elas são utilizadas para permitir que partes contínuas de edifícios atuem como corpos rígidos isolados para a atuação da variação térmica (ABNT, 2018). Dessa forma, cada parte se movimenta sem acrescentar tensões uma na outra (THOMAZ, 2012). A concepção estrutural das edificações deve levar em conta a existência de tais juntas (MONTEIRO, 2008).

Por serem elementos menos rígidos e resistentes que o esqueleto estrutural das edificações, as paredes de vedação podem funcionar como válvula de escape para as solicitações que surgem, dando origem a patologias (THOMAZ, 1989). Segundo Thomaz (1989), a tendência da alvenaria se movimentar é proporcional à extensão dos vãos e sua restrição resulta em tensões que podem dar origem a fissuras geométricas. A Figura 12 ilustra uma configuração típica de fissura em alvenaria causada pela movimentação térmica da estrutura.

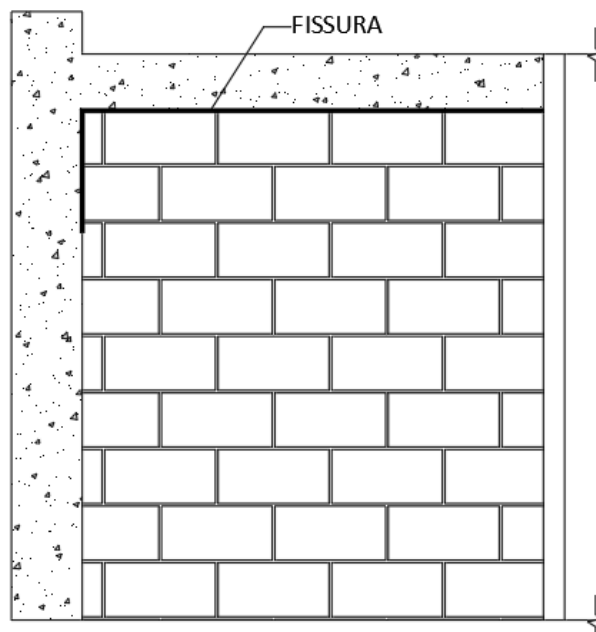


Figura 12: Configuração típica de fissura em alvenaria causada por movimentação térmica diferencial entre a estrutura e a alvenaria. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).

Apesar de ser menos comum, as solicitações térmicas também podem provocar manifestações patológicas nos pilares das edificações. Dependendo da forma de vinculação viga-pilar, a movimentação das vigas transfere esforços de tração e cisalhamento aos pilares, provocando fissuras levemente inclinadas nas suas extremidades (THOMAZ, 1989), como ilustrado na Figura 13. Estas fissuras indicam má conformação estrutural e podem anunciar problemas estruturais, necessitando de avaliação (THOMAZ, 1989).

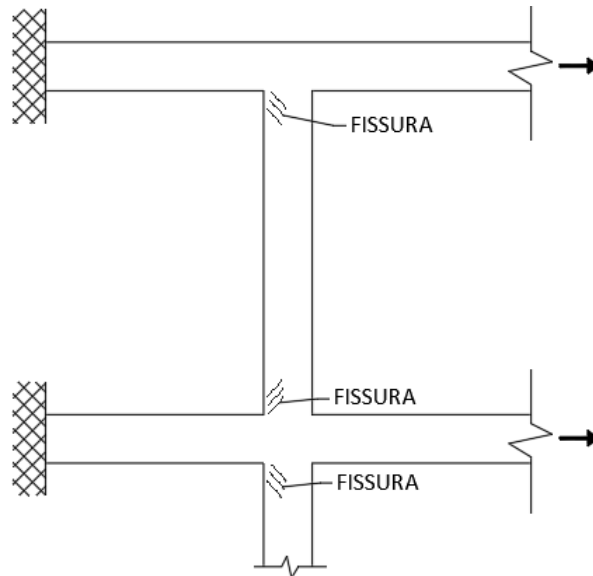


Figura 13: Fissuras formadas em pilares de concreto armado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).

4.1.2 Fissuras causadas por variação higroscópica

O aumento da umidade faz com que materiais cerâmicos porosos se expandam e a redução faz com que eles se contraíam. Segundo Thomaz (1989), as trincas provocadas por essa variação higroscópica são semelhantes às provocadas pela variação de temperatura e sua abertura é função das propriedades dos materiais e das variações climáticas.

A umidade tem acesso aos materiais através de seus poros e pode ser proveniente do solo, do ar, de problemas na execução da obra ou de falhas nos sistemas hidrossanitários durante o uso (VEIGA, 1998). Já a perda de umidade para o meio externo, segundo Veiga (1998), pode ser resultado de diversos fatores, como evaporação, alta absorção de um substrato adjacente, ventos e alta temperatura.

O reboco geralmente libera sua água livre de forma natural, sem nenhum tipo de controle e apresenta diferentes velocidades de secagem ao longo de sua espessura. A ventilação natural e a variação da temperatura são sentidas de forma mais sensível

pela parte externa da argamassa. Dessa forma, a mesma peça de reboco fica sujeita a retrações diferenciais (VEIGA, 1998). Caso existam vínculos que impeçam ou restrinjam a movimentação das peças, podem ocorrer fissuras nos elementos (THOMAZ, 1989). As alvenarias tradicionais são um suporte muito mais rígido que os revestimentos em argamassa, como indicado na Figura 14.

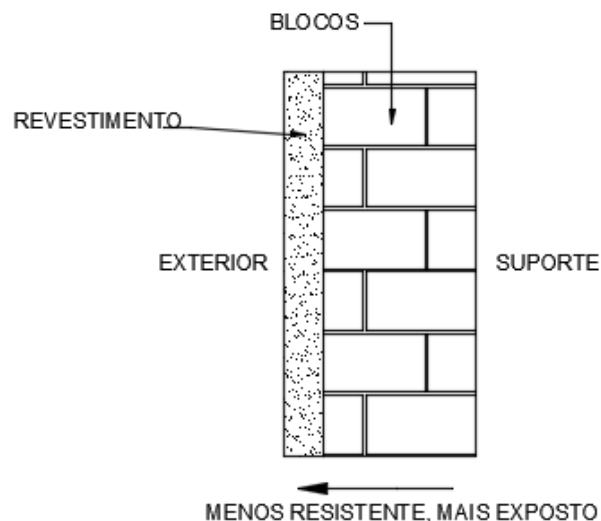


Figura 14: Representação de alvenaria tradicional com blocos e revestimento.

Fonte: adaptada de Veiga (1998)

Segundo Veiga (1998) essas alvenarias funcionam como base para as argamassas, restringindo a movimentação diferencial ocasionada pela configuração anteriormente descrita. É esta restrição à movimentação – não a movimentação propriamente dita - que resulta em um estado de tensões insustentável e dá origem às trincas (VEIGA, 1998). A Figura 15 apresenta configuração típica de fissura mapeada que se formou na fachada devido à variação higroscópica do reboco (SAHADE, 2005).



Figura 15: Configuração típica de fissura mapeada em fachada de prédio formada pela restrição à movimentação do reboco (SAHADE, 2005).

As fissuras que surgem devido à configuração anteriormente descrita geralmente são superficiais e também podem ocorrer na alvenaria (VEIGA, 1998).

Quando o alicerce da alvenaria não recebe adequada impermeabilização, as vigas baldrame e as primeiras fiadas de tijolos são afetadas pela umidade ascendente do solo (THOMAZ, 1989). Com isso, segundo Thomaz (1989), as camadas mais inferiores da alvenaria absorvem a umidade e se movimentam de forma diferencial em relação às camadas superiores. Essa movimentação diferencial dá origem a trincas horizontais na base das paredes que comumente são acompanhadas por eflorescência (THOMAZ, 1989). A Figura 16 representa configuração típica das fissuras descritas neste parágrafo. (LEONHARDT e MONNING, 1982)

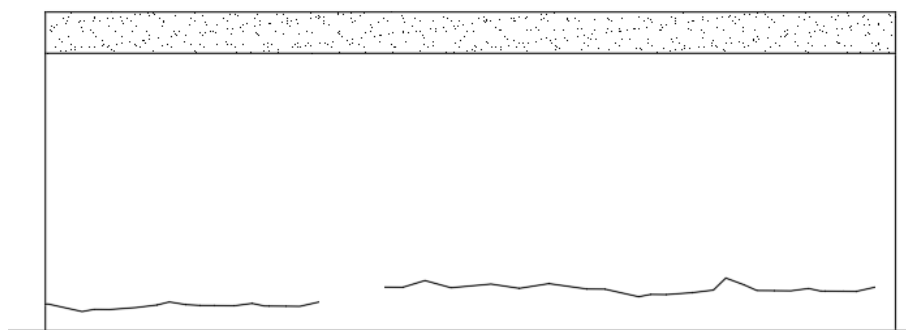


Figura 16: Fissura horizontal na base de alvenaria devido à movimentação diferencial causadas pela ascensão de umidade. Fonte: Adaptada de Thomaz (1989).

4.1.3 Fissuras causadas por carregamento excessivo

A utilização do concreto armado considera a resistência do concreto à compressão e a resistência do aço à tração. A qualidade de uma estrutura depende do trabalho conjunto destes dois materiais, que atuam bem em conjunto por terem boa aderência entre eles e coeficientes de dilatação próximos (ABNT, 2018).

Quando se trata de componentes estruturais, as fissuras podem ser causadas por esforços de tração, compressão ou cisalhamento (CIENTEC, 1998). Segundo Almeida (2002), as armaduras na parte inferior de vigas submetidas à flexão resistem aos esforços de tração enquanto o concreto na parte superior suporta os esforços de compressão. Para resistir aos esforços cortantes, utiliza-se armadura de cisalhamento (ALMEIDA, 2002). De acordo com Thomaz (1989), vigas subarmadas podem dar origem a trincas de tração, vigas com armadura de cisalhamento deficiente podem dar origem a trincas inclinadas e as vigas muito armadas ou com concreto de baixa qualidade podem dar origem a trincas na sua zona comprimida.

A NBR ABNT 6118 (2018) define o estado limite de fissuras (ELS-F) como o estado em que tem início a fissuração. Ele é alcançado quando a tensão de tração máxima da peça for igual à resistência do concreto à tração na flexão (ABNT, 2018). Segundo Thomaz (1989), as vigas com armadura insuficiente na parte tracionada dão

origem a fissuras ortogonais à direção dos esforços principais de tração, como apresentado na Figura 17.

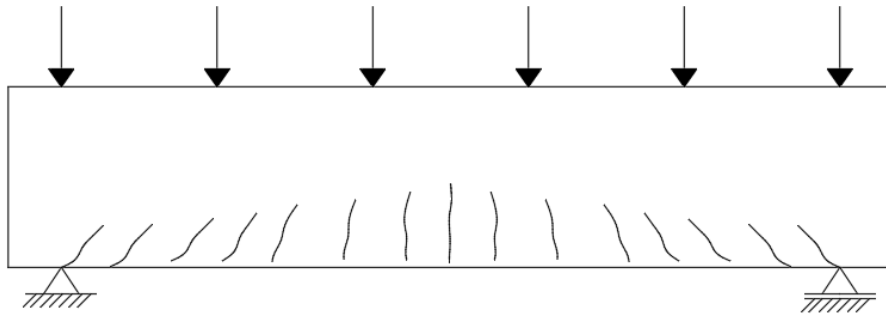


Figura 17: Configuração típica de fissuras em viga biapoiada solicitada à flexão. Fonte: adaptada de Thomaz (2012)

Já as vigas com armadura de cisalhamento insuficiente podem dar origem a fissuras que se manifestam próximas aos bordos e inclinadas com ângulo variando de 45 a 60° - quanto mais altas as vigas, maior será a angulação da fissura (THOMAZ, 1989). A Figura 18 apresenta configuração típica de fissura formada quando a tensão cisalhante solicitante é maior que a resistente.

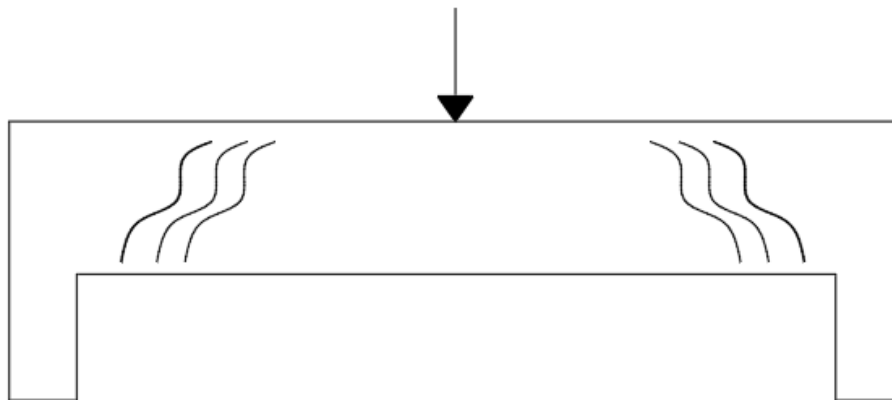


Figura 18: Fissuras de cisalhamento próximas aos apoios de viga solicitada por flexão. Fonte: adaptada de Marcelli (2007).

Por fim, as vigas com armadura excessiva ou concreto com baixa resistência podem dar origem a trincas que surgem pelo esmagamento do concreto (LEONHARDT e MONNING, 1982).

4.1.4 Fissuras causadas por concentração de tensões

Em geral, nas paredes sem aberturas, os esforços resultantes do peso próprio, ação do vento, variação da temperatura e outros se distribuem de maneira uniforme sobre a alvenaria (THOMAZ, 1989). Entretanto, ao abrir vãos para esquadrias nas paredes, estes esforços se redistribuem e concentram-se nas quinas e no centro das aberturas (THOMAZ, 1989).

Como resultado da concentração de tensões, podem aparecer fissuras nos cantos das esquadrias formando ângulos aproximados de 45° com a horizontal e no centro dos vãos com direção vertical (THOMAZ, 1989). A Figura 19 contém configuração típica de fissura inclinada em aproximadamente 45° com a horizontal surgindo no canto de uma janela e Figura 20 apresenta fissura formada no centro do vão.

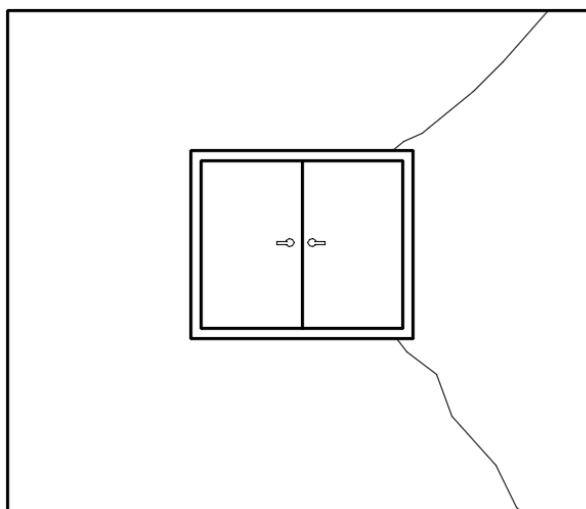


Figura 19: Fissura surgindo ao lado do vão de janela sem verga e contraverga, com inclinação próxima de 45° . Fonte: autor.

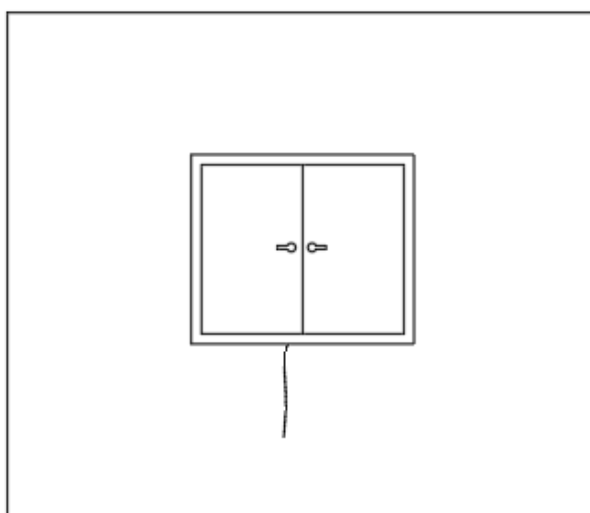


Figura 20: Fissura surgindo no centro do vão de janela sem verga e contraverga, com direção vertical. Fonte: autor.

A utilização de vergas e contravergas combate este fenômeno ao impedir que os esforços se concentrem nas proximidades das aberturas (TÉCHNE, 2007). As vergas e contravergas são vigas construídas respectivamente na parte superior e inferior dos vãos de esquadrias. A função destes elementos é reforçar as aberturas, impedindo que os esforços atuantes na alvenaria se concentrem (TÉCHNE, 2007). As portas possuem apenas vergas, enquanto as janelas possuem ambas, como ilustrado na Figura 21.

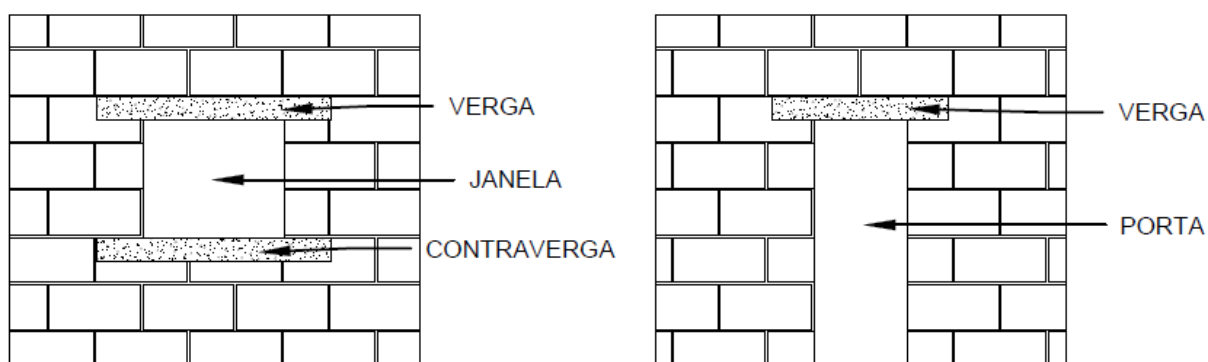


Figura 21: Vergas e contravergas sendo utilizadas em esquadrias para impedir a concentração de tensões. Fonte: adaptada de (TÉCHNE, 2007)

4.1.5 Fissuras causadas por recalques na fundação

As fundações podem ser comprometidas por esforços adicionais que surgem por diversos fatores, dentre eles destacam-se: o adensamento do solo, rebaixamento do lençol freático, sobrecargas no bulbo de tensões devido a construções vizinhas e vibrações causadas por obras ou trânsito excessivo nas suas proximidades (TÉCHNE, 2007). No Brasil, a maioria destes problemas são oriundos de obras sem estudo das características do solo em que se apoiam as fundações e da vizinhança (TÉCHNE, 2007).

De modo geral, as fundações tendem a acompanhar o deslocamento do solo e recebem esforços adicionais (VELLOSO e LOPES, 2004). O recalque é definido como o deslocamento vertical de cima para baixo de uma fundação em relação a um referencial, geralmente o nível do terreno (VELLOSO e LOPES, 2004). Caso este deslocamento ocorra somente em uma parte da estrutura, ou de forma mais acentuada em uma parte, este fenômeno de deslocamento passa a ser classificado como recalque diferencial da fundação (VELLOSO e LOPES, 2004).

Quando estas deformações são diferentes ao longo das fundações de uma edificação, são introduzidas na estrutura grandes tensões, que podem ultrapassar a resistência dos materiais e de suas conexões, dando origem a fissuras (THOMAZ, 1989). Geralmente estas fissuras se manifestam na alvenaria – seja ela portante ou de vedação – com inclinação típica de 45° com a horizontal e tendem a se direcionar para a parte da fundação que não sofreu recalque, ou que recalcou menos (MILITITSKY, CONSOLI e SCHENAID, 2015).

Sendo a edificação construída com esqueleto portante em concreto armado e alvenaria de vedação, quando as fundações sofrem recalque diferencial os esforços oriundos são repassados para os pilares e redistribuídos através das vigas (THOMAZ, 1989). Porém, por ser composta de material menos resistente, a alvenaria de vedação normalmente funciona como um alívio para estas tensões e é nela que surgem as trincas provenientes da movimentação das fundações (MILITITSKY, CONSOLI e SCHENAID, 2015). A Figura 22 apresenta configuração típica de fissura em alvenaria de vedação proveniente de recalque diferencial de fundação.

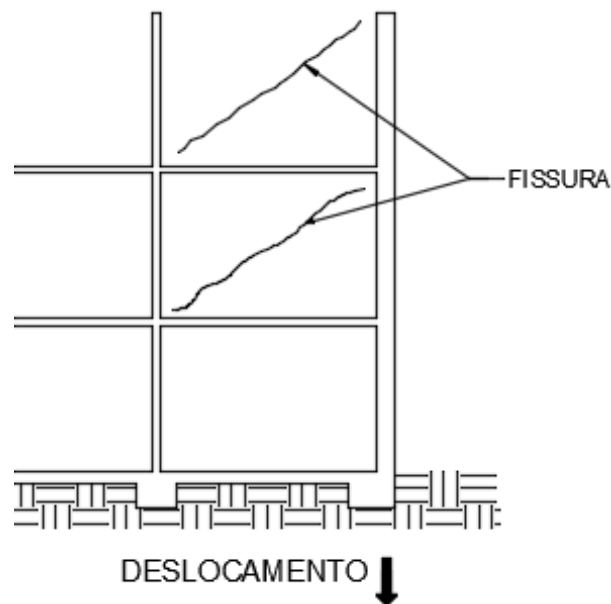


Figura 22: Fissura em alvenaria de vedação causada por recalque diferencial em sapata de canto; a fissura aponta para o lado que não sofreu deslocamento. Fonte: adaptada de Milititsky, Consoli e Schenaid (2015).

4.1.6 Fissuras causadas por outros motivos

Além das causas previamente discutidas no presente trabalho, existem ainda outras possíveis causas de fissuração nas edificações, que serão comentadas neste item. São elas, reação álcali-agregado, embutimento de tubulações nas alvenarias, remoção rápida das escoras e corrosão da armadura.

4.1.6.1 Fissuras causadas pela reação álcali-agregado (RAA)

A RAA é a reação química que ocorre na matriz de concreto entre os minerais reativos presentes nos agregados e os álcalis presentes no cimento, na água de amassamento ou em adições realizadas (DECHICHI, 2002). A reação é lenta e os principais álcalis envolvidos na RAA são o óxido de sódio (Na_2O) e de Potássio (K_2O) (DECHICHI, 2002).

A RAA é mais comum em obras constantemente expostas à umidade como barragens e pontes, porém também pode ocorrer em obras habitacionais, com maior incidência nas fundações (PAULON, 1981). De acordo com Paulon (1981), a RAA dá origem a produtos expansivos na presença de umidade e pode gerar desde fissuração invisível a olho nu até fissuras que comprometem as estruturas de concreto armado. De acordo com Cichinelli (2007), é raridade a RAA levar a estrutura de concreto ao colapso, porém ela funciona como porta de entrada para outras formas de deterioração da estrutura.

O principal indício de RAA nas peças de concreto armado é a fissuração (CICHINELLI, 2007). Este fato dificulta a identificação da RAA visto que existem diversas outras causas de fissuras, como visto ao longo do presente trabalho. A Figura 23 ilustra fissuração em elemento de concreto armado proveniente da RAA.



Figura 23: Bloco de fundação fissurado por consequência da RAA (CICHINELLI, 2007).

4.1.6.2 Fissuras causadas pelo embutimento de tubulações na alvenaria

Atualmente no Brasil, os tubos comumente utilizados para passagem de fios elétricos e do sistema hidrossanitário são embutidos nas alvenarias e lajes. Desta forma, por serem materiais menos rígidos que os blocos, estes tubos provocam o enfraquecimento da alvenaria, criando zonas de fraqueza (TÉCHNE, 1998).

Quando a alvenaria se movimenta são originadas tensões nos painéis de vedação que tendem a ser transferidas para as zonas menos resistentes e podem, com isto, dar origem a fissuras (TÉCHNE, 1998). O resultado disto pode ser a formação de fissuras que acompanham o embutimento das tubulações nas alvenarias e nas lajes, como mostrado na Figura 24.

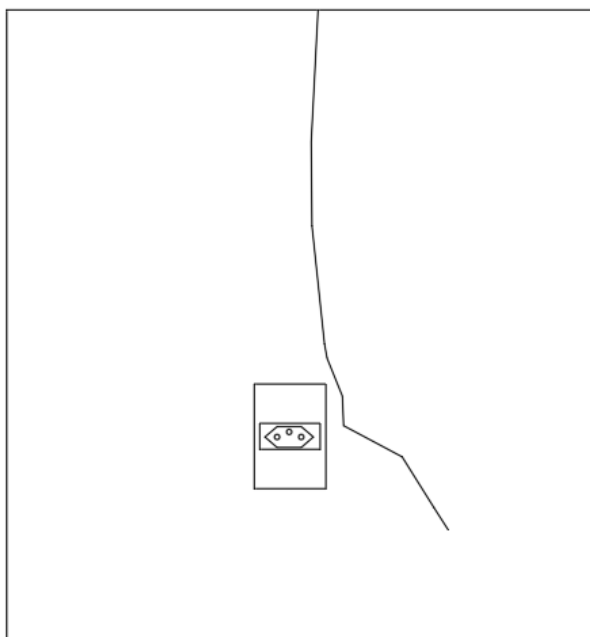


Figura 24: Fissura causada pelo embutimento de tubulação elétrica na alvenaria. Fonte: autor.

4.1.6.3 Fissuras causadas pela remoção rápida das escoras

Há alguns anos, esperava-se de 7 a 12 dias para iniciar a retirada de formas e escoramentos de uma laje; atualmente esse serviço é iniciado antes de completar 5 dias (NAKAMURA, 2010). Formas e escoramentos devem ser retirados respeitando o comportamento da estrutura, atendendo ao tempo necessário para que o concreto adquira resistência e suporte às cargas impostas (ABNT, 2017). Não respeitar os prazos necessários à cura do concreto e ao ganho de resistência das estruturas pode gerar tensões não previstas no material, dando origem a fissuração na estrutura (THOMAZ, 1989).

4.1.6.4 Fissuras causadas pela corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras que compõem o concreto armado pode ser classificada como um processo eletroquímico, que ocorre em meio aquoso e depende de diferença de potencial, exposição ao ar e agentes agressivos (ANDRADE, 2001). Segundo Andrade (2001), o processo de corrosão eletroquímica depende de um desequilíbrio elétrico entre metais diferentes ou entre partes do mesmo metal.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a corrosão das armaduras pode ser definida como a transformação de aço metálico em ferrugem seguida de aumento no volume da armadura. Este aumento no volume da armadura faz com que o concreto também expanda, provocando nele uma redistribuição das tensões internas que resulta na perda de aderência entre os materiais e no surgimento de espaços vazios no concreto (CUNHA e HELENE, 2001).

Este processo de acréscimo e redistribuição das tensões internas no concreto pode dar origem à fissuração (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Com isso, além de comprometer o concreto gerando nele zonas de fraqueza, a fissuração gera vazios que expõem a armadura às intempéries, aumentando assim sua corrosão e a abertura das fissuras, intensificando o processo e agravando a situação (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A Figura 25 ilustra o surgimento de fissura resultante da expansão da armadura causada pela sua corrosão.

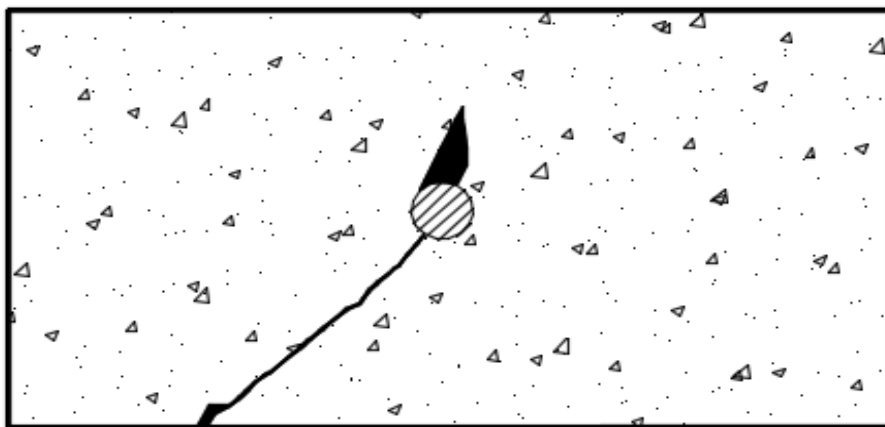


Figura 25: Fissura surgindo em elemento de concreto armado devido à corrosão da armadura. Fonte: adaptada de Helene (1986).

4.2 Principais formas de reparo

De acordo com Sahade (2005), as técnicas de recuperação de elementos fissurados dependem das características das fissuras. É fundamental que a solução empregada seja compatível com o problema e com as características construtivas (LORDSLEEM JUNIOR, 1997).

Entretanto, identificar as causas de uma fissura é uma tarefa complexa, pois, segundo Thomaz (1989), o mesmo problema pode dar origem a diversas configurações de fissuras, o que dificulta a compreensão da manifestação patológica. Além disso, uma fissura pode se originar por um somatório de causas, o que pode resultar em casos em que os reais motivos do aparecimento das manifestações patológicas não são determinados com exatidão (THOMAZ, 1989).

Desta forma, o passo inicial para se recuperar uma fissura é realizar um estudo detalhado dos projetos, métodos construtivos e das características da fissura, a fim de conhecer com o máximo de precisão as prováveis causas e as características da manifestação patológica (SAHADE, 2005). Ainda segundo Sahade (2005), as equipes que trabalham com recuperação de elementos fissurados precisam ser bem treinadas, garantindo uma mão de obra qualificada.

Para Lichtenstein (1985), o reparo de problemas patológicos é destrinchado em três etapas:

- Levantamento de informações: obter as informações necessárias para a compreensão das manifestações patológicas e de suas causas;
- Investigação do problema: entender as manifestações patológicas e relacionar as possíveis causas e efeitos;
- Determinação do procedimento a ser seguido: determinar as soluções para as patologias;

4.2.1 Levantamento de informações

Segundo Sahade (2005), as principais técnicas de recuperação de fissuras estão relacionadas com as características das patologias. Sendo assim, o passo inicial para tratar uma fissura é buscar com precisão qual o seu mecanismo de formação.

O estudo inicial da manifestação patológica deve ser focado em levantar o máximo de informações necessárias para diagnosticar a causa da fissura: variação da temperatura, variação higroscópica, carregamento excessivo, concentração de tensões, recalques na fundação ou outros. Segundo Thomaz (1989), nesta etapa de levantamento de subsídios é fundamental a análise minuciosa da obra com auxílio técnico competente.

Em alguns casos, devido à complexidade da análise, é necessário o uso de equipamentos para: detecção de armaduras, indicador dos teores de umidade e outros aspectos. Um segundo aspecto a ser levantado é a qualidade dos materiais utilizados para a construção e o modo de execução que foi seguido (SAHADE, 2005).

Thomaz (1989) lista alguns itens que não podem passar despercebidos durante o levantamento de informações sobre uma fissura. Os fatores a ser investigados que mais se adequam ao presente trabalho são:

- Incidência, configuração, comprimento, profundidade, abertura e localização da fissura;
- Idade aproximada da trinca e a época em que a edificação foi construída;
- Existência de alguma manifestação patológica semelhante à analisada em componentes vizinhos da edificação, em outros pavimentos ou em edifícios vizinhos;
- Se a fissura apresenta ou não variação na sua abertura;
- Se a patologia estudada já passou por reparo anterior;
- Se a vizinhança da obra passou por alguma modificação profunda que possa ter afetado a edificação analisada;
- Se nas proximidades da fissura existem tubulações ou eletrodutos embutidos;

- Se existem outras manifestações patológicas nas proximidades da fissura, como umidade, descolamentos ou manchas de ferrugem;
- Se as fissuras se manifestam preferivelmente em uma fachada específica da edificação;
- Se a edificação está sendo utilizada corretamente conforme sua finalidade.

Para finalizar a primeira etapa da recuperação de patologias, segundo a metodologia recomendada por Lichtenstein (1985), é necessário agrupar as informações coletadas, elencando as mais relevantes e construindo uma linha do tempo até o surgimento do problema em estudado.

4.2.2 Investigação do problema

Após levantar o máximo de informações possível acerca das manifestações patológicas, o próximo passo para a recuperação é relacionar as possíveis causas e efeitos com as características das fissuras identificadas (LICHTENSTEIN, 1985). Como existem diversos mecanismos de formação de fissuras e diversos movimentos que podem originá-las, uma ação importante para diagnosticar as fissuras e relacionar suas causas e efeitos é imaginar o movimento que deu origem à patologia (THOMAZ, 1989).

Para Thomaz (1989), uma boa técnica para diagnosticar as patologias é considerar inicialmente todas as suas possíveis causas e ir eliminando as que não se adequam à situação analisada na etapa de coleta de informações. Para os casos em que apenas a análise não é capaz de chegar a um diagnóstico preciso, Thomaz (1989) afirma que devem ser tomadas medidas mais trabalhosas como a revisão dos cálculos estruturais, avaliação da sondagem local em caso de possibilidade de recalques ou ainda utilização de técnicas instrumentadas. A utilização de instrumentos para o diagnóstico das fissuras varia desde medidas simples como o uso fissurômetros até medidas mais sofisticadas como a utilização de extensômetros (THOMAZ, 1989).

O fissurômetro é uma régua fabricada em acrílico com graduação em milímetros de 0,05mm a 1,5mm. Ele deve ser disposto na fissura analisada de forma a identificar

na régua a escala correspondente à abertura da patologia NBR 6118 (ABNT, 2018). A Figura 26 ilustra um modelo de fissurômetro encontrado no mercado.



Figura 26: Modelo de fissurômetro encontrado no mercado.

Já os extensômetros são sensores capazes de medir as deformações mecânicas de corpos de prova e outros objetos (Techni Measure, 2019). Eles podem ser fixados na estrutura analisada através de adesivos epóxis. A Figura 27 ilustra extensômetro comercial fabricado pela *Techni Measure*.

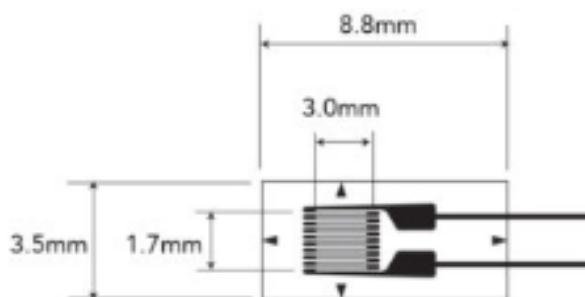


Figura 27: Modelo de extensômetro comercial utilizado para medida linear fabricado pela Techni Measure (Techni Measure, 2019).

Com as análises recomendadas no item 4.2.1 e, caso necessário, o uso das medidas descritas no item 4.2.2, o técnico responsável pela análise poderá, na maioria dos casos, chegar ao diagnóstico do problema. Entretanto, Thomaz (1989) alerta para a possibilidade de diagnósticos precipitados, pois as semelhanças de algumas situações podem induzir ao erro.

Para evitar falhas, Thomaz (1989) recomenda que todas as condições de contorno da patologia e da edificação sejam cautelosamente analisadas e de diversos ângulos para analisar todos os fatores envolvidos. Além disso, é importante observar além das

características físicas da patologia e da obra, os dados históricos da edificação e da região onde ela está implantada, como dito no item 4.2.1. Os dados históricos poderão indicar a ocorrência de anomalias nas etapas construtivas da obra ou durante o seu uso, como por exemplo, grandes chuvas, enchentes, vibração excessiva do solo na vizinhança ou uso incompatível da edificação.

4.2.3 Determinação do procedimento a ser seguido

De acordo com Sahade (2005), a escolha do sistema de recuperação adequado é fundamental para que a fissura não ressurgja com o tempo e deve ser compatível com o acabamento dos pontos vizinhos às patologias, de modo a não influenciar na arquitetura e estética da edificação. Dito isto, para definir a solução para uma determinada fissura é preciso unir a compreensão das suas causas, a forma de recuperação, o plano de ataque e o acabamento esperado.

Quanto à forma de recuperação, existem três alternativas segundo Sahade (2005): substituição, reforço ou recuperação. No presente trabalho, o foco é na recuperação de elementos fissurados. Para Lordsleem Junior (1997), os sistemas utilizados para a recuperação das fissuras em alvenarias de vedação precisam desempenhar as funções que o revestimento não foi capaz de desempenhar, originando as patologias.

O plano de ataque precisa levar em consideração a disponibilidade de: mão de obra qualificada, equipamentos adequados e materiais de qualidade. Além disso, a metodologia para a recuperação de uma fissura precisa considerar as condições de trabalho que serão enfrentadas. Por fim, o procedimento adotado deve permitir que o acabamento seja compatível com o componente fissurado, gerando o mínimo de interferência possível na edificação. A seguir, são apresentados alguns procedimentos para recuperação de elementos fissurados.

4.2.3.1 Recuperação de elementos fissurados em alvenaria de vedação

De acordo com Sahade (2005) é convencionalizado que o primeiro passo para recuperação deste tipo de fissuras é a abertura de sulcos retangulares com largura podendo variar de 20 mm a 5 cm e profundidade de 5 a 10 mm, centralizado em relação à fissura. O objetivo desta etapa é permitir que o sistema de recuperação seja embutido no substrato para não aparecer no revestimento ou na pintura. A Figura 28 apresenta exemplo de sulco retangular em alvenaria com 5 cm de largura e 5 mm de profundidade já vedado.



Figura 28: Sulco retangular de 5 cm de largura e 5 mm de profundidade já vedado (SAHADE, 2005).

Entretanto, segundo Sahade (2005), há casos em que a base/substrato não está em boas condições e se deteriora durante o processo de abertura dos sulcos, sendo necessária a produção de uma camada de regularização. Esta camada tem a função de regularizar a base, transformando-a em uma superfície adequada e aderente para a camada seguinte. Normalmente, a camada de regularização é feita com argamassa de cimento e areia média em traço de 1:3 ou 1:4 (SAHADE, 2005). A Figura 29 ilustra uma base aberta para produção de camada de regularização.



Figura 29: Base desagregada para produção de camada de regularização (SAHADE, 2005).

Além disso, é recomendável que se faça uma camada de dessolidarização para combater a ligação entre a camada de regularização e a de recuperação, com o intuito de impedir que as tensões se concentrem na região fissurada (SAHADE, 2005). A camada de dessolidarização é indispensável nos casos em que a fissura se propaga para o revestimento, pois, ao distribuir as tensões no elemento, ela reduz as tensões introduzidas no revestimento (THOMAZ, 1989). De acordo com Sahade (2005), a camada de dessolidarização pode ser feita utilizando, por exemplo, esparadrapo, fita de polipropileno, gaze, fita crepe ou tela de poliéster, como indicado na Figura 30.



Figura 30: Tela de poliéster com bandagem central que pode ser utilizada em camada de dessolidarização (SAHADE, 2005).

A camada de recuperação propriamente dita tem função de acomodar as deformações do sistema de recuperação (LORDSLEEM JUNIOR, 1997). Ela pode liberar ou impedir a movimentação da fissura através de materiais que concedam elasticidade à superfície, permitindo sua livre movimentação ou que a tornem rígida, travando os seus movimentos (THOMAZ, 1989).

Para liberar os movimentos da fissura pode-se usar das ferramentas de dessolidarização citadas neste item, pinturas elásticas, juntas de movimentação e selagem (THOMAZ, 1989). Já no caso de travar a fissura, podem ser utilizadas telas metálicas, armaduras para reforço, argamassa armada, fibras de vidro e grampeamento (THOMAZ, 1989).

Por último, deve ser feita a camada de acabamento, cuja função é harmonizar o trabalho feito para recuperar a fissura com o revestimento ao redor da fissura (LORDSLEEM JUNIOR, 1997). O acabamento utilizado, seja pintura ou revestimento em argamassa, tem também a função de proteger a camada de recuperação dos agentes intemperes.

4.2.3.2 Recuperação de fissuras ativas na alvenaria

Segundo Thomaz (1989), pode-se tentar a recuperação de fissuras superficiais ativas nas alvenarias de vedação com o próprio sistema de pintura. Para isso, é necessário adicionar uma tela fina de náilon ou polipropileno com aproximadamente 10 cm de largura à pintura, e aplicação de tinta elástica com base acrílica entre 6 e 8 demãos (THOMAZ, 1989).

Entretanto, Thomaz (1989) adverte que este método não é o mais eficiente e, sempre que possível, a recuperação de trincas ativas deve ser feita com o uso de selantes flexíveis à base de poliuretano, silicone ou outros. O procedimento a ser seguido é similar ao do item anterior.

Inicialmente é necessário abrir o sulco na fissura e limpar bem a parede, removendo toda a poeira que resulta do processo de abertura. Recomendam-se aberturas em formato de “V” para fissuras com pouca movimentação e retangulares quando a movimentação da fissura for acentuada, com medidas podendo variar conforme dito anteriormente (THOMAZ, 1989). A Figura 31 ilustra à esquerda os sulcos abertos em formato V e retangular, e à direita os sulcos vedados com selante flexível; as medidas das cavidades estão em milímetros.

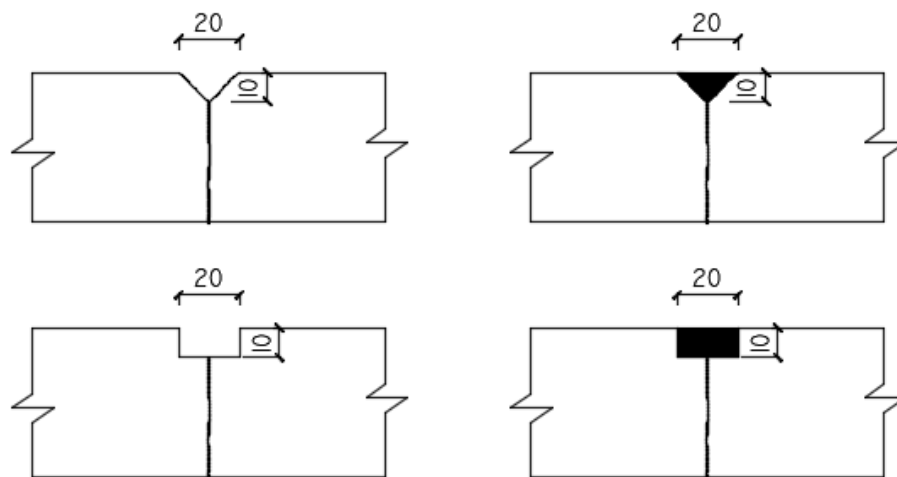


Figura 31: Recuperação de fissura ativa com abertura de sulcos e preenchimento com selante flexível. Fonte: adaptada de Thomaz (1989).

É importante destacar que os selantes não podem apresentar retração acentuada devido à evaporação e devem ser tixotrópicos (THOMAZ, 1989). Tixotropia pode ser definida como a capacidade de um gel se liquefazer ao receber calor ou força mecânica e, ao cessar a solitação, o gel liquefeito retorna ao seu estado original (COSTA, 2006).

Dessa forma, a recuperação irá absorver as solicitações na região fissurada, evitando a propagação da patologia. Thomaz (1989) destaca que caso as fissuras ativas tenham movimentação muito intensa, é necessário adicionar ao sulco retangular, aberto e limpo, uma membrana de separação que pode ser de fita crepe ou gaze.

4.2.3.3 Recuperação de elementos de alvenaria fissurados no encontro com elementos estruturais

As fissuras em edificações de concreto armado têm maior tendência de surgir nas alvenarias de vedação. Desta forma, as obras de recuperação de fissuras em alvenarias são as mais frequentes de se encontrar. Como dito neste documento, a alvenaria é um elemento menos rígido que o esqueleto estrutural das edificações. Caso a ligação entre estes elementos não preveja juntas de movimentação, a alvenaria pode funcionar como uma válvula de escape para aliviar as tensões no elemento portante.

Em caso de ocorrer o destacamento de paredes revestidas na junção entre pilar/alvenaria, uma possível solução para recuperar a fissura é fixar uma tela metálica leve na argamassa de assentamento (THOMAZ, 1989). Para isto, é necessário remover o revestimento e a argamassa e produzir uma nova argamassa, assentando a tela metálica estendida de forma a transpassar o pilar em aproximadamente 20 cm para cada lado, conforme indicado na Figura 32 (THOMAZ, 1989).

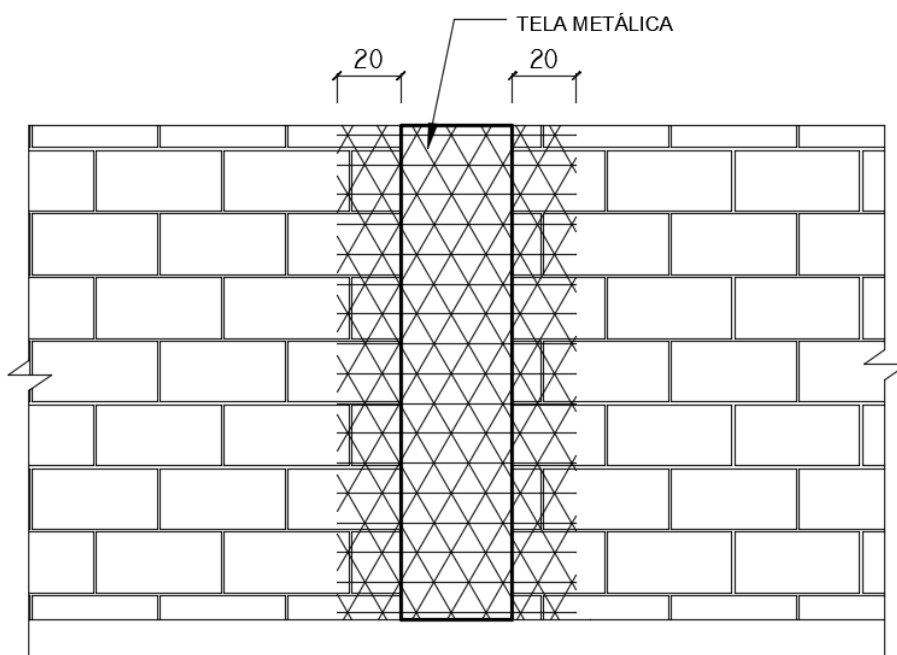


Figura 32: Tela metálica fixada no contato pilar/alvenaria utilizada para recuperação de elemento fissurado. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

Para fixar a tela na alvenaria, Thomaz (1989) recomenda o uso de pregos ou grampos metálicos. Em seguida, chapiscar a região da alvenaria aberta e o pilar e, por fim, uso de argamassa com baixo módulo de elasticidade, com traço sugerido 1:2:9 (THOMAZ, 1989).

O uso de telas metálicas objetiva travar o sistema de recuperação, absorvendo os esforços e impedindo sua movimentação. A capacidade de absorver a deformação das estruturas é responsável por manter a integridade do sistema recuperado e impedir que as trincas se reestabeleçam (LORDSLEEM JUNIOR, 1997).

4.2.3.4 Recuperação de elementos fissurados devido ao enfraquecimento da alvenaria

De acordo com Thomaz (1989), as fissuras oriundas do enfraquecimento localizado das alvenarias de vedação pela presença de tubulações ou eletrodutos podem ser recuperadas superficialmente. Basta inserir bandagem ou tela de náilon no revestimento e aplicar tinta elástica com base acrílica (THOMAZ, 1989).

Para restabelecer o comportamento monolítico da alvenaria, Thomaz (1989) apresenta duas alternativas: inserção de telas metálicas ou a introdução de armadura no trecho fissurado. O procedimento para a primeira alternativa é semelhante ao item anterior, porém com transpasse aproximado de 15 cm.

Para a segunda alternativa deve-se raspar a argamassa de assentamento da alvenaria a uma profundidade de 15 mm e chumbar - com argamassa em traço 1:1:6 e baixo teor de água - barras de aço de 4,2 ou 5,0 mm de diâmetro de ambos os lados da parede, com comprimento suficiente para transpassar em aproximadamente 25 cm cada lado da fissura (THOMAZ, 1989). A Figura 33 ilustra em planta a técnica de inserção de barras de aço para recuperação de elemento fissurado, e a Figura 34 ilustra vista frontal da alvenaria.

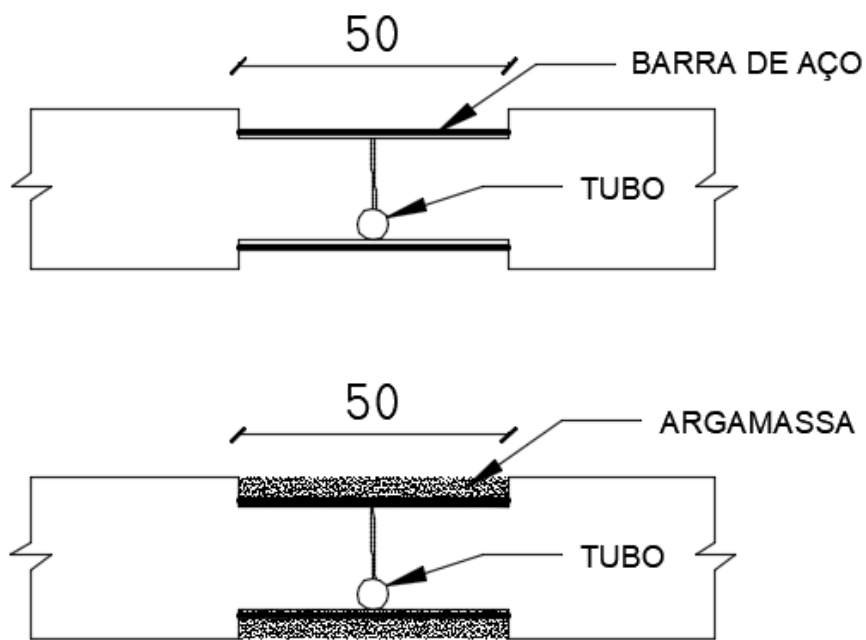


Figura 33: Vista em planta da inserção de barras de aço em elemento de alvenaria fissurado. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

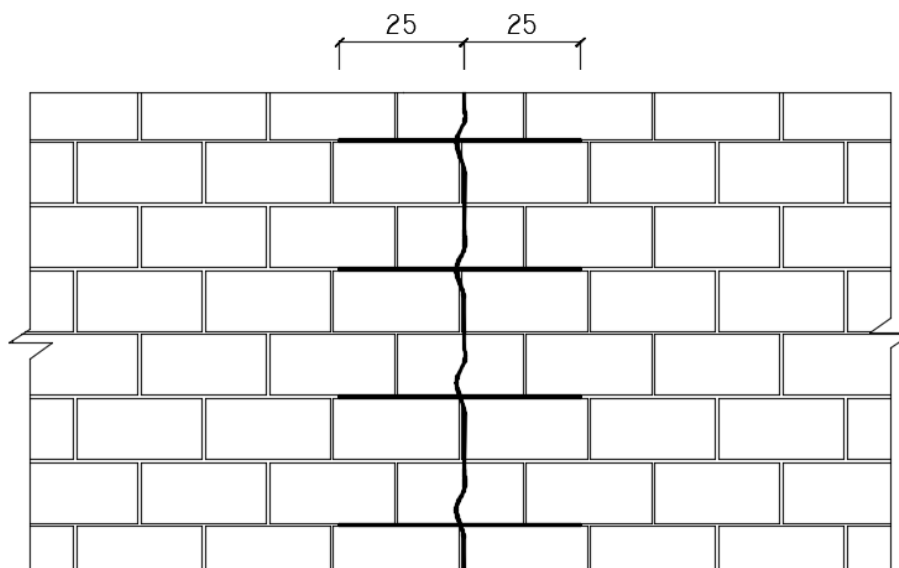


Figura 34: Vista frontal da inserção de barras de aço em elemento de alvenaria fissurado. Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

5 RESULTADO: ESTUDO DE CASO

5.1 Descrição do imóvel e da vizinhança

Ao analisar a edificação pela Rua da Lagoa ela faz divisa com a Lagoa do Gambá à esquerda e com um lote vago à direita, conforme ilustrado na Figura 35. Devido à existência da lagoa e ao clima chuvoso da região, o terreno onde está situada a edificação é muito úmido. Em conversa com a proprietária Elinor Martins, ela confirmou essa hipótese ao afirmar que: “durante a construção percebeu-se que a água aparecia muito fácil no terreno”.



Figura 35: Vista aérea da edificação estudada (destacada no quadro azul) e da sua vizinhança. Fonte: Google Earth 2020.

Nos fundos da edificação há uma casa de dois pavimentos e um prédio de quatro pavimentos. Assim como a residência analisada, a casa vizinha respeita o afastamento mínimo previsto pela lei de Uso e Ocupação do Solo de Ouro Preto, de 1,50 m; já o prédio não respeita o afastamento e avança sobre o muro. Desta forma, a edificação recebe incidência da luz solar diretamente nas fachadas frontal e posterior. Como descrito no presente documento, variação de temperatura e umidade são fenômenos que podem causar patologias nas edificações.

A Rua da Lagoa, via onde está situada a edificação estudada, possui pequeno fluxo de veículos e em geral carros de passeio. Assim, levando em consideração que a casa está afastada da rua em 4,5m (3m de recuo frontal mais 1,5m de passeio), a vibração causada pelo trânsito de veículos na região será desprezada para análise das patologias encontradas.

5.2 Identificação das patologias de fissuras na edificação

A Figura 36 apresenta croqui do imóvel contendo o local onde foram encontradas as fissuras e a Figura 36 contém legenda dos símbolos utilizados.

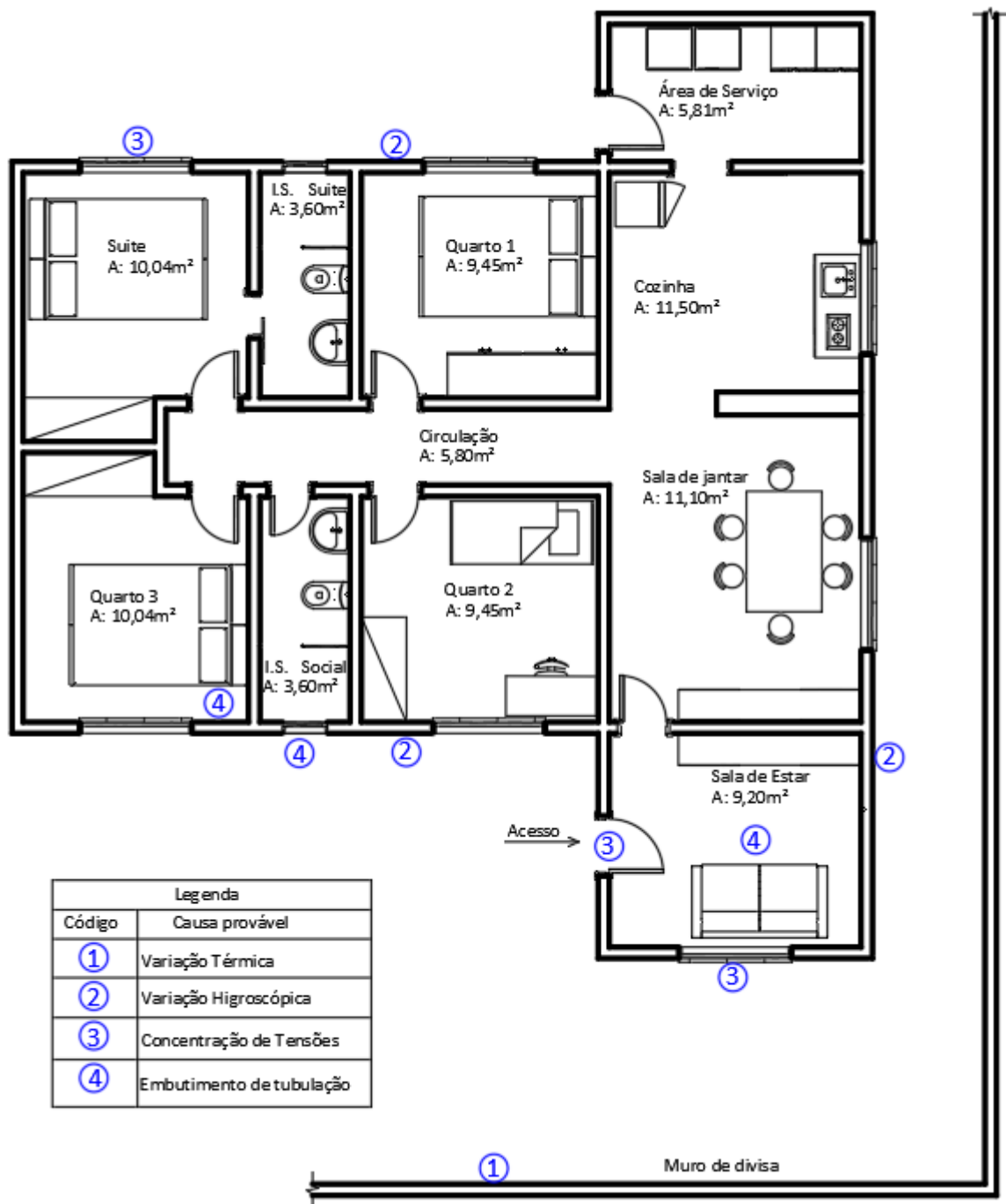


Figura 36: Croqui apresentando os locais com as fissuras encontradas na edificação. Fonte: autor.

5.2.1 Fissuras provavelmente causadas por variação térmica

Na edificação estudada, o muro de divisa frontal é um dos elementos que mais recebe luz solar por ser afastado do restante da residência. A Figura 37 apresenta fissura geométrica se propagando neste muro, acompanhando a argamassa de assentamento dos blocos.



Figura 37: Trinca em muro de bloco de concreto acompanhando a argamassa de assentamento dos blocos causada por variação térmica da estrutura. Fonte: autor.

Possivelmente, a manifestação patológica apresentada na Figura 37 é causada pela movimentação acentuada dos elementos do muro. Neste caso, a movimentação pode indicar recalque diferencial da estrutura ou sensibilidade à variação térmica.

Como na análise realizada na edificação e no seu entorno não foram observados indícios de movimentação do solo e nem fissuras com a mesma característica podemos descartar a hipótese de recalque diferencial. Com isso, é provável que a fissura ilustrada seja causada pela variação térmica do muro.

Baseado no que foi dito na seção 4, as alterações climáticas ocasionam variações dimensionais nos materiais constituintes de uma edificação e os elementos mais expostos são os mais sensíveis a esta variação. Neste estudo de caso, o muro de divisa frontal está exposto às ações do clima, além disso, ele não apresenta juntas de dilatação para acomodar os materiais durante o processo de expansão e retração. Estes fatores contribuem para o surgimento de fissuras e trincas – normalmente nos materiais de menor resistência – como válvula de escape das tensões atuantes.

5.2.2 Fissuras causadas por variação higroscópica

A Figura 38 e Figura 39 apresentam fissuras geométricas horizontais formadas na base da alvenaria. Ambas foram formadas nas fachadas da edificação, que possuem maior exposição às variações climáticas. Já a Figura 40, foto tirada na fachada lateral direita do imóvel, apresenta configuração típica de fissura mapeada que se originou na argamassa de revestimento.



Figura 38: Fissura geométrica horizontal na base da alvenaria na fachada frontal provavelmente originada pela movimentação diferencial entre alvenaria e alicerce estrutural. Fonte: autor.



Figura 39: Fissura geométrica horizontal em camada inferior da alvenaria na fachada posterior possivelmente devido à movimentação diferencial das primeiras camadas da alvenaria. Fonte: autor.



Figura 40: Fissura mapeada em argamassa de revestimento na fachada lateral direita do imóvel formada pela restrição à movimentação dos elementos. Fonte: autor.

As patologias apresentadas nestas figuras podem ser causadas pela variação térmica ou higroscópica dos materiais e de seus componentes. Entretanto, a

proprietária da residência afirma que a edificação não recebeu impermeabilização das fundações e do contrapiso e tão pouco das primeiras fiadas de alvenaria. Somado a isto, Elinor reitera que durante a obra foi constatado o afloramento de água em diversos pontos do terreno. Com estes fatos pode-se afirmar que a provável causa destas patologias é a movimentação higroscópica causada pela umidade.

Em geral, as fissuras que surgem devido à movimentação causada pela umidade são superficiais e comumente são acompanhadas por outras patologias, como eflorescência e desprendimento do revestimento. Na residência analisada, alguns destes efeitos já foram sentidos logo nos primeiros anos de uso.

5.2.3 Fissuras causadas por concentração de tensões

A seguir são apresentadas fissuras que se desenvolveram nas bordas das esquadrias. A Figura 41 ilustra fissura inclinada em janela da sala de estar, locada na fachada frontal. Já a Figura 42 apresenta fissura inclinada e vertical no centro do vão da janela pertencente à suíte, situada na fachada posterior. Por fim, a Figura 43 apresenta fissura inclinada em 45° no bordo superior da porta da sala de estar.



Figura 41: Fissura inclinada em aproximadamente 45° na parte inferior do vão de janela sem verga e contraverga. Fonte: autor.



Figura 42: Fissura inclinada no canto inferior e com direção vertical no centro do vão de janela sem verga e contraverga. Fonte: autor.



Figura 43: Fissura na parte superior do vão de porta sem verga com inclinação próxima de 45°. Fonte: autor.

As fissuras apresentadas acima se propagaram nas laterais dos vãos de esquadrias. Elas podem se formar por recalque diferencial da fundação ou pela ausência de vergas e contravergas. Assim como no item 5.2.1 a possibilidade de recalque diferencial foi descartada pela ausência de sinais de movimentação do solo.

Como registrado no item 4.1, não foram executadas vergas e contravergas nos vãos das esquadrias. Desta forma, não foram criados elementos capazes de resistir aos esforços gerados nas quinas e no centro das aberturas. Como resultado, os esforços atuantes na alvenaria, decorrentes do peso próprio e movimentação da estrutura, se concentram nestes pontos e são a provável causa destas fissuras.

Conforme apresentado neste documento, as fissuras que se formam neste cenário são caracterizadas por serem inclinadas em 45° nos bordos das esquadrias e verticais no centro dos vãos.

5.2.4 Fissuras causadas por embutimento de tubulação na alvenaria

As figuras apresentadas neste subitem foram encontradas em locais onde provavelmente há passagem de tubulação, seja elétrica ou hidráulica. A Figura 44 apresenta fissura propagando-se na alvenaria do quarto 3. Já na Figura 45, a fissura se desenvolve no teto da sala de estar. Finalmente, a Figura 46 ilustra uma fissura surgindo na proximidade de um registro de torneira na parte externa da edificação, na fachada frontal.



Figura 44: Fissura possivelmente causada pelo embutimento de tubulação elétrica na alvenaria. Fonte: autor.



Figura 45: Fissura provavelmente causada pelo embutimento de tubulação elétrica no teto. Fonte: autor.



Figura 46: Fissura provavelmente causada pelo embutimento de tubulação hidráulica na alvenaria. Fonte: autor.

Pela existência de uma tomada na Figura 44 e de um ventilador na Figura 45, faz-se afirmar que, paralelamente às fissuras apresentadas, há passagem de eletrodutos da rede de alimentação elétrica nestes locais. Já na Figura 46, como há um registro das torneiras externas da residência logo abaixo da fissura, pode-se dizer que a tubulação de alimentação hidráulica das torneiras também corre na alvenaria, paralela à fissura.

O embutimento de tubulações nas alvenarias e nas lajes, quando não feito de forma correta, pode provocar zonas de fraqueza. Desta forma, quando os materiais se movimentam devido a variação higroscópica ou de temperatura, podem surgir fissuras nessas regiões. Estas patologias tendem a ser geométricas e a acompanhar o caminho da tubulação.

5.3 Propostas de possíveis soluções

Para o profissional técnico responsável por executar uma obra, é fundamental conhecer as patologias recorrentes em uma região e uma metodologia construtiva e saber como evitá-las já na etapa de construção da edificação. Prever o surgimento das patologias durante a fase de projeto e execução da obra será sempre a solução mais efetiva.

Após a fissuração existem soluções para combater o problema. Porém, a depender da causa da patologia e da solução arbitrada, é possível que o problema seja apenas minimizado e não solucionado por completo. A Tabela 2 apresenta um resumo das fissuras apresentadas neste estudo de caso e a metodologia recomendada para a sua recuperação.

Tabela 2: Causas das fissuras e respectivas sugestões de recuperação.

Causa da fissura	Local onde foi encontrada	Metodologia recomendada
Variação de temperatura	Muro de divisa	Aplicação de selante flexível
Variação higroscópica	Interface alicerce/alvenaria	Técnica com tela de metal expandido
Variação higroscópica	Camada inferior da alvenaria	Aplicação de selante flexível
Variação higroscópica	Fissura na argamassa de revestimento	Aplicação de tela de náilon e tinta elástica
Concentração de tensões	Vãos de esquadrias	Execução de verga e contraverga
Embutimento de tubulação na alvenaria	Próximo a tomada, ventilador de teto e registro hidráulico	Inserção de barras de aço na região onde passa a tubulação

5.3.1 Proposta para recuperar as fissuras causadas por variação de temperatura

Para recuperar a fissura causada por variação de temperatura encontrada neste estudo de caso, a recomendação é que se utilize selantes flexíveis, conforme já dito neste documento. Segundo Thomaz (1989) eles podem ser à base de poliuretano, silicone ou outros.

O primeiro passo do procedimento é abrir uma lacuna retangular com 20 mm de largura e 10 mm de profundidade na fissura e fazer a limpeza da parede, removendo toda poeira e materiais resultantes do processo de abertura. Em seguida deve-se preencher o sulco aberto com selante flexível tixotrópico.

Por fim, é preciso executar acabamento neste trecho que foi aberto similar ao acabamento da área tratada. O objetivo deste procedimento é criar um componente capaz de absorver as solicitações oriundas da variação térmica.

5.3.2 Proposta para recuperar as fissuras causadas pela variação higroscópica

Para a fissura apresentada na Figura 38, no encontro entre alicerces estrutural e primeira fiada de alvenaria, é recomendável que seja utilizado sistema de recuperação com tela de metal expandido. O passo inicial é remover o revestimento e limpar bem a superfície. Posteriormente deve-se estender a tela de modo a transpassar a fissura em 20 cm para cada lado e utilizar pregos ou grampos metálicos para fixá-la nos elementos.

Após a fixação deve-se chapiscar a região aberta para dar aderência ao revestimento. Em seguida pode-se aplicar o reboco com argamassa com baixo módulo de deformação, traço sugerido 1:2:9 (THOMAZ, 1989).

Essa metodologia objetiva travar o local do sistema de recuperação absorvendo os esforços e impedindo a movimentação dos elementos. É fundamental associar o acabamento do sistema de recuperação ao acabamento do local onde ele está inserido, de forma a evitar impacto visual.

Para a fissura apresentada na Figura 39 recomenda-se procedimento semelhante ao aconselhado no item 4.3.1 com abertura de sulco e aplicação de selante flexível.

Já a fissura apresentada na Figura 40 pode ser recuperada em três passos. Remoção do revestimento danificado, inserção de bandagem ou tela de náilon no revestimento e posterior aplicação de tinta elástica com base acrílica.

5.3.3 Proposta para recuperar as fissuras causadas por concentração de tensões

É importante destacar que existem soluções pontuais para este tipo de patologia, entretanto, a solução definitiva é a execução de vergas e contravergas nos vãos das esquadrias. Esta solução implicará uma reforma de pequena escala na edificação.

Ambas, vergas e contravergas, devem ser maiores em comprimento que os vãos da alvenaria. Elas precisam transpassar a lacuna em 20% do comprimento do vão em cada lado, respeitando o mínimo de 30 cm (SIENGE, 2018).

Com relação à altura, é comum utilizar como pré-dimensionamento 10% do comprimento, porém, é essencial que seja feito cálculo normativo para determinar a dimensão correta. Para os casos cujo vão for maior que dois metros, é fundamental que seja feito cálculo estrutural para as vergas e contravergas (SIENGE, 2018).

5.3.4 Proposta para recuperar as fissuras causadas por embutimento de tubulação na alvenaria

De acordo com Thomaz (1989), existem duas alternativas para recuperar este tipo de patologia: recuperação superficial ou reestabelecer o comportamento monolítico da alvenaria.

A primeira opção consiste em aplicar bandagem ou tela de náilon no próprio revestimento e em seguida empregar tinta elástica com base acrílica (THOMAZ, 1989). Nesta solução é preciso se atentar para não gerar uma superfície em alto relevo, discrepante do acabamento.

Já a segunda alternativa, recomendada para o caso analisado, consiste em inserir barras de aço na região onde passa a tubulação. O passo a passo da técnica é:

- Raspar a argamassa de assentamento da alvenaria a uma profundidade aproximada de 15 mm e limpar bem, de forma a remover todo material raspado;

- Inserir barras de aço de 4,2 ou 5,0 mm de diâmetro em ambos os lados da parede, com comprimento de transpasse aproximado de 25 para cada lado;
- Fixar as barras com argamassa seca, traço sugerido 1:1:6;
- Executar acabamento compatível com o local.

6 CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho foi investigar as causas de fissuras mais recorrentes em edificações no Brasil e analisar as técnicas de prevenção e recuperação para estes problemas com base em um estudo de caso. Para qualificar o estudo foi necessário entender os principais mecanismos de formação das fissuras e conhecer alguns dos seus danos aos usuários das edificações.

As fissuras geram sensação de desconforto e insalubridade nas residências. Além disso, podem resultar em infiltrações e indicar problemas estruturais. Com isto, recentemente, as atividades de recuperação de fissuras ganharam maior relevância na construção civil e os valores gastos com tratamento dessas patologias também cresceram.

Esta situação, em geral, traz desconforto aos usuários dos imóveis e, ainda, acarreta gastos extras com reformas ao longo da vida útil da edificação; há ainda situações em que o problema pode retornar, caso não seja solucionado adequadamente. Isto evidencia a necessidade e importância do envolvimento de um profissional capacitado em todas as fases, desde a concepção do projeto até a finalização da obra. Além da presença de um profissional capacitado, é de suma importância, durante a execução da obra, criar metodologias que assegurem um adequado processo construtivo, por exemplo realizar auditorias utilizando um plano de qualidade.

Compreender o mecanismo de formação das manifestações patológicas é um processo fundamental para os profissionais envolvidos na construção civil. Ao conhecer os métodos de surgimento das fissuras, é possível interferir no processo de construção e adotar mecanismos que evitem o seu aparecimento.

Durante entrevista realizada com a proprietária do imóvel notou-se que era sabido, previamente à construção, da existência de fatores locais que poderiam originar patologias na edificação, como umidade e variação de temperatura elevadas. Porém, nem na etapa de projeto nem na obra estes fatores não foram considerados, conforme

visto pela ausência de vergas e contravergas e impermeabilização. Como resultado, surgiram as fissuras apresentadas no estudo de caso.

Em conclusão, o presente trabalho permitiu identificar os principais mecanismos de formação de fissuras e as técnicas mais comuns de reparo. Também foram propostas soluções para recuperação das patologias apresentadas no estudo de caso.

Com esses resultados, foi possível notar a necessidade de considerar, desde a etapa de concepção dos projetos, técnicas para prevenir o aparecimento de fissuras, evitando a necessidade de manutenções corretivas causadas por estas manifestações patológicas. Assim, ficou clara a necessidade de contar com profissionais qualificados para projetar e construir as edificações, evitando, assim, o surgimento das manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

ABNT, A. B. D. N. T. **NBR7200; Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento.** [S.l.]. 1997.

ABNT, A. B. D. N. T. **Edificações habitacionais - Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.** ABNT. [S.l.], p. 32. 2013.

ABNT, A. B. D. N. T. **NBR 15575-2 EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO.** [S.l.]. 2013.

ABNT, A. B. D. N. T. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento.** ABNT. [S.l.], p. 225. 2014.

ABNT, A. B. D. N. T. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento.** [S.l.], p. 59. 2017.

ABNT, A. B. D. N. T. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** ABNT. [S.l.], p. 225. 2018.

ABNT/CB-003, A. B. D. N. T. **Confiabilidade e manutenibilidade.** Associação brasileira de Normas Técnicas. [S.l.], p. 37. 1994.

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações Patológicas em Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda Executados em Alvenaria Estrutural: Uma Análise da Relação de Causa e Efeito.** Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [S.l.], p. 169. 2008.

ALMEIDA, L. C. D. **Fundamentos do concreto armado.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

ANDRADE, J. J. D. O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos.** Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 249. 2001.

BASTOS, P. S. D. S. **Estruturas de concreto armado.** Unesp, Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2014.

CBIC, C. B. D. I. D. C. **PIB Brasil X PIB Construção Civil 2004 a 2018**. CBIC. [S.l.]. 2018.

CICHINELLI, G. C. Reação Perigosa. **Téchne**, n. 125, Agosto 2007.

CIENTEC. **Fissuras em Alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC. Porto Alegre. 1998.

CORSINI, R. Trinca ou fissura? **Téchne**, n. 160, Julho 2010.

COSTA, M. Conselho Regional de Química - IV Região. **Conselho Regional de Química - IV Região**, 2006. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/informativomat_285>. Acesso em: 19 out. 2019.

CUNHA, A. C. Q. D.; HELENE, P. R. L. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - BT/PCC/283. São Paulo, p. 17. 2001.

DECHICHI, M. **Reação alcali-agregado: Estudo das propriedades elásticas e mecânicas através da utilização de inibidores**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

DUARTE, R. B. Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. **CIENTEC**, Porto Alegre, n. 25, p. 45, Dezembro 1998.

HELENE, P. R. K. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 1986.

IBDA. **Fissuras e Trincas em fachadas**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. [S.l.]. 2019.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. **Construções de concreto - princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 1982.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 35. 1985.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 174. 1997.

LOURENÇO, L. D. C.; MENDES, L. C. Detecção preventiva de patologias em edificações. **Téchne**, n. 167, Fevereiro 2011.

MARCELLI, M. Sinistros na construção. **Téchne**, n. 122, p. 6, Maio 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1994.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHENAID, F. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 2, 2015. 256 p.

MONTEIRO, Q. A. B. **Avaliação da Necessidade de Juntas de Dilatação em Estruturas Porticadas de Betão Armado**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, p. 105. 2008.

NAKAMURA, J. Qual é o limite? **Téchne**, n. 156, Março 2010.

OLIVEIRA, A. M. D. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 96. 2012.

PACHECO, P. Á. **Projecto de estruturas Especiais de Betão**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP. Porto. 2002.

PAULON, V. A. **Reações álcali-agregado em concreto**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 125. 1981.

PINI. Brasil é emergente com maior potencial de investimento imobiliário. **Construção Mercado**, n. 115, Fevereiro 2011.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. DESEMPENHO, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES: ABORDAGEM GERAL. **Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420**, Curitiba, n. 1, p. 14, Outubro 2013.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. B. D. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. Escola Politécnica da USP, PCC. São Paulo. 1990.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 188. 2005.

SANTOS, R. E. D. **A Armação do Concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, p. 338. 2008.

SIENGE. Vergas e Contravergas: garanta a segurança estrutural para suas obras. **Sienge**, 2018. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/vergas-contravergas-cinta-de-amarracao/>>. Acesso em: 18 Junho 2020.

SILVA, F. B. D. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, n. 174, p. 3, Setembro 2011.

SILVA, F. B. D. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, n. 174, Setembro 2011.

TÉCHNE. As Causas de fissuras. **Téchne**, n. 36, Setembro 1998.

TÉCHNE. Alvenaria sob ação horizontal. **Téchne**, n. 129, p. 4, Dezembro 2007.

TÉCHNE. Recuperação por baixo. **Téchne**, n. 124, p. 4, julho 2007.

TÉCHNE. Como compatibilizar bem projetos de diferentes especialidades. **Téchne**, n. 211, Outubro 2011.

TECHNI Measure. **Strain Gauges**, 2019. Disponível em: <<https://www.technimeasure.co.uk/>>. Acesso em: 02 out. 2019.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios - causas, prevenção e recuperação**. 1. ed. São Paulo: PINI: IPT, v. 1, 1989.

THOMAZ, É. Juntas de dilatação. **Téchne**, n. 186, Junho 2012.

VEIGA, M. D. R. D. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes**. Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. [S.I.]. 1998.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações**: Critérios de projeto - Investigação do Subsolo - Fundações Superficiais. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2004.

VERÇOZA, Ê. J. Patologia das edificações. **Sagra**, Porto Alegre, p. 176, 1991.

APÊNDICE A – ENTREVISTA COM OS USUÁRIOS

A entrevista apresentada neste item foi realizada com Elinor da Silveira Boeira Martins, proprietária e moradora da residência desde a sua construção. Elinor acompanhou ativamente todo o processo de desenvolvimento e aprovação dos projetos e execução da obra.

1. Quando a casa foi construída?

“A obra começou em abril de 2008 e nós mudamos para a casa em novembro de 2008. A obra mesmo terminou em junho de 2009”.

2. Durante a obra, houve acompanhamento com profissional técnico?

“Não teve acompanhamento. Inclusive, um dos pedreiros foi o Vicente (refere-se a Vicente de Paula Martins, proprietário) que trabalhou como carpinteiro e mestre de obras na década de 80 e já havia construído outras edificações”.

3. A execução da obra seguiu na íntegra os projetos arquitetônico e complementares?

“Não. Só o projeto arquitetônico foi seguido para gente conseguir tirar o habite-se na prefeitura. O projeto estrutural foi seguido a maior parte dele, mas o elétrico e hidrossanitário não foram seguidos, inclusive hoje a gente tem bastante problema com a rede elétrica”.

4. Foi feita impermeabilização das estruturas de fundação e do alicerce da casa?

“Não foi feita impermeabilização e a gente tem tido problema com umidade. A casa ficou muito fria e em diversos lugares a pintura das paredes na parte baixa mancha com o tempo e o reboco deslaca nos lugares mais críticos”.

5. A edificação já teve outro fim ou foi sempre usada com finalidade residencial?

“Foi sempre usada como residência; desde que construímos a casa nós vivemos nela”.

6. A edificação já passou por alguma reforma?

“Apenas pintura interna em algumas paredes e reconstituição do reboco próximo ao piso porque a umidade estava provocando manchas na pintura e até deslocamento do reboco”.

7. Desde que você vive na edificação já houve a execução de alguma grande obra na vizinhança?

“Foi construído o prédio de quatro pavimentos da esquina da rua, que faz divisa com o lote vizinho aqui de casa”.

8. Em época de chuvas fortes, a Lagoa do gambá transborda? Alguma vez a água já chegou a invadir o seu terreno?

“Desde que eu moro aqui a lagoa nunca transbordou, ela tem uma vazão muito grande para o rio”.

9. Quando você reparou pela primeira vez o surgimento de fissuras na casa?

“Eu comecei a reparar as primeiras no terceiro ano de uso da casa, mas pode ser que tenham surgido antes”.

10. Você se queixa de alguma outra patologia na residência?

“Sim, dos problemas com a umidade”.

11. Você tem a sensação de que elas crescem com o tempo ou continuam com o mesmo tamanho?

“Algumas crescem, como a do muro e a das janelas, mas tem outras que eu não consigo reparar se crescem ou não”.

12. Já foram feitos reparos das trincas na casa?

“Apenas nas trincas das janelas. Eu mesma passei uma argamassa nelas para tampar a abertura e depois pinteí”.