

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

César Herencio Teixeira

**FISSURAS NA INTERFACE DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO
COM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:
RECOMENDAÇÕES PARA TÉCNICAS DE PREVENÇÃO**

Porto Alegre
dezembro 2010

CÉSAR HERENCIO TEIXEIRA

**FISSURAS NA INTERFACE DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO
COM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:
RECOMENDAÇÕES PARA TÉCNICAS DE PREVENÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
dezembro 2010

CÉSAR HERENCIO TEIXEIRA

**FISSURAS NA INTERFACE DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO
COM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:
RECOMENDAÇÕES PARA TÉCNICAS DE PREVENÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2010

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a meus pais, Cesar e Sandra, e a todas as pessoas que sempre me apoiaram, especialmente, durante o período do meu Curso de Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado a oportunidade de estar aqui e alcançar um de meus objetivos.

Agradeço aos meus pais, Cesar e Sandra, pelo exemplo de vida e pelos valores que me passaram. Por sempre incentivarem o estudo e terem me dado a chance de realizá-lo.

Agradeço à minha irmã Lívia, pela cumplicidade e apoio, por estar sempre ao meu lado em todas as etapas da minha vida.

Agradeço às minhas queridas avós, Sarah e Etelvina, pelo carinho e amor sempre proporcionados a mim.

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pelo suporte técnico e principalmente pela amizade.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, pelo apoio e dedicação intermináveis durante este árduo processo que é o Trabalho de Diplomação.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através de seus docentes e funcionários, que permitiram a realização de um dos meus objetivos de vida.

Agradeço a todos os amigos que formei no curso de Engenharia Civil e a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para que eu pudesse alcançar meu objetivo.

O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no
dicionário.

Albert Einstein

RESUMO

TEIXEIRA, C. H. **Fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado**: recomendações para técnicas de prevenção. 2010. 63 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

As fissuras na interface alvenaria-estrutura são comuns e muito frequentes, tendo causas variáveis e, muitas vezes, de difícil identificação. Este trabalho versa sobre recomendações para aplicação das técnicas de prevenção de fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado, identificando as causas da ocorrência de fissuras e, a partir dessa identificação, foram descritas recomendações para as técnicas de prevenção adequadas para cada situação. Conforme a bibliografia, foram classificadas as fissuras de acordo com a sua abertura, atividade e direção. Também foram identificadas as causas da fissuração em alvenarias de vedação, sendo as principais por movimentações térmicas ou higroscópicas, recalques de fundações ou deformações das estruturas de concreto armado. Conhecidas essas técnicas, foi feita a descrição das recomendações para aplicação das mesmas, apresentando o melhor modo de execução e os mais adequados materiais para se utilizar, visando à diminuição da ocorrência de fissuras. As principais soluções descritas são a utilização do ferro cabelo e da tela metálica para ancoragem da alvenaria ao pilar, a fixação rígida ou flexível na interface da viga ou laje com a alvenaria, ou ainda a execução de reforço no revestimento na região do encontro da viga com a alvenaria para absorver as tensões ali contidas evitando que ocorram as fissuras.

Palavras-chave: alvenaria, fissuras, técnicas de prevenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama de pesquisa.....	15
Figura 2: solicitações impostas às superfícies das edificações.....	26
Figura 3: incidência de manifestações patológicas atendidas pela CIENTEC.....	35
Figura 4: fissura horizontal provocada pela dilatação da laje da cobertura.....	40
Figura 5: fissura horizontal provocada pela expansão da alvenaria gerada pela absorção de umidade.....	42
Figura 6: fissura vertical no canto do edifício por expansão da alvenaria.....	42
Figura 7: fissuras verticais com maior abertura junto ao solo devido à ruptura das fundações.....	44
Figura 8: fissuras ocasionadas por recalques diferenciais entre pilares.....	44
Figura 9: fissuras causadas pela deformação exagerada da viga superior.....	46
Figura 10: ferro cabelo reto.....	47
Figura 11: ferro cabelo dobrado.....	48
Figura 12: tela metálica soldada.....	49
Figura 13: posição correta da tela e da cantoneira.....	52
Figura 14: alternativas para sequência do encunhamento ou fixação.....	53
Figura 15: encunhamento com tijolos furados inclinados.....	54
Figura 16: fixação com argamassa podre.....	56
Figura 17: tipos de reforços em revestimento.....	58
Figura 18: reforço do tipo ponte de transmissão.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: classificação das unidades da alvenaria.....	28
Quadro 2: problemas patológicos na França e na Espanha.....	35
Quadro 3: levantamento de relatórios com fissuras em alvenaria.....	37
Quadro 4: limites para deslocamentos em paredes de alvenaria.....	46
Quadro 5: dimensões da tela conforme a largura do bloco ou espessura da parede.....	50
Quadro 6: comprimento recomendado da cantoneira conforme as dimensões da tela.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MÉTODO DE PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	13
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	13
2.2.1 Objetivo principal	13
2.2.2 Objetivos secundários	13
2.3 DELIMITAÇÕES.....	14
2.4 LIMITAÇÕES.....	14
2.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	14
3 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	17
3.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	17
3.2 PROCEDIMENTOS E EXECUÇÃO.....	18
3.3 DOSAGEM DO CONCRETO.....	19
3.4 CURA DO CONCRETO.....	20
3.5 REESCORAMENTO E CARREGAMENTOS.....	21
4 ALVENARIA	24
4.1 CONCEITOS BÁSICOS.....	24
4.2 ALVENARIA DE VEDAÇÃO.....	25
4.2.1 Componentes das alvenarias de vedação	27
4.2.1.1 Unidade.....	27
4.2.1.2 Argamassa de assentamento.....	28
4.2.2 Interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado	30
4.2.2.1 Interface vertical.....	30
4.2.2.2 Interface horizontal.....	31
5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: FISSURAS	33
5.1 CONCEITOS BÁSICOS.....	33
5.2 INCIDÊNCIA DE FISSURAS NAS EDIFICAÇÕES.....	34
5.3 FISSURAS EM ALVENARIAS DE VEDAÇÃO.....	36
5.3.1 Classificação das fissuras em alvenarias de vedação	37
5.3.1.1 Classificação segundo sua abertura.....	38
5.3.1.2 Classificação segundo sua atividade.....	38
5.3.1.3 Classificação segundo sua direção.....	38
5.3.2 Causas das fissuras em alvenarias de vedação	39

5.3.2.1 Movimentações térmicas.....	39
5.3.2.2 Movimentações higroscópicas.....	41
5.3.2.3 Recalques de fundações.....	43
5.3.2.4 Deformações das estruturas de concreto armado.....	45
6 TÉCNICAS PREVENTIVAS E SUAS RECOMENDAÇÕES.....	47
6.1 INTERFACE ALVENARIA/PILAR.....	47
6.1.1 Ferro cabelo.....	47
6.1.2 Tela metálica soldada.....	49
6.2 INTERFACE ALVENARIA/VIGA.....	52
6.2.1 Fixação rígida.....	53
6.2.2 Fixação flexível.....	55
6.2.3 Reforço no revestimento.....	57
6.3 INTERFACE ALVENARIA/LAJE.....	59
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos edifícios multipavimentos executados pelo processo construtivo convencional (estrutura reticulada de concreto armado moldada no local), utiliza para o fechamento dos vãos, principalmente externos, paredes de alvenaria. A alvenaria sofre interferência direta da estrutura, devendo seus estudos e avaliações de desempenho estarem diretamente ligados.

Entre as manifestações patológicas mais comuns em alvenaria de vedação estão as fissuras. Dentre os tipos de fissuras, as na interface com o concreto armado ocorrem principalmente devido às deformações e movimentações térmicas da estrutura. Atualmente, fatores como o refinamento dos cálculos e redução de custos resultam em vãos e alturas maiores com estruturas cada vez mais esbeltas e flexíveis, aumentando as deformações. Além disso, o tempo de execução está cada vez menor fazendo com que sejam aplicadas sobrecargas na estrutura com idades cada vez menores. Outro fator que influi são as variações térmicas, que em determinadas regiões são muito altas, potencializando as movimentações térmicas.

Então, para solucionar esses problemas patológicos, utiliza-se o seguinte processo e a seguinte sequência: diagnóstico, identificação das causas e técnicas de tratamento. Contudo, para que se possa evitar todos esses processos, deve-se estudar formas de prevenção para evitar que essas manifestações patológicas ocorram. Porém, para que sejam eficazes, necessita-se de aplicações corretas e materiais adequados para tal.

Com esse trabalho, através de pesquisa bibliográfica, é possível compreender e determinar as causas da ocorrência de fissuras nessa região. Uma vez detectadas, descrever as técnicas construtivas e os respectivos materiais utilizados, citando recomendações de aplicação das mesmas que, aliados à mão de obra especializada, evitem essas fissuras.

Além deste primeiro capítulo da introdução, o trabalho apresenta no segundo, o método de pesquisa que norteou a execução do mesmo. No terceiro capítulo, conceitos sobre estruturas em concreto armado. No quarto apresentam-se definições sobre alvenaria de vedação e no quinto capítulo são descritas as principais causas e os tipos de fissuras mais comuns nas alvenarias de vedação. Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as principais técnicas de

prevenção de fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado e após, no sétimo, considerações finais sobre a utilização e aplicação dessas técnicas.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Para a elaboração do trabalho foram definidas diretrizes que determinaram o desenvolvimento da pesquisa e que são detalhadas neste capítulo.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa é: conhecidas as técnicas para prevenir fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado, quais são as recomendações para aplicá-las?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundário e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a descrição de recomendações para aplicação das técnicas para prevenir fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado.

2.2.1 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) apresentação das principais causas e dos tipos de fissuras mais comuns ocorrentes nas alvenarias de vedação;
- b) descrição das técnicas para prevenir fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado.

2.3 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho delimita-se aos métodos de prevenção de fissuras das paredes correntes de alvenaria, sem função estrutural, que são ligadas a estruturas de concreto armado.

2.4 LIMITAÇÕES

O trabalho limita-se à descrição das técnicas de prevenção de fissuras e das recomendações para aplicação presentes na bibliografia, não cabendo qualquer tipo de avaliação da eficiência e do desempenho das mesmas na prática.

2.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa está dividido em cinco etapas, as quais estão listadas e são representadas na figura 1 e detalhadas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) identificação de técnicas para prevenção de fissuras;
- c) descrição das técnicas identificadas;
- d) descrição das recomendações para aplicação das técnicas;
- d) considerações finais.



Figura 1: diagrama de pesquisa

A **pesquisa bibliográfica** esteve baseada em livros, normas, trabalhos, teses, dissertações, artigos e outros que tratam sobre estruturas de concreto armado, alvenaria, causas e prevenção de fissuras na alvenaria e demais assuntos que foram relevantes e que vieram a complementar este trabalho de pesquisa.

A **identificação de técnicas** para prevenção de fissuras foi feita a partir das causas da ocorrência de fissuras na interface da alvenaria com estruturas. Assim, as técnicas presentes na bibliografia e que se enquadraram às delimitações da pesquisa foram escolhidas para o trabalho.

Após a identificação, foi realizada a **descrição das técnicas encontradas**, quanto ao modo de execução e utilização das mesmas, bem como dos materiais utilizados em cada uma delas.

A **descrição de recomendações para aplicação** das técnicas identificadas foi feita a partir da pesquisa bibliográfica, através da identificação das técnicas de prevenção e das recomendações para aplicação presentes na bibliografia.

Através das recomendações para aplicação das técnicas, foi possível fazer **considerações finais** a respeito das causas da ocorrência de fissuras na interface da alvenaria com estruturas de concreto armado, relacionando essas causas ao correto modo de execução e utilização das técnicas, bem como dos seus materiais.

3 ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

Este capítulo aborda conceitos e definições sobre o concreto armado, enfatizando cuidados necessários que se deve tomar para evitar deformações excessivas na estrutura.

Um dos principais materiais presentes nas construções do Brasil é o concreto, obtido através de uma mistura compacta de agregados graúdos, agregados miúdos, aglomerante e água, podendo ou não ser adicionado aditivo. Usa-se como agregado graúdo a brita, agregado miúdo a areia e como aglomerante o cimento.

O concreto armado diferencia-se do concreto simples devido ao fato de receber armaduras de aço, que são responsáveis principalmente por resistir aos esforços de tração, enquanto que o concreto resiste bem aos esforços de compressão. A estrutura é a principal responsável pelo surgimento de manifestações patológicas em alvenarias, conforme destaca Sperotto (2009, p. 26):

A estrutura portante é a responsável direta pelo aparecimento de manifestações patológicas nas alvenarias, pois é a partir das suas deformações que os efeitos negativos começam a influenciar no desempenho das alvenarias. Para entender como isso ocorre, é necessário analisar independentemente os materiais envolvidos neste processo, principalmente o concreto. Além disso, etapas do processo executivo da estrutura, como a cura do concreto, também merecem atenção especial.

3.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Uma das etapas iniciais e fundamental para construção de estruturas de concreto armado é a concepção estrutural da edificação. Conforme Pinheiro et al. (2003, p. 1) “A concepção estrutural, ou simplesmente estruturação, também chamada de lançamento da estrutura, consiste em escolher um sistema estrutural que constitua a parte resistente do edifício.”

A etapa de concepção estrutural, uma das mais importantes no projeto estrutural, determina o tipo de estrutura da edificação, definindo seus elementos e suas posições, de modo a constituir uma estrutura eficiente que resista aos esforços da edificação, sem que haja

subdimensionamento ou superdimensionamento. (PINHEIRO et al., 2003, p. 1). Pinheiro et al. (2003, p. 1) afirmam também que “A solução estrutural adotada no projeto deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura.”.

Inúmeros são os tipos de sistemas estruturais de concreto armado que podem ser utilizados nas edificações. Normalmente, empregam-se lajes maciças moldadas no local. É bastante utilizado também, para vãos maiores e carregamentos altos, as lajes nervuradas. Para casos específicos com vãos muito grandes, é utilizada estrutura de concreto armado protendido para melhorar o desempenho e suportar os vãos estabelecidos, aumentando sua resistência e controlando suas deformações e fissurações (PINHEIRO et al., 2003, p. 2).

Pinheiro et al. (2003, p. 2) afirmam ainda que “A escolha do sistema estrutural depende de fatores técnicos e econômicos, dentre eles: capacidade do meio técnico para desenvolver o projeto e para executar a obra, disponibilidade de materiais, mão de obra e equipamentos necessários para execução.”. Além disso, a escolha do sistema estrutural é fundamental para se evitar possíveis manifestações patológicas em alvenarias, visando o controle das deformações impostas pela estrutura às paredes de alvenaria.

3.2 PROCEDIMENTOS E EXECUÇÃO

O concreto utilizado para a concretagem da estrutura poderá ser produzido em obra ou comprado de alguma central de produção, também chamado de concreto usinado. Porém, seja qual for sua procedência, deverá ser feito o controle do mesmo, para um bom andamento dos serviços e também para a confirmação da resistência solicitada. Os ensaios mais comuns são o *slump* e o controle da resistência à compressão, realizado a partir da modelagem de corpos de prova no momento da chegada do concreto (BARROS; MELHADO, 2006, p. 72).

Feito este controle e autorizada sua liberação, o concreto deverá ser transportado para o local de sua aplicação por meio de elevadores de obra, jericas, guias ou bombeamento, sendo este o método mais utilizado. Para o lançamento realizado através de bomba, Barros e Melhado (2006, p. 72) fazem as seguintes recomendações:

- a) travar a tubulação da bomba na estrutura já concretada, deixando livre a fôrma da laje que está sendo concretada para evitar o desnivelamento da fôrma;
- b) lubrificar a tubulação com argamassa de cimento e areia, não utilizando esta argamassa para a concretagem;
- c) lançar o concreto diretamente sobre a laje;
- d) espalhar o concreto com o auxílio de enxadas;
- e) utilizar vibrador para o adensamento;
- f) após o sarrafeamento e acabamento da laje, iniciar a molhagem (cura) logo que for possível caminhar sobre o concreto.

Para a execução da desforma, Barros e Melhado (2006, p. 72) fazem as seguintes recomendações:

- a) respeitar o tempo de cura, sendo 3 dias para a desforma lateral e 7 dias para as formas de fundo;
- b) 21 dias para a retirada total do escoramento e execução do reescoramento;
- c) retirar os painéis com cuidado para não danificá-los e facilitar o reaproveitamento;
- d) verificar a estrutura após a desforma analisando se não houve falhas de concretagem.

3.3 DOSAGEM DO CONCRETO

Dois fatores são muito importantes quando se trata de concreto: a dosagem e a cura. Conforme Medeiros¹ (2005, p. 26-27), o concreto teve um avanço tecnológico importante, mudando sua dosagem:

A tecnologia permitiu desenvolver um concreto com baixo teor de cimento e com teores de clínquer muito menores que os usados até então. Essas alterações podem ocasionar problemas de deformações excessivas em peças que trabalham à flexão e dimensionadas no estágio 2, devido às microfissuras resultantes. Apesar de atender à resistência a compressão especificada, o que pode ser comprovado nos ensaios, esse concreto, que tem menos cimento e uma outra matriz, pode ser mais suscetível à deformação lenta em peças fletidas. Houve também um aumento do teor de argamassa no concreto, pela necessidade de bombear o material e transformá-lo.

¹ Entrevista com o engenheiro Fernando Henrique Sabbatini, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Quanto à dosagem, deve-se tomar muito cuidado com a quantidade de água adicionada na mistura do concreto, pois uma relação água/cimento muito alta provoca uma expressiva queda na resistência. Para se obter um concreto com alta resistência sem perder a trabalhabilidade ou maiores valores de abatimento (*slump*), são utilizados aditivos plastificantes ou superplastificantes com menor relação água/cimento (SAYEGH, 2007, p. 53).

Medeiros² (2005, p. 27) afirma que outro problema encontrado na dosagem é que os fornecedores de concreto dosam o mesmo sem considerar a deformação lenta potencial como uma das variáveis, fazendo que os problemas muitas vezes apareçam depois de algum tempo:

Eles continuam dosando o material sem considerar a deformação lenta potencial como uma das variáveis. Esse fenômeno não é avaliado experimentalmente no processo de dosagem. As construtoras sérias sofrem muito com isso, pois quando as patologias acontecem, precisam assumir a responsabilidade e arcar com os prejuízos, por causa da imagem.

Ainda conforme Medeiros³ (2005, p. 27), as construtoras não tem total controle do concreto que adquirem, pois não é especificado um limite para a deformação lenta:

Quando se compra concreto, especifica-se apenas a resistência à compressão e o módulo de deformação (que avalia a deformação instantânea potencial), mas não se estabelece um parâmetro que limite a deformação lenta. Portanto, é necessário avaliar previamente essa característica. E a liderança nesse processo tem de ser assumida por todo o setor envolvido na produção do concreto.

3.4 CURA DO CONCRETO

Medeiros⁴ (2005, p. 26) salienta que os pontos mais problemáticos são oriundos de “[...] uma conjugação de muitos fatores, mas um dentre todos pode ser considerado ponto-chave: a cura do concreto. A cura bem feita ajuda a reduzir muito o potencial de deformação.”. Sperotto (2009, p. 30) afirma que “A cura úmida é a mais indicada para prevenir manifestações patológicas e aumentar a durabilidade dos elementos em concreto.”. De acordo com Sayegh⁵

² Entrevista com o engenheiro Fernando Henrique Sabbatini, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

³ Idem.

⁴ Idem.

⁵ Opinião da engenheira Inês Bataggin, superintendente da ABNT e pesquisadora da ABCP.

(2007, p. 55), uma cura bem feita acarreta aumentos da resistência e do módulo de elasticidade do concreto:

[...] os principais fatores que elevam as deformações por fluência no momento da execução estão relacionados ao processo de secagem do elemento estrutural, por falta de cura ou cura insuficiente. A cura, especialmente nas primeiras idades, propicia aumentos da resistência e do módulo de elasticidade do concreto.

Kuperman (2007, p. 62) concorda e ressalta a importância de um ambiente de local úmido e os ganhos que isso resulta para a estrutura:

[...] a cura do concreto bem como a manutenção de um ambiente local com elevada umidade traz como benefícios um maior ganho de resistência do concreto, principalmente nas primeiras idades, maior módulo de elasticidade às primeiras idades, uma redução da retração por secagem e redução da fluência. Ensaios de laboratório mostraram que, se a umidade relativa média do ambiente onde se encontra a estrutura passar, por exemplo, de 50% para 70% durante 28 dias, a fluência do concreto pode sofrer uma redução de até 30%.

A molhagem contínua da estrutura a partir do momento em que é possível caminhar sobre o concreto é um dos métodos de cura indicados. Dessa forma, evita-se que a água inserida na mistura do concreto e necessária para as reações de hidratação do cimento permaneça disponível e não evapore, diminuindo a porosidade da estrutura. É fundamental que o concreto esteja sempre saturado, evitando ciclos de molhagem e secagem. Para isso, pode-se usar sacos de aniagem, papelão ou manta geotêxtil para melhorar o processo e evitar que a estrutura seque. Outro fator importante é que a água utilizada para a molhagem da estrutura seja potável, livre de contaminantes que possam penetrar no concreto (REPETTE, 2006, p. 20-21).

3.5 REESCORAMENTO E CARREGAMENTOS

O reescoramento da estrutura e o excesso dos carregamentos na fase inicial são um dos fatores que podem acarretar o surgimento de deformações excessivas e manifestações patológicas. Salvador (2007, p. 35-36) afirma que:

A movimentação ou retirada do escoramento ou reescoramento dos sistemas de formas, acarreta a aplicação de algum nível de carregamento na estrutura de concreto. Este processo, quando precoce, pode se tornar problemático e até levar a ocorrência de manifestações patológicas, pois o concreto é solicitado sem ter

atingido a resistência suficiente para resistir aos níveis de tensão decorrentes da movimentação do sistema de formas.

Como o prazo de execução está reduzido ao máximo, os ciclos de execução das estruturas estão cada vez mais acelerados, implicando na movimentação ou retirada prematura das escoras ou reescoras. Estas práticas requerem cuidados especiais e detalhamento em nível de projeto para a correta execução da estrutura (SALVADOR, 2007, p. 36). Salvador (2007, p. 36) salienta ainda que “A probabilidade de grande deformação diferida no tempo é enfatizada para situações em que o concreto é solicitado com pouca idade, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto, podendo promover deformações inaceitáveis.”.

Prado e Corrêa⁶ (2002 apud SALVADOR 2007, p. 38) afirmam que

[...] as ações que atuam nos pavimentos durante a construção podem ultrapassar as ações em serviço consideradas do projeto. Além disso, as ações de construção normalmente solicitam o concreto antes que o mesmo tenha atingido as características de resistência e deformabilidade previstas aos 28 dias.

Esses carregamentos proporcionados à estrutura durante a construção podem trazer problemas futuros. Conforme Prado et al.⁷ (1998 apud SALVADOR, 2007, p. 38), “[...] mesmo que não ocorra um comprometimento imediato, esta combinação prematura produz efeitos como fissuração e perda de rigidez que influenciarão as deformações ao longo do tempo.”.

A deformação da estrutura é diretamente ligada às fissuras em alvenarias, por isso é importante observar o carregamento prematuro da estrutura. Para França⁸ (2003 apud SALVADOR, 2007, p. 39):

[...] a resposta de vigas a deformações é principalmente determinada pela sua resistência no primeiro carregamento e não tanto pela sua resistência final. Se o cronograma de execução prever um carregamento prematuro, devem-se adotar procedimentos adequados para obter resistências altas à compressão e tração, incluindo um ótimo reescoramento quando do primeiro carregamento. O autor também cita que nesta fase de construção, embora a peça estrutural possa ter resistência para suportar o carregamento, ela não possui uma adequada resistência à tração para não fissurar, desta forma, um elemento fissurado poderá ter deformações várias vezes maior que um não fissurado. O carregamento precoce também aumenta a fluência, aumentando consideravelmente as deformações diferidas no tempo.

⁶ PRADO, J. F. M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Estruturas de edifícios em concreto armado submetidas a ações de construção**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. São Carlos, n. 19, p. 51-79, 2002.

⁷ PRADO, J. F. M. A.; RAMALHO, M.; CORRÊA, M. R. S. **Panorama sobre ações construtivas em estruturas de edifícios em concreto armado**. Revista IBRACON. São Paulo, n. 21, p. 21-31, 1998.

⁸ FRANÇA, R. L. S. N **Principais fatores que influenciam nas deformações de estruturas de concreto**. 5º Seminário de Tecnologia de Estruturas. São Paulo, 2003.

Através deste capítulo é possível observar a importância dos processos citados anteriormente. A concepção estrutural é de fundamental importância porque é onde se decide o tipo de estrutura a executar conforme as solicitações previstas em projeto.

A execução com qualidade dá o aval que o projetista precisa, transformando o projeto em algo concreto e com bom desempenho. O cuidado com a dosagem e a cura acarreta no melhor aproveitamento da estrutura de concreto, fazendo com que atinja resistências altas e menores deformações, diminuindo as manifestações patológicas. Por fim, é necessária atenção na retirada das escoras e nas sobrecargas durante a construção para não levar a estruturas a solicitações nas quais elas ainda não estejam prontas para receber.

4 ALVENARIA

O presente capítulo do trabalho aborda conceitos e definições sobre alvenaria de vedação e seus componentes, apresentando também a importância das ligações utilizadas entre a alvenaria e a estrutura.

4.1 CONCEITOS BÁSICOS

A definição de alvenaria encontrada em dicionários é, por exemplo: “Arte ou ofício do pedreiro; obra composta de pedras naturais ou artificiais, ligadas ou não por meio de argamassa.” (BUENO, 1998, p. 44). Tramontin (2005, p. 7) afirma que a invenção de novos materiais foi uma revolução na história da alvenaria:

A evolução da alvenaria acompanha a evolução do próprio homem que atualmente é composta de materiais de alta tecnologia que oferecem mais resistência, são mais leves e mais baratos e que perduram à ação do tempo. A invenção de materiais como os blocos de concreto, cerâmico, sílico-calcáreo, concreto celular etc., representam uma revolução na história da alvenaria.

A evolução da alvenaria levou a uma verdadeira revolução nas técnicas construtivas das mesmas, principalmente após o desenvolvimento de novos materiais, conforme apontam Thomaz e Helene (2000, p. 1). Os autores afirmam que a alvenaria evoluiu de elementos grandes e resistentes para uma matéria prima mais leve, como o concreto celular. Elementos que antes eram pesados passaram a ser mais leves, como os blocos cerâmicos vazados. Salientam ainda que a revolução nas técnicas das alvenarias ocorreu a partir do século XX, quando se teve um avanço tecnológico muito grande dos materiais envolvidos na construção civil.

Conforme Tramontin (2005, p. 7), “Como consequência do aparecimento dos novos materiais e das mudanças nas técnicas de projetos e execução de obras, surgiram de maneira mais acentuada, os problemas nas edificações, que passaram a ser motivo de constante estudo [...]”.

4.2 ALVENARIA DE VEDAÇÃO

As alvenarias, de uma maneira geral, podem dividir-se em dois tipos: estrutural ou de vedação. Alvenaria estrutural são paredes dimensionadas para resistir cargas além do seu próprio peso, tendo, portanto, função estrutural na edificação. Por outro lado, as alvenarias de vedação têm como principal função a proteção dos ambientes (MEDEIROS; FRANCO, 1999, p. 2).

Sabbatini⁹ (1984 apud LORDSLEEM JÚNIOR, 1997, p. 17) define alvenaria de vedação como “[...] um componente complexo, utilizado na construção e conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa que formam um conjunto rígido e coeso, não sendo dimensionada para resistir cargas além de seu peso próprio.”.

Além disso, Tramontin (2005, p. 8) afirma que “Os elementos que formam a alvenaria de vedação possuem, cada um, suas características, mas, são dependentes e interagem.”. De acordo com Sahade (2005, p. 9), “As alvenarias de vedação, além de separar o ambiente interno do externo, têm como **função** resistir às solicitações tanto do meio interno, quanto do meio externo a que estão sujeitas.”.

A seguir, uma ilustração que identifica solicitações às quais as paredes de alvenaria estão sujeitas e precisam resistir. Observa-se que além do peso próprio que a alvenaria tem que suportar, ela precisa ter condições para resistir às solicitações impostas tanto do ambiente externo quanto do interno, ilustradas na figura 2.

⁹ SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. 1984. 298 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

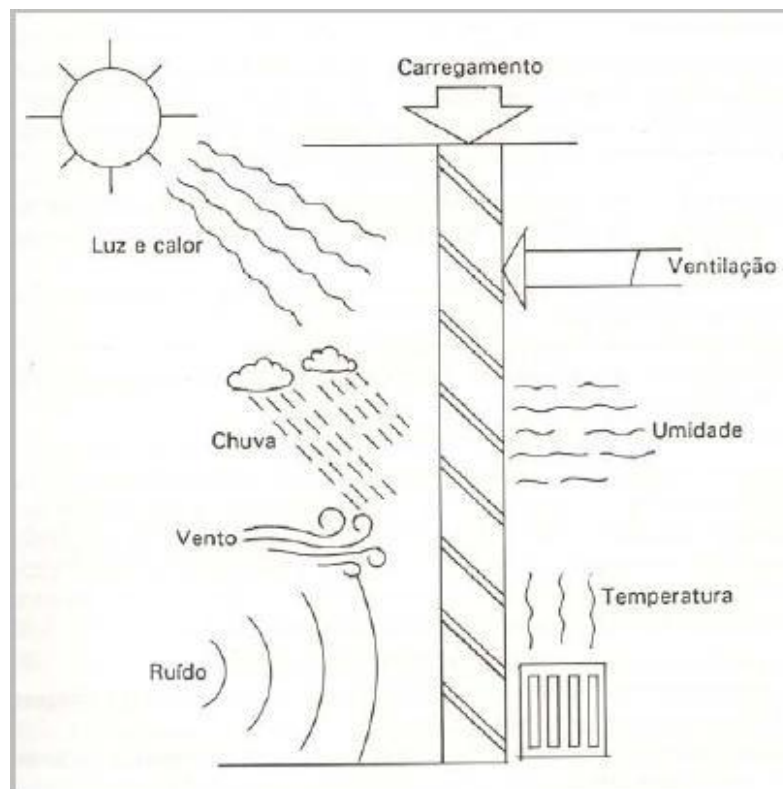


Figura 2: solicitações impostas às superfícies das edificações (CINCOTTO¹⁰ et al., 1995 apud SAHADE, 2005, p. 9)

Medeiros e Franco (1999, p. 4) citam seis requisitos fundamentais que se esperam das alvenarias de vedação de edifícios:

- a) estanqueidade;
- b) isolamento térmico e acústico;
- c) estabilidade mecânica;
- d) segurança ao fogo;
- e) estética
- f) durabilidade;
- g) economia.

Medeiros e Franco (1999, p. 4) salientam ainda que “A estes requisitos devem ser associadas características e propriedades funcionais para que o projeto cumpra seus objetivos. Dentre estas características merecem destaque [...] a deformabilidade e a resistência mecânica.”. A

¹⁰ CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. K. **Argamassas de revestimento**: características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

deformabilidade das alvenarias, ainda segundo Medeiros e Franco (1999, p. 4), “[...] pode ser entendida como a capacidade que a mesma possui de manter-se íntegra ao longo do tempo, distribuindo as tensões internas sem perda de desempenho.”. Outro requisito das paredes de alvenaria, a resistência mecânica a esforços de compressão, depende da resistência mecânica dos blocos, conforme afirmam Medeiros e Franco (1999, p. 5):

A resistência mecânica de uma parede de alvenaria depende principalmente da resistência mecânica do bloco, particularmente no caso de esforços de compressão. Quando surgem esforços de tração e cisalhamento, as juntas de argamassas também passam a ocupar posição de destaque, sejam verticais ou horizontais.

Tramontin (2005, p. 9) conclui que “Quando tais requisitos não são observados, fatalmente ocorrerão problemas nas alvenarias de vedação. Um desses problemas é o das fissuras [...]”.

4.2.1 Componentes das alvenarias de vedação

Ramalho e Corrêa¹¹ (2003 apud MOCH, 2009, p. 25) definem os componentes e elementos das alvenarias:

Entende-se por um **componente** da alvenaria uma entidade básica, ou seja, algo que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a alvenaria. Os componentes principais da alvenaria de vedação são: unidade e argamassa.

Já os **elementos** são uma parte suficientemente elaborada da alvenaria, sendo formados por, pelo menos, dois dos componentes anteriormente citados, como por exemplo, uma parede de alvenaria.

4.2.1.1 Unidade

Jodas (2006, p. 16) afirma que “Os blocos determinam as principais características no desempenho da alvenaria e representam de 85 a 95% no volume da alvenaria, além de definirem a modulação e a coordenação dimensional.”. A seguir, no quadro 1, são apresentadas classificações das principais unidades das alvenarias.

¹¹ RAMALHO, M. A.; CORRÊA M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Segundo as dimensões dos componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Tijolo: unidade de alvenaria de dimensões máximas: c=300mm. L=250mm e H=120mm • Bloco: unidade de alvenaria que excede em comprimento, largura ou altura as máximas dimensões que definem o tijolo.
De acordo com a percentagem de vazios	<ul style="list-style-type: none"> • Maciço: % de vazios < 25% em volume • Perfurado: % de vazios > 25% e < 50% e área de qualquer furo < 50 cm² • Vazado: % de vazios >25% e < 60% sem outras limitações.
De acordo com o material	<ul style="list-style-type: none"> • Cerâmico • Concreto • Concreto celular • Sílico-Calcáreo

Quadro 1: classificação das unidades da alvenaria
(JODAS¹², 2006, p. 16)

Porém, a NBR 15270-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 1), define bloco cerâmico de vedação como um “Componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contém.”, diferentemente do quadro 1.

4.2.1.2 Argamassa de assentamento

Argamassa de assentamento é o material utilizado para fazer a ligação dos blocos ou tijolos. Conforme afirma Tramontin (2005, p. 15), a argamassa não deve possuir alta resistência, uma característica esperada do concreto:

A argamassa é o elemento de ligação dos blocos ou tijolos da alvenaria em uma estrutura única, sendo normalmente constituída de cimento, areia e cal. É importante ressaltar que, embora as argamassas de assentamento sejam compostas, na essência, pelos mesmos elementos constituintes do concreto, elas têm funções e empregos bastante distintos. Assim, não é correto utilizar procedimentos iguais aos da produção de concreto para produzir argamassas de qualidade.

¹² A autora consultou material de aula fornecido pelo professor Fernando Henrique Sabbatini.

Tramontin (2005, p. 15) observa ainda que o importante para as argamassas “[...] é que sejam aptas a transferir as tensões de maneira uniforme entre os blocos, compensando as irregularidades e as variações dimensionais. Além disso, deve unir solidariamente os blocos de alvenaria e ajudá-los a resistir aos esforços laterais.”.

Segundo a *British Standards Institution*¹³ (1973 apud SABBATINI, 1986, p. 1), as principais funções das juntas de argamassa em uma parede de alvenaria são:

- a) unir solidamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais;
- b) distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;
- c) absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita e;
- d) selar as juntas contra a penetração de água da chuva.

Para que a argamassa de assentamento tenha a capacidade de prover essas funções, Sabbatini¹⁴ (1986, p. 3) salienta que ela deve apresentar as seguintes características:

- a) ter trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão) suficiente para que o pedreiro produza com rendimento otimizado um trabalho satisfatório, rápido e econômico;
- b) ter capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção do bloco não prejudique as suas funções primárias;
- c) adquirir rapidamente alguma resistência após assentada para resistir a esforços que possam atuar durante a construção;
- d) desenvolver resistência adequada para não comprometer a alvenaria de que faz parte, não devendo ser mais resistente que os blocos que ela une;
- e) ter adequada aderência aos blocos a fim de que a interface possa resistir a esforços cisalhantes e de tração e prover a alvenaria de juntas estanques à água da chuva;
- f) ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais ou da construção como um todo;

¹³ BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **CP – 121: part 1**: brick and block masonry. London, 1973.

¹⁴ Sabbatini (1986) cita neste trecho os seguintes autores:

ANDREWS, H. **Mortar for brickwork, block construction and masonry**. London, HMSD – Building Research Station, 1950. National Building Studies, Bulletin – 8.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **CP – 121: part 1**: brick and block masonry. London, 1973.

DAVISON, J. I. **Masonry mortar**. Ottawa: National Research Council of Canada, 1974. Canadian Building Digest – 163.

- g) ter suficiente resiliência (baixo módulo de deformação) de maneira a acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) e as decorrentes de movimentos estruturais (de pequena amplitude) da parede de alvenaria, sem fissurar.

4.2.2 Interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado

Conforme Thomaz e Helene (2000, p. 18), “Nas ligações das alvenarias com a estrutura devem ser consideradas as diferentes propriedades térmicas entre o concreto estrutural e o material dos blocos, os gradientes térmicos nas fachadas, as dimensões dos panos e a flexibilidade da estrutura [...]”.

Costa e Franco (1996, p. 5) afirmam que “O tipo de ligação utilizada entre as paredes de alvenaria e a estrutura (laje de piso, vigas e pilares) influencia o desempenho das paredes, no que diz respeito à absorção de cargas impostas pela deformação da estrutura.”. Thomaz (1989, p. 136) salienta que as ligações entre estrutura e paredes de vedação devem ter uma atenção especial, visto que:

As movimentações higrotérmicas da parede e da estrutura, as acomodações do solo e as deflexões dos componentes estruturais introduzirão tensões nas paredes de fechamento que, em função da natureza do seu material constituinte e da própria intensidade da movimentação, poderão ser absorvidas. Sempre que houver, entretanto, incompatibilidade entre as deformações impostas e as admitidas pela parede, cuidados devem ser tomados no sentido de evitar-se a fissuração da parede ou o seu destacamento do componente estrutural, principalmente no caso de fachadas, onde através da fissura ou do destacamento, ocorrerá a penetração de água para o interior do edifício.

4.2.2.1 Interface vertical

Deve ser executada uma ligação adequada das alvenarias aos pilares para que não haja o destacamento entre os mesmos, conforme observa Thomaz (1989, p. 138):

Um problema que se tem verificado particularmente crítico é o do destacamento entre paredes e pilares; nossa prática construtiva, baseada no emprego de alvenaria de tijolos de barro ou blocos cerâmicos, com paredes revestidas, sempre e só considerou essa ligação com o emprego de argamassa, tomando-se o cuidado de chapiscar previamente o pilar e, algumas vezes, chumbando-se no mesmo alguns ferros de espera.

Para evitar fissuras na interface da alvenaria com pilares, deve-se executar uma correta ancoragem da alvenaria no pilar, que atua como um reforço permitindo que as tensões atuantes sejam dissipadas, não gerando fissuras (TRAMONTIN, 2005, p. 60).

4.2.2.2 Interface horizontal

A fixação da alvenaria à estrutura deve ser executada com materiais adequados para não gerar tensões imprevistas que ocasionem fissuras na interface com a estrutura. Thomaz (1989, p. 136) afirma que:

Um dos problemas mais sérios que se apresentam para as paredes de vedação é a deflexão de vigas e lajes. Nesse sentido, muito poderá ser feito retardando-se ao máximo a montagem das paredes. Para as deflexões dos andares superiores não sejam transmitidas aos andares inferiores, a montagem das paredes deverá ser feita do topo para a base do prédio; quando isto for possível [...].

Deve-se ter uma correta especificação do material a ser utilizado na fixação da alvenaria à estrutura, conforme observam Costa e Franco (1996, p. 5-6):

As alvenarias de vedação executadas no Brasil são tradicionalmente fixadas à estrutura, através de encunhamento que na maioria das vezes é executado logo após à execução da parede com o próprio bloco de assentamento. Isso origina um comportamento insatisfatório das paredes à acomodação das tensões, surgindo assim problemas patológicos como a fissuração das paredes.

Com isso, torna-se necessária a especificação do tipo de ligação, assim como o espaçamento a ser deixado durante a execução das paredes e o material de enchimento a ser utilizado posteriormente, levando-se em conta as características de deformabilidade da estrutura

Costa e Franco (1996, p. 19) explicam ainda que:

A fixação da alvenaria na estrutura corresponde ao preenchimento do vão deixado entre a alvenaria e a estrutura com argamassa especialmente dosada. A argamassa a ser utilizada deve possuir como principal característica um baixo módulo de deformação, para que possa se deformar quando solicitada pela estrutura.

A fixação superior rígida pode ocasionar fissuras na região, conforme afirmam Medeiros e Franco (1999, p. 7), “[...] contribuindo para a introdução de tensões iniciais decorrentes dos primeiros carregamentos [...]”. Thomaz (1989, p. 136) observa que “O encunhamento deve ser feito com materiais com pequeno módulo de deformação [...]”. Para projetos modulados

onde a última fiada de blocos fazia a estrutura e nas ligações com estruturas muito deformáveis, Thomaz (1995, p. [55]) sugere que:

Nos projetos modulados, onde a última fiada de blocos praticamente fazia o componente estrutural, deve-se com muito mais razão empregar argamassa fraca em cimento. Nessa situação, tratando-se de blocos vazados, a última fiada pode ser composta por meios-blocos assentados com furos na horizontal, facilitando-se sobremaneira a execução do encunhamento.

Nas ligações com estruturas muito deformáveis, particularmente no caso de paredes muito extensas e/ou muito enfraquecidas pela presença de aberturas, recomenda-se a constituição de uma junta composta por material deformável, acabada com selante elastomérico ou mata-juntas.

Com este capítulo observam-se as funções e as definições sobre a alvenaria de vedação e seus componentes e elementos. Mostra-se também a importância da correta ligação da alvenaria à estrutura, onde se identifica uma região suscetível a fissuração. Nessa ligação, deve-se considerar além das deformações impostas pela estrutura, a diferente dilatação térmica dos materiais, devendo-se tomar cuidado com relação a isso, utilizando materiais e técnicas descritas no decorrer do trabalho.

5. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: FISSURAS

Neste capítulo são apresentados conceitos sobre patologia das edificações, demonstrando a incidência das manifestações patológicas mais comuns, como as fissuras. Logo após, são descritas classificações e causas da fissuração em alvenarias de vedação.

5.1 CONCEITOS BÁSICOS

Com o passar do tempo, as edificações estão sujeitas a degradações que podem ser naturais ou provenientes de falhas nas etapas de projeto, execução e/ou qualidade dos materiais. De acordo com Verçoza (1991, p. 7):

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da Medicina que estuda as doenças.

Também as edificações podem apresentar defeitos comparáveis a doenças: rachaduras, manchas, descolamentos, deformações, rupturas, etc. Por isso, convencionou-se chamar de Patologia das Edificações ao estudo sistemático desses defeitos.

Manifestações patológicas são classificadas como as **doenças**, danos ou defeitos das edificações, nas quais precisam ser diagnosticadas e tratadas conforme as suas causas. Segundo Mazer e Wiczick (2008, p. 9), “**Patologia** é a ciência que estuda, de forma metodizada, a origem, os sintomas e a natureza dos defeitos e danos de uma edificação.”.

O diagnóstico e a terapia dessas **doenças** das edificações exigem alto grau de conhecimento técnico sobre o assunto, que envolve um grande número de participantes, visto que as variáveis de projeto, materiais e condições de exposições são muito grandes, tornando o processo relativamente complexo. Para contornar estes problemas e obter soluções corretas, o diagnóstico deve ser feito em etapas bem definidas e por pessoas com bastante experiência e conhecimento técnico para que não seja feito um diagnóstico errôneo, agravando ainda mais o problema (MAZER; WICZICK, 2008, p. 6).

Conforme Almeida (2008, p. 24):

No estágio atual do conhecimento frente às manifestações patológicas incidentes nas construções, considerando-se o grande auxílio proporcionado pelo avanço tecnológico, encontram-se disponibilizadas ferramentas, tanto teóricas quanto práticas, permitindo hoje diagnosticar a grande maioria destas manifestações.

A descoberta das causas é um fator importante para estudar as formas de prevenção, como afirma Tramontin (2005, p. 1):

A partir da descoberta das causas, as formas de prevenção mostram-se eficazes e minimizam muito os custos dos tratamentos dessas doenças. A “Engenharia Biológica” procura sempre (e cada vez mais rapidamente) aprimorar-se e é surpreendente o nível técnico alcançado.

Com isso, identifica-se a importância do conhecimento da Patologia das Construções, para que se possa identificar as causas das **doenças**, aumentando a eficiência das formas de prevenção, diminuindo os custos. A seguir são apresentados estudos sobre a incidência das manifestações patológicas mais comuns nas edificações, sendo possível identificar as manifestações mais frequentes, como as fissuras. Logo, justifica-se a importância do estudo a ser realizado sobre as recomendações para aplicação das técnicas de prevenção de fissuras em alvenarias de vedação.

5.2 INCIDÊNCIA DE FISSURAS NAS EDIFICAÇÕES

Segundo Lordsleem Júnior (1997, p. 20), “Nas últimas duas décadas, muitas pesquisas foram realizadas sobre a incidência de patologias nas construções. Essas pesquisas, de modo geral, tinham como objetivo identificar os problemas mais comuns e entender as suas causas.”. Dal Molin (1988) realizou um estudo em 1615 manifestações patológicas atendidas pela Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC), no estado do Rio Grande do Sul, no período de 1977 a 1986, sendo constatada uma grande incidência de fissurações (66,01%), tanto em componentes de concreto, como em alvenarias e em revestimentos, como mostra a figura 3.

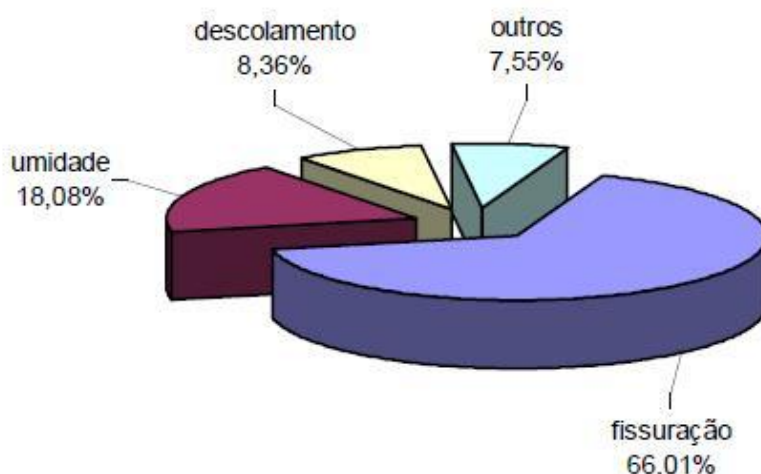


Figura 3: incidência de manifestações patológicas atendidas pela CIENTEC (DAL MOLIN, 1988)

Em seguida, são mostrados resultados de um trabalho estatístico realizado por Chamosa e Ortiz¹⁵ (1984 apud LORDSLEEM JÚNIOR, 1997, p. 27) em meados da década de oitenta em alguns países da Europa. Os resultados para França e Espanha estão ilustrados no quadro 2.

Local	Período	Casos	Manifestação (%)		
			Umidade	Fissura	Descolamento
França	1968/1978	10.000	18	59	12
Espanha	1969/1983	586	8	59,2	10,5

Quadro 2: problemas patológicos na França e na Espanha (CHAMOSA; ORTIZ¹⁶, 1984 apud LORDSLEEM JÚNIOR, 1997, p. 27)

Pode-se notar uma grande incidência de fissurações, confirmando que é uma das principais manifestações patológicas ocorridas nas edificações, seguida da umidade, que também é um problema bastante comum que, inclusive, pode contribuir para o surgimento de fissuras. Esses resultados indicam que os estudos sobre a ocorrência de fissuras nas edificações são de grande importância visto seu grau de incidência e também para eliminar a preocupação dos usuários e

¹⁵ CHAMOSA, J. A. V.; ORTIZ, J. L. R. Patología de la construcción em España: aproximación estadística. **Informes de La Construcción**, v. 36, n. 364, p. 5-15, Oct. 1984.

¹⁶ op. cit.

umentar a confiabilidade do construtor, porque, segundo Duarte (1998, p. 10), “[...] fissuras causam preocupação aos usuários e desacreditam o construtor.”.

Duarte (1998, p. 9) acrescenta ainda que:

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

5.3 FISSURAS EM ALVENARIAS DE VEDAÇÃO

Lordsleem Júnior e Franco (1998, p. 1) afirmam que “[...] a fissura pode ser entendida como a manifestação patológica resultante do alívio das tensões entre as partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos em contato.”. A fissuração é uma manifestação importante dentro da construção porque através dela pode desencadear outros problemas, conforme afirma Thomaz (1989, p. 15):

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais, comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

De acordo com Duarte (1998, p. 9), “A utilização cada vez maior de novos materiais e técnicas construtivas em substituição ao sistema tradicional de construção tem tornado mais frequentes as fissuras nas edificações.”. Medeiros e Franco (1999, p. 5) afirmam que “Entre os problemas patológicos mais comuns das paredes de vedação incluem-se as fissuras e trincas.”.

Magalhães (2004) realizou uma pesquisa sobre a incidência e a intensidade de fissuras nas edificações conforme levantamento de dados pela Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC). Para fazer o levantamento de dados, foram pesquisados 358 relatórios de um total de dois grupos. No grupo 1 estão descrições dos relatórios técnicos do período de 1977 à 1987, e no grupo 2 estão descrições dos relatórios técnicos do período de 1999 à 2003.

Dos 358 pesquisados, somente foram considerados os relatórios que registravam algum tipo de fissuração em alvenaria. Conforme mostra o quadro 3, foram considerados 254 relatórios.

Relatórios	Grupo 1	Grupo 2	Total	%
Relatórios pesquisados	246	112	358	100,00
Relatórios considerados	189	65	254	70,95

Quadro 3: levantamento de relatórios com fissuras em alvenaria
(MAGALHÃES, 2004, p. 99)

Magalhães (2004, p. 99) observou que “[...] dos 358 relatórios pesquisados, 254 tinham pelo menos uma manifestação de fissuras em alvenaria, sendo considerados no presente levantamento. Isto significa que 70,95% dos relatórios possuíam descrição de fissuras em alvenarias [...]”. Devido à grande incidência de fissuração nas paredes de alvenaria, pode-se notar a importância do seu estudo para reduzir a ocorrência dessa manifestação patológica. Cabe salientar que o grupo 1, são relatórios obtidos em 10 anos de identificações, totalizando 76,8% de casos com fissuração, e o grupo 2, em 4 anos, totalizou 58% de casos, notando-se uma certa diminuição. A diferença de tempo também é um fator importante, enquanto o grupo 1 foi registrado entre os anos de 1977 e 1986, o grupo 2 foi entre 1999 e 2003.

5.3.1 Classificação das fissuras em alvenarias de vedação

No presente trabalho, o termo fissura é empregado de forma padronizada, sem fazer diferenciação entre fissuras, trincas ou rachaduras, mesmo que na bibliografia possam ser encontradas estas terminologias.

As fissuras em alvenarias podem ser classificadas segundo diferentes critérios, como é mostrado a seguir. Grim¹⁷ (1997 apud DUARTE, 1998, p. 11) afirma que as fissuras em alvenaria com aberturas menores que 0,1 mm, chamadas fissuras capilares, “[...] são insignificantes do ponto de vista da durabilidade, porque são praticamente impermeáveis à

¹⁷ GRIM, C. T. Masonry cracks: cause, prevention and repair. **Masonry International**. v. 10, n. 3, p. 63-104, Mar. 1997.

chuva dirigida pela pressão do vento.”. Em seguida, são apresentados três tipos de formas de classificação de fissuras em alvenarias de vedação.

5.3.1.1 Classificação segundo sua abertura

Segundo Bidwell¹⁸ (1977, apud DUARTE, 1998, p. 11), as fissuras podem ser classificadas de acordo com sua abertura em:

- a) finas: aberturas até 1,5 mm;
- b) médias: aberturas de 1,5 mm e 10 mm;
- c) largas: aberturas maiores que 10 mm.

5.3.1.2 Classificação segundo sua atividade

Duarte (1998, p. 36) classifica as fissuras, segundo sua atividade, em:

- a) ativas: fissuras que apresentam variações de abertura ao longo do tempo;
- b) estabilizadas ou inativas: fissuras que não apresentam variações de abertura ou comprimento ao longo do tempo.

5.3.1.3 Classificação segundo sua direção

Segundo Lordsleem Júnior (1997, p. 55), “A direção preferencial das fissuras é resultante do sentido das forças que atuam sobre a parede. Desse modo, a direção das fissuras também auxilia no processo de formação do diagnóstico.”. Conforme Eldridge¹⁹ (1982 apud LORDSLEEM JÚNIOR, 1997, p. 55), as fissuras podem se apresentar sob as seguintes configurações:

- a) vertical;
- b) horizontal;
- c) denteada e diagonal;

¹⁸ BIDWELL, T. G. **The conservation of brick buildings, the repairs, alteration and restoration of old brickwork**. Londres: BDA, 1977.

¹⁹ ELDRIDGE, H. J. **Common defects in buildings**. London: Crown, 1982.

d) em degraus.

Dentre as direções das fissuras citadas, tem-se como mais conhecidas as fissuras verticais e as horizontais.

5.3.2 Causas da fissuração em alvenarias de vedação

Duarte (1998, p. 10) afirma que “As fissuras são causadas por tensões de tração. Sua direção é ortogonal à direção do esforço de tração atuante. As tensões de tração podem ser causadas por esforços de compressão agindo em direção ortogonal, por esforços de cisalhamento ou por tração direta.”. Apresentam-se a seguir, as principais causas de manifestações das fissuras nas alvenarias de vedação.

5.3.2.1 Movimentações térmicas

Os materiais quando expostos a variações de temperatura podem se dilatar ou se contrair, conforme afirma Duarte (1998, p. 14):

Os materiais de construção se dilatam e se contraem devido a variações de temperatura. É óbvio que esta movimentação é mais sensível no envelope do prédio do que no seu interior. Paredes de fachada e lajes de cobertura aquecem-se durante o dia e se resfriam durante a noite, com conseqüente movimentos de dilatação e contração. Quanto mais escuro for o elemento construtivo, maior o aumento de temperatura durante o período de insolação, por conseqüência, maior será a dilatação.

Thomaz (1989, p. 19) acrescenta que:

Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, sazonais e diárias. Essas variações repercutem numa variação dimensional dos materiais de construção (dilatação ou contração); os movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se nos materiais, por este motivo, tensões que poderão provocar o aparecimento de fissuras.

As movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura; a magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material.

Thomaz (1989, p. 19) afirma ainda que “As trincas de origem térmica podem também surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material.”. As principais movimentações diferenciadas ocorrem por (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT²⁰, 1979 apud THOMAZ, 1989, p. 19):

- a) junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura (por exemplo: argamassa de assentamento e componentes de alvenaria);
- b) exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo: cobertura em relação às paredes de alvenaria);
- c) gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente (por exemplo: face exposta e face protegida de uma laje de cobertura).

A seguir, na figura 4, ilustração de uma das formas de fissuração causadas por variações de temperatura. Identifica-se uma fissura horizontal típica devido a grande variação térmica a que são submetidas as lajes de coberturas das edificações, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, onde se tem uma grande amplitude térmica.

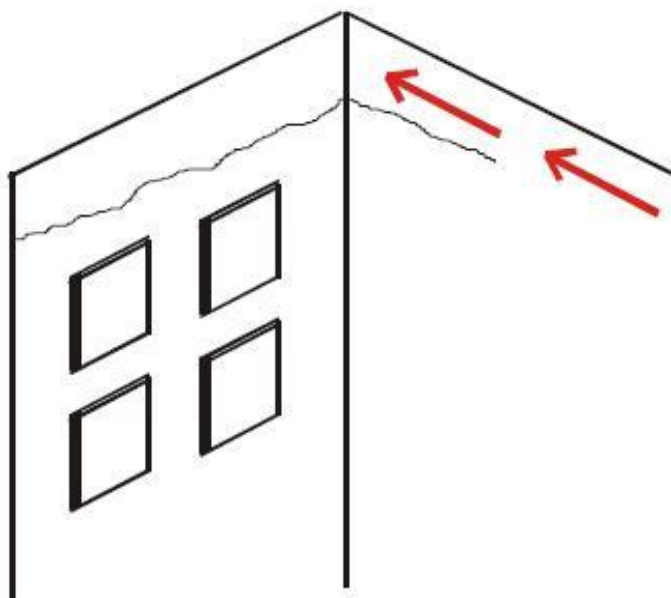


Figura 4: fissura horizontal provocada pela dilatação da laje da cobertura (DUARTE, 1998, p. 15)

²⁰ BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Estimation of thermal and moisture movements and stresses**. Garston, 1979.

5.3.2.2 Movimentações higroscópicas

Segundo Thomaz (1989, p. 37), “As fissuras provocadas por movimentações higroscópicas apresentam-se bastante semelhantes aquelas provocadas pelas movimentações térmicas.”. Ainda conforme Thomaz (1989, p. 33), mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais, gerando as fissuras:

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto que a diminuição desse teor provoca uma contração. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo.

Lordsleem Júnior (1997, p. 38) conclui que “[...] os materiais porosos que constituem os componentes e elementos da construção estão sujeitos às mudanças higroscópicas que provocam as variações dimensionais, assim como o efeito da mudança de temperatura.”.

Thomaz (1989, p. 33) afirma que a umidade que atinge os materiais de construção pode ser proveniente:

- a) da produção dos componentes;
- b) da execução da obra;
- c) do ar ou de fenômenos meteorológicos;
- d) do solo.

Thomaz (1989, p. 34) salienta ainda que:

A quantidade de água absorvida por um material de construção depende de dois fatores: porosidade e capilaridade. O fator mais importante que rege a variação do teor de umidade dos materiais é a capilaridade. Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução de água até a superfície do componente, onde ela será posteriormente evaporada.

A seguir, são ilustradas algumas formas de fissuração causadas pelas movimentações higroscópicas. Na figura 5, pode-se observar a expansão da parede de alvenaria provocada pela umidade ascendente. Através dessa expansão, gerou-se um inchamento das primeiras fiadas da alvenaria, provocando tensões de tração que geraram fissuras horizontais.

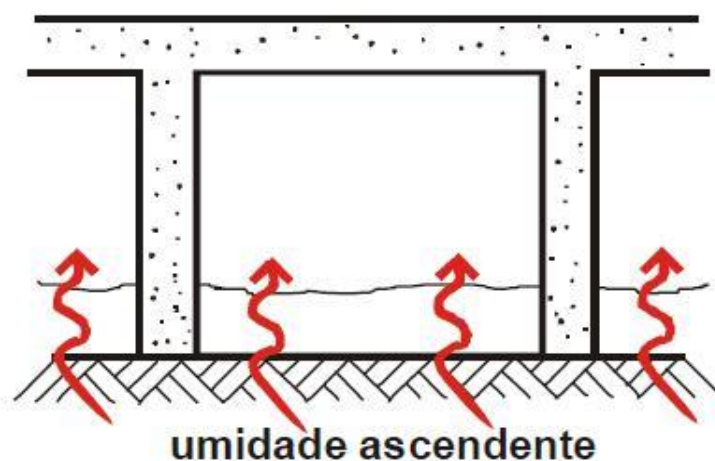


Figura 5: fissura horizontal provocada pela expansão da alvenaria gerada pela absorção de umidade (DUARTE, 1998, p. 19)

Na figura 6, nota-se o aparecimento de fissuras verticais provocadas também pela expansão da alvenaria ocasionada pela absorção da umidade proveniente do ambiente.

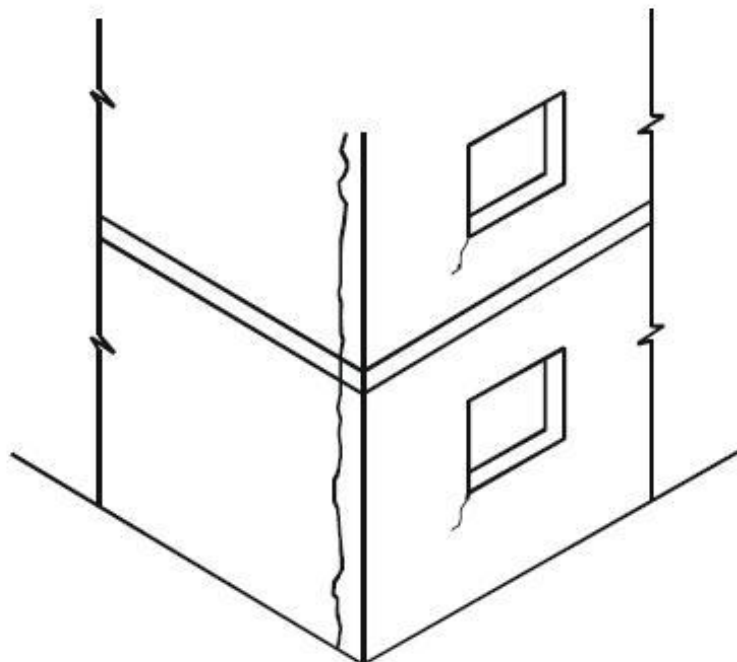


Figura 6: fissura vertical no canto do edifício por expansão da alvenaria (THOMAZ, 1989, p. 38)

5.3.2.3 Recalques de fundações

Os recalques de fundações podem gerar fissuras devido à movimentação imposta na edificação proveniente do deslocamento do solo. Pfeffermann²¹ (1968 apud LORDSLEEM JÚNIOR, 1997, p. 42) ressalta que:

Como todo material de construção, o solo está sujeito a carregamentos, deformações elásticas e plásticas. Em geral, os solos constituem-se de partículas sólidas entre as quais existem poros de diversos tamanhos preenchidos por ar ou água. Sob a influência das cargas, as partículas sólidas se deslocam provocando a deformação do terreno.

As fissuras provocadas por recalques de fundações geralmente são inclinadas, conforme afirma Thomaz (1989, p. 94):

De maneira geral, as fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas, confundindo-se às vezes com as fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Em relação às primeiras, contudo, apresentam aberturas geralmente maiores, “deitando-se” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Outra característica das fissuras provocadas por recalques é a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocaram; além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura.

Segundo Duarte (1998, p. 24-25):

As fissuras causadas por recalques de fundações com frequência tendem a se localizar próximas ao pavimento térreo da construção. Contudo, dependendo da gravidade do recalque e do tipo da construção, o grau de fissuração nos pavimentos superiores pode ser tão intenso quanto no pavimento térreo.

Na figura 7, notam-se fissuras verticais próximas ao solo devido ao recalque da fundação. Apresentam-se fissuras verticais provenientes da ruptura das fundações que geram esforços de tração na parede apresentada nessa figura.

²¹ PFEFFERMANN, O. Les fissures dans les construction conséquence de phénomènes physiques naturels. **Annales de L’Institut Technique Du bâtiment et des Travaux Publics**, v. 21, n. 250, p. 1453-82, Oct. 1968.

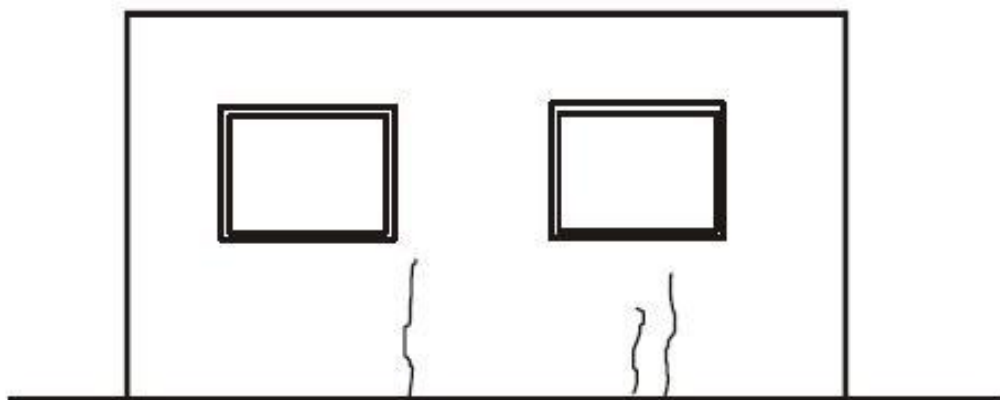


Figura 7: fissuras verticais com maior abertura junto ao solo devido à ruptura das fundações (DUARTE, 1998, p. 27)

Na figura 8, fissuras inclinadas na direção do pilar que sofreu o recalque gerado pela fundação. Observa-se que é um recalque localizado, causando deformações em outras estruturas ligadas aos pilares, como as vigas inferior e superior. Com isso, geram fissuras inclinadas resultantes dos esforços de tração a que foram submetidas as paredes.

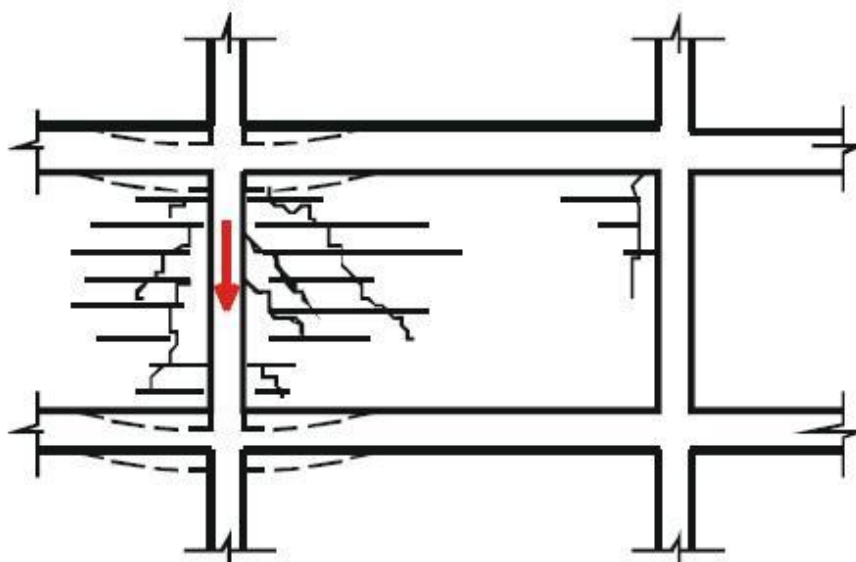


Figura 8: fissuras ocasionadas por recalques diferenciais entre pilares (THOMAZ, 1989, p. 98)

5.3.2.4 Deformações das estruturas de concreto armado

A evolução da tecnologia do concreto armado gerou estruturas mais esbeltas e flexíveis, conforme afirma Thomaz (1989, p. 69):

Com a evolução da tecnologia do concreto armado, representada pela fabricação de aços com grande limite de elasticidade, produção de cimentos de melhor qualidade e desenvolvimento de métodos refinados de cálculo, as estruturas foram se tornando cada vez flexíveis, o que torna imperiosa a análise mais cuidadosa das suas deformações e de suas respectivas consequências.

Lordsleem Júnior (1997, p. 45) reforça que o desenvolvimento dos métodos construtivos das alvenarias não evoluiu da mesma forma que a tecnologia do concreto armado:

O desenvolvimento da tecnologia do concreto, aliado aos avanços mais recentes da teoria do dimensionamento tem permitido a produção de estruturas cada vez mais esbeltas. Entretanto, os métodos construtivos das alvenarias não evoluíram da mesma forma, sendo ainda empregadas, na grande maioria das obras brasileiras, as mesmas técnicas construtivas do passado.

Medeiros e Franco (1999, p. 6) afirmam que “As fissuras e trincas de origem externa decorrentes da incompatibilidade entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação têm ocorrido ultimamente em maior quantidade e intensidade.”. Thomaz (1989, p. 75) salienta que “Os componentes do edifício mais suscetíveis à flexão de vigas e lajes são [...] as alvenarias.”. De acordo com Duarte (1998, p. 22):

Paredes de alvenaria são extremamente rígidas para acompanhar as deformações da estrutura de concreto armado. O emprego de peças estruturais trabalhando sob tensões de serviço mais elevadas sem um correspondente aumento do módulo de elasticidade dos materiais tem tornado os elementos fletidos mais flexíveis e conduzindo a maiores deformações. Estas deformações podem ser orientadas para baixo como no caso de deformações exageradas de lajes e vigas ou para cima como as bordas de lajes de coberturas sujeitas à torção. As fissuras decorrentes destas deformações ocorrem junto à interface entre a alvenaria e o elemento de concreto armado.

Thomaz (1989, p. 69) salienta que “Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer em nada sua própria estética, a estabilidade e a resistência da construção; tais flechas, entretanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes [...]”. Conforme a norma brasileira NBR 6118, os deslocamentos limites para as paredes de alvenaria são os apresentados no quadro 4.

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento limite
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$l/500$ ou 10 mm ou $\theta = 0,0017$ rad

Quadro 4: limites para deslocamentos em paredes de alvenaria (adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 70)

Na prática, essa recomendação da norma NBR 6118 não tem recebido a devida atenção, identificando-se frequentemente casos de fissuras em alvenarias provocadas pelas deformações dos elementos estruturais. Na figura 9, fissuras típicas causadas por deformação da viga superior. Nota-se que geram fissuras nos cantos superiores e no meio da parte inferior da parede, onde se tem um grande esforço de tração devido à grande deformação da estrutura superior.

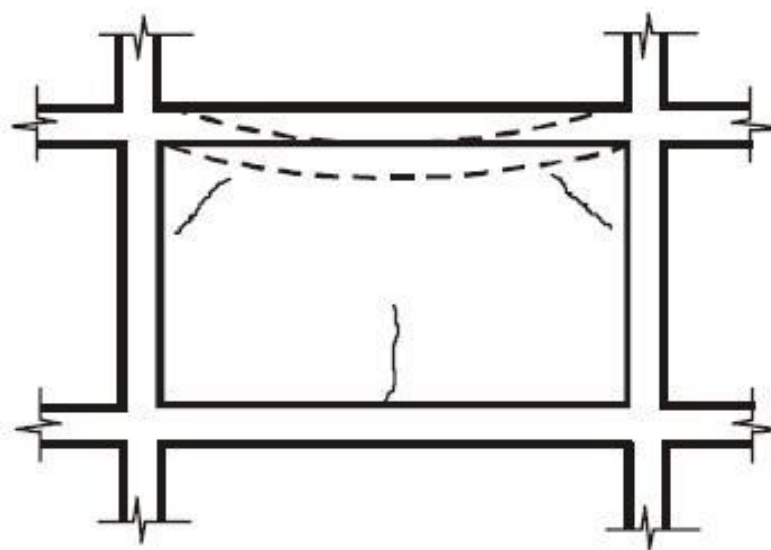


Figura 9: fissuras causadas pela deformação exagerada da viga superior (DUARTE, 1998, p. 13)

Este capítulo mostra a grande incidência de fissuração em paredes de alvenaria justificando seu estudo. Analisa-se também as principais causas, podendo-se fazer associações com as técnicas preventivas descritas a seguir.

6 TÉCNICAS PREVENTIVAS E SUAS RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas técnicas construtivas empregadas na produção das alvenarias de vedação e recomendações para sua aplicação com o intuito de evitar fissuras na interface com estruturas de concreto armado.

6.1 INTERFACE ALVENARIA/PILAR

Como já visto anteriormente, a interface da alvenaria de vedação com os pilares é uma área bastante suscetível à fissuração, devido à movimentação da estrutura. Abaixo, são descritas duas das principais técnicas preventivas para evitar essas fissuras, com o objetivo de fazer a amarração e ancoragem da alvenaria com a estrutura.

6.1.1 Ferro cabelo

A ligação da alvenaria aos pilares pode ser executada com **ferro cabelo**, que é um ferro que tem como função ser um dispositivo de ancoragem da parede ao pilar, como mostra a figura 10, inserido antes da concretagem, junto com a forma, ou colado com resina em furos executados nos pilares após a concretagem (THOMAZ; HELENE, 2000, p. 19).



Figura 10: **ferro cabelo** reto (SPEROTTO, 2009, p. 42)

Thomaz (1995, p. 55) afirma que:

As ligações com pilares poderão ser obtidas com ferros de espera chumbados durante a própria concretagem do pilar (dobrados, faceando a forma internamente), ou com ferros posteriormente embutidos em furos executados com brocas de vídea Ø 8 mm (colagem com resina epóxi, tipo “Compound” etc.); recomenda-se o emprego de dois ferros Ø 6 mm a cada 40 cm ou 50 cm, com transpasse em torno de 50 centímetros.

Thomaz (1995, p. 55) recomenda ainda que “As faces internas dos pilares deverão receber chapisco 1:3.”. Em uma pesquisa realizada por Sperotto (2009, p. 41) em duas edificações executadas em Porto Alegre, o autor afirma que:

No encontro de alvenarias com pilares, além do chapisco na face do pilar, usavam-se ferros-cabelo fixados no concreto com resina epóxi para garantir a amarração entre estes dois elementos [...]. Porém, como a fixação de ferros-cabelo requeria um tempo considerável, pelo fato de ser necessário furar o concreto, aplicar o produto e esperar pelo endurecimento da resina epóxi antes da execução da alvenaria, foi alterado o processo com a aquisição de uma pistola para aplicação de chumbadores metálicos nos pilares. Os mesmos fixam telas que substituem os ferros-cabelo [...].

Esta técnica citada acima será mais bem detalhada no próximo capítulo. Nota-se que o uso do **ferro cabelo** não foi tão adotado pelo tempo que tinha que se esperar para secar a resina epóxi ou embutindo nas formas, causando prejuízo à produtividade.

Além disso, em estudo experimental realizado por Medeiros e Franco (1999, p. 44), eles afirmam que o **ferro cabelo** do tipo reto, conforme a figura 10, é ineficiente para evitar fissuras na interface da alvenaria com pilar. Os autores recomendam que o **ferro cabelo** seja dobrado tipo estribo, existindo uma dobra transversal à estrutura do pilar, conforme mostrado na figura 11.

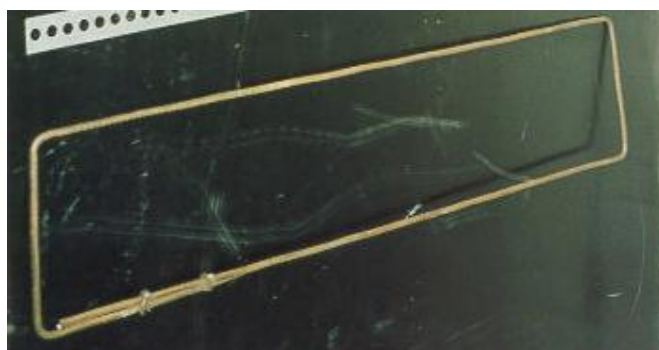


Figura 11: **ferro cabelo** dobrado
(adaptado de MEDEIROS; FRANCO, 1999, p. 27)

6.1.2 Tela metálica soldada

É a técnica para amarração da alvenaria de vedação aos pilares mais utilizada atualmente devido à facilidade de execução. Medeiros e Franco (1999, p. 57) recomendam que seja feito o seguinte para aumentar a aderência entre a alvenaria e o pilar:

- a) limpar o pilar de concreto retirando restos de materiais aderidos, desmoldante e sujeira;
- b) o chapisco pode ser tradicional (mistura de cimento e areia aspergido manualmente) ou do tipo rolado, aplicado com rolo para textura, atentando-se sempre para a qualidade de execução;
- c) umedecer e chapiscar a superfície do pilar com argamassa de cimento e areia, com ou sem uso de adesivo sintéticos, de modo a obter uma superfície com textura que favoreça a aderência;
- d) esperar pelo menos 72 horas para o início do assentamento dos blocos da parede de modo que a aderência inicial seja obtida.

Na figura 12, mostra-se a utilização da tela para ancoragem da parede ao pilar. Nota-se que o pilar foi previamente chapiscado.



Figura 12: tela metálica soldada

Para reduzir as operações no canteiro de obras e racionalizar a execução do serviço, recomenda-se comprar as telas e materiais necessários já previamente cortados nos tamanhos indicados em projeto. Recomenda-se que 1/5 do comprimento total da tela deva ficar fixado ao pilar com a dobra voltada para cima. Para paredes maiores que 140 mm, pode-se utilizar duas telas de 75x500 mm nas extremidades, onde é colocada a argamassa da junta horizontal, para garantir a correta ancoragem (MEDEIROS; FRANCO, 1999, p. 58). Abaixo, no quadro 5, as dimensões recomendadas da tela conforme a largura do bloco ou espessura da parede.

LARGURA DO BLOCO OU ESPESSURA DA PAREDE	DIMENSÕES DA TELA Largura x Comprimento (mm)
140 mm	120 x 500
120 mm	105 x 500
90 mm	75 x 500
70 mm	55 x 500

Quadro 5: dimensões da tela conforme a largura do bloco ou espessura da parede (MEDEIROS; FRANCO, 1999, p. 58)

De acordo com Medeiros e Franco (1999, p. 58), a execução da fixação da tela metálica ao pilar é um ponto chave para o correto funcionamento do sistema de amarração. Quando fixada incorretamente, pode prejudicar o desempenho, comprometendo o sistema deixando-o suscetível ao aparecimento de fissuras. Para se obter uma fixação adequada, os autores recomendam os seguintes cuidados:

- a) marcar a posição das telas nos pilares utilizando nível e galga, seguindo as referências de projeto. A marcação correta é muito importante para garantir que a tela fique posicionada no centro da junta horizontal;
- b) quando necessárias, as telas devem ser colocadas e fixadas pelo menos em todas as fiadas pares, observando as especificações do Projeto de Alvenaria [...];
- c) fixar a tela cortada à estrutura por meio de uma cantoneira de aba de largura mínima de 20 mm e espessura de chapa de pelo menos 2 mm [...].

No quadro 6, abaixo, o comprimento recomendado da cantoneira, ilustrada na figura 12, em função da dimensão da tela metálica.

DIMENSÕES DA TELA Largura x Comprimento (mm)	COMPRIMENTO DA CANTONEIRA (mm)
120 x 500	100 mm
105 x 500	80 mm
75 x 500	60 mm
55 x 500	40 mm

Quadro 6: comprimento recomendado da cantoneira conforme as dimensões da tela (MEDEIROS; FRANCO, 1999, p. 59)

Medeiros e Franco (1999, p. 58-65) salientam ainda que para se obter uma correta ancoragem entre a alvenaria e o pilar e o seu desempenho seja satisfatório, a colocação da tela no interior da junta horizontal deve seguir os seguintes critérios:

- a) as juntas horizontais devem ser plenamente preenchidas com argamassa na posição onde a tela será colocada [...];
- b) a junta vertical de argamassa entre a extremidade da parede e o pilar de concreto deve ser plenamente preenchida com argamassa em toda sua extensão [...];
- c) a junta vertical entre a parede e o pilar deve ser espessura entre 15 e 25 mm [...];
- d) a tela deve ser posicionada de modo a trespassar a parede a ser amarrada em pelo menos 30 cm [...];
- e) colocar a tela o mais retilínea e plana possível, comprimindo-a contra a argamassa aplicada sobre o bloco de modo que ela fique centralizada em relação à espessura da junta horizontal;
- f) se necessário, colocar mais argamassa sobre a tela para receber os blocos da fiada seguinte [...].

A figura 13 ilustra como se deve executar a técnica de prevenção, observando as recomendações citadas acima. Analisando-a, cabe salientar o seguinte:

- a) a dobra da tela voltada para cima;
- b) a utilização de cantoneira metálica para fixação da tela;
- c) a tela ocupando quase que toda largura do bloco, fazendo a correta ancoragem na argamassa;
- d) a dobra da tela faceando em 90° o bloco e ficando no centro da junta horizontal.



Figura 13: posição correta da tela e da cantoneira.
(MEDEIROS; FRANCO, 1999, p. 63)

6.2 INTERFACE ALVENARIA/VIGA

A interface da alvenaria de vedação com vigas de concreto armado também é uma região suscetível à fissuração, como já visto. Para a aplicação de técnicas de prevenção dessas fissuras, como a correta fixação ou encunhamento, há algumas recomendações que devem ser seguidas (LOTURCO, 2004; SABBATINI, 2002; THOMAZ, 1989):

- a) retardar o máximo possível a execução do encunhamento ou fixação para permitir a livre deformação inicial da estrutura de concreto;
- b) executar o encunhamento ou fixação de cima para baixo, ou seja, dos pavimentos superiores para os inferiores, fazendo com que os pavimentos inferiores absorvam as deformações gradualmente. Quando a entrega da edificação é de curto prazo, pode-se adotar o encunhamento de pavimentos alternados (ver figura 14);
- c) realizar um intervalo entre o término da alvenaria de vedação e o encunhamento ou fixação no mínimo de duas semanas;

- d) utilizar a bisnaga para aplicação para garantir uma camada de argamassa uniforme. Deve-se evitar colher de pedreiro para tal finalidade;
- e) não utilizar blocos muito frágeis, para evitar o esmagamento dos mesmos.

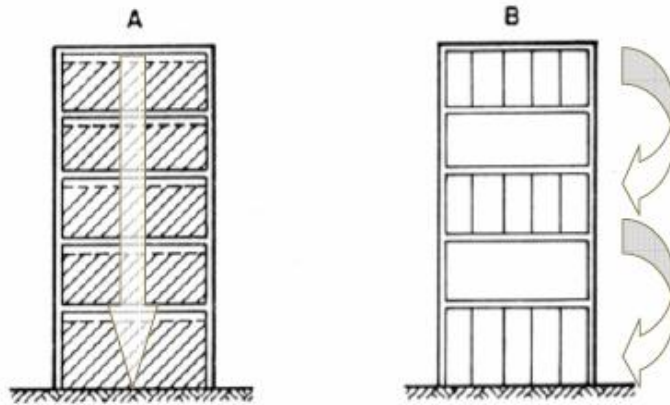


Figura 14: alternativas para a sequência do encunhamento ou fixação (THOMAZ, 1989, p. 137)

Sabbatini (2002) recomenda que seja finalizado todo o carregamento permanente possível da edificação, para não gerar deformações depois de executada a fixação da alvenaria. O autor recomenda ainda que a fixação seja feita de cima para baixo, ou seja, iniciar nos pavimentos superiores e ir descendo, e que para início do serviço seja respeitado o tempo mínimo de 70 dias após a concretagem da laje.

A seguir, são descritos dois tipos de fixação da alvenaria com vigas de concreto armado, com o intuito de evitar fissuras. São citadas em qual situação cada técnica é mais eficaz e também recomendações para se obter sucesso na aplicação.

6.2.1 Fixação rígida

A fixação rígida ou encunhamento com pré-tensionamento é uma técnica indicada quando é previsto o funcionamento da alvenaria como contraventamento da estrutura, exigindo assim uma ligação efetiva e rígida entre os elementos. As paredes estarão submetidas a tensões que serão transmitidas através dos componentes estruturais a que estão envolvidas e, portanto, devem apresentar uma resistência mecânica compatível com essas tensões (SPEROTTO,

2009, p. 22). Para Sabbatini²² (2002), “O encunhamento das paredes com pré-tensionamento ou encunhamento rígido tem o objetivo de contraventar a estrutura, ou fixar a parede em uma estrutura indeformável.”.

Lordsleem Júnior²³ (2000 apud SPEROTTO, 2009, p. 23) recomenda três diferentes materiais para a execução da fixação rígida: cunhas de concreto, tijolos cerâmicos inclinados e argamassa expansiva. Sobre essas técnicas de fixação, o autor afirma que:

- a) cunhas de concreto pré-fabricadas: permite o maior aperto na alvenaria fazendo com que trabalhe rigidamente ligada à estrutura;
- b) encunhamento por meio de tijolos cerâmicos maciços inclinados: possui efeito sobre a alvenaria bastante semelhante ao das cunhas de concreto;
- c) preenchimento com argamassa expansiva: deve-se deixar uma abertura para fixação de 2 a 3 cm. Esta técnica pode ocasionar pontos com solicitações diferenciadas, com concentrações de tensões que podem trazer problemas à alvenaria.

Na figura 15, o encunhamento com tijolos inclinados furados, não proporcionando o mesmo efeito das cunhas de concreto, conforme citado acima.



Figura 15: encunhamento com tijolos furados inclinados

²² Material retirado por meio eletrônico e sem informação de páginas.

²³ LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

Conforme Daldon (2008, p. 30), o encunhamento com tijolos inclinados foi muito utilizado anteriormente:

A técnica de utilização de tijolos cerâmicos inclinados a 45° com assentamento de argamassa de cimento e areia já foi muito utilizada por formar um fechamento amortecedor das deformações estruturais transmitidas à parede.

6.2.2 Fixação flexível

A fixação flexível ou encunhamento sem pré-tensionamento é uma técnica recomendada para estruturas deformáveis ou muito deformáveis. É caracterizada pela utilização de materiais com baixo módulo de elasticidade, altamente resilientes, capazes de absorver as tensões oriundas da estrutura sem romper. Normalmente é utilizada a chamada **argamassa podre**, com baixo teor de cimento, alta plasticidade, além do baixo módulo de elasticidade. Outro material recomendado, porém mais caro e por isso é recomendado para estruturas altamente deformáveis, é o poliuretano expandido, caracterizado pela alta deformabilidade (SABBATINI, 2002).

Lordsleem Júnior²⁴ (2000 apud CARDOSO 2007, p. 59), recomenda para execução da fixação flexível a utilização de três materiais: poliuretano expandido, argamassa com baixo teor de cimento ou argamassa industrializada aditivada de polímeros:

Dentre esses materiais destaca-se a espuma de poliuretano ou a utilização de uma argamassa rica em cal e com baixo teor de cimento, na proporção em volume de 1:3:12 (cimento:cal:areia). Também é possível executar fixação pelo emprego de argamassa pronta de assentamento, comumente aditivada com polímeros, que melhoram a capacidade de absorver deformações.

Na figura 16, a execução do encunhamento com **argamassa podre**. Nota-se que o pedreiro não está utilizando a bisnaga, como recomendado. Normalmente, o traço para este tipo de argamassa é 1:10 (cimento:areia) para 36 litros de solução (1:4, rhodopás:água). É um traço pobre para não se ter muita resistência e utiliza-se rhodopás como aditivo polimérico para proporcionar flexibilidade à argamassa.

²⁴ LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.



Figura 16: fixação com **argamassa podre**

Para Loturco²⁵ (2004, p. 56-57) a **argamassa podre**, que teve sua utilização difundida para tal finalidade, pode não ser a melhor opção:

A massa parte de um princípio correto, mas não funciona e pode estourar o revestimento [...]. No caso, a pressão vertical provoca uma expansão horizontal da massa, que força o revestimento.

Daldon (2008, p. 31) afirma que a aderência entre os elementos envolvidos deve ser garantida através do chapisco:

A aderência entre a parede e a viga ou laje deve ser garantido pelo uso de chapisco, sendo necessário sempre prever uma junta de 2 a 3 cm para preenchimento com argamassa mista com pequeno teor de cimento com a possível adição de resina polimérica.

Com relação ao preenchimento do vão entre a viga e a alvenaria, “[...] a altura do vão deve ser preenchida totalmente e a largura da parede deve ser preenchida em pelo menos 70% em qualquer ponto.” (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo²⁶, 1994 apud COSTA; FRANCO, 1996, p. 19). Costa e Franco (1996, p. 19-20) afirmam que “Para um adequado

²⁵ Opinião do professor da Poli-USP, Luiz Sérgio Franco.

²⁶ ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado**. São Paulo, 1994.

preenchimento com argamassa do espaço para a fixação, recomenda-se utilizar a bisnaga para garantir a qualidade e produtividade do serviço.”. Os autores afirmam ainda que “Deve ser observado também, um intervalo de pelo menos 24 horas entre o término da fixação de uma parede no pavimento superior e a fixação da parede correspondente no pavimento inferior.”.

6.2.3 Reforço no revestimento

Além de se executar uma correta fixação da alvenaria à estrutura, devem-se ter outros cuidados para evitar fissuração na região. Devido à grande variação térmica que ocorre principalmente no estado do Rio Grande do Sul, as estruturas dos últimos pavimentos das edificações estão sujeitas a movimentações térmicas elevadas. Também, a estrutura do pavimento acima do pilotis sofre deformações não comuns devido a todo carregamento da edificação que lhe é imposto.

Somado a isso, o fato da região já possuir elevadas tensões devido a deformações da estrutura, requer-se a execução de reforço no revestimento. Maciel et al. (1998, p. 27) afirmam que:

O reforço do revestimento de argamassa com tela metálica galvanizada deve ser feito nas regiões de elevadas tensões da interface alvenaria-estrutura. Essas regiões ocorrem no pavimento sobre pilotis, como também nos dois ou três últimos pavimentos do edifício, em função das características de deformação da estrutura. Essa solução também é adotada no caso dos revestimentos com espessuras superiores ao limite máximo recomendado por norma.

Existem dois tipos de reforços que se pode executar no revestimento. Maciel et al. (1998, p. 27) salientam que:

Existem dois tipos de reforço do revestimento, que são a argamassa armada e a ponte de transmissão. Nos dois tipos, devem ser usadas telas, sendo que no primeiro a tela fica imersa na camada de revestimento; no segundo, a tela é chumbada na alvenaria ou concreto por meio de fixadores e é usada uma fita de polietileno na interface estrutura-alvenaria, para que as tensões sejam efetivamente distribuídas pela tela ao longo do revestimento.

É recomendado que a argamassa armada seja feita em revestimentos com espessura maior ou igual a 30 mm. A ponte de transmissão pode permitir uma espessura menor do revestimento de, no mínimo, 20 mm.

A figura 17, ilustra os dois tipos de reforços existentes. Como se pode ver, é executado exatamente na interface da alvenaria de vedação com a estrutura. É recomendado nos três

últimos pavimentos e no primeiro acima do pilotis, onde se observa maiores tensões na região.

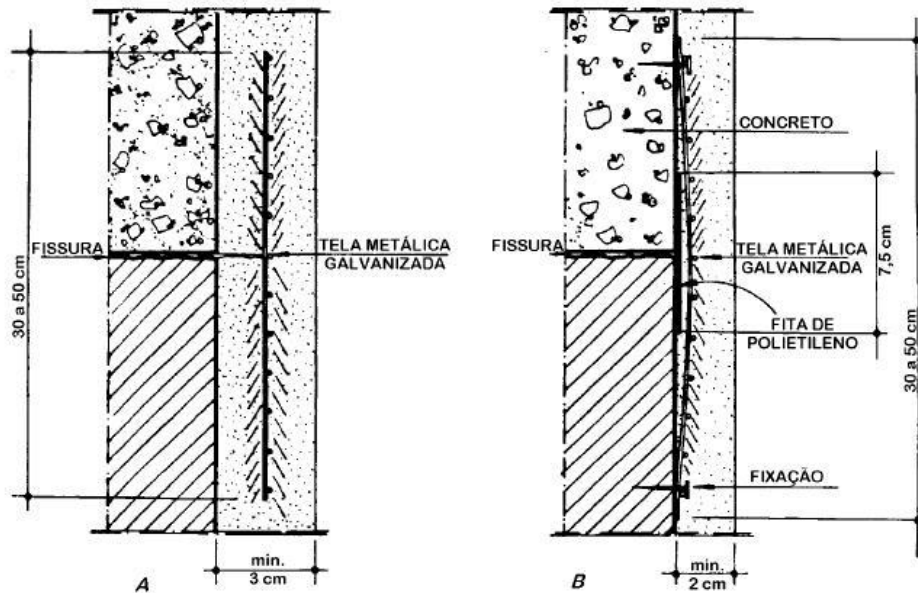


Figura 17: tipos de reforços em revestimentos (MACIEL et al., 1998, p. 28)

Na figura 18, observa-se o reforço do tipo ponte de transmissão, de acordo com as recomendações citadas. Nota-se o uso de fita na região do encunhamento e o chumbamento da tela na estrutura, porém, a fixação inferior da tela não foi feita.



Figura 18: reforço do tipo ponte de transmissão

6.3 INTERFACE ALVENARIA/LAJE

A interface da alvenaria de vedação com laje de concreto funciona semelhante à interface alvenaria/viga. A causa principal de fissuração na região também é a deformação da estrutura, portanto, as técnicas usadas para fixação das alvenarias são as mesmas: encunhamento ou fixação rígida e encunhamento ou fixação flexível. Com isso, recomenda-se adotar as mesmas recomendações citadas no capítulo 6.2.

Lordsleem Júnior²⁷ (2000 apud CARDOSO 2007, p. 59) ressalta que na interface com lajes do tipo cogumelo, quando a alvenaria não for utilizada para contraventamento (fixação rígida), deve-se utilizar material com baixo módulo:

No caso da alvenaria de vedação estar envolta por uma estrutura deformável como pórticos de grande vão ou lajes tipo cogumelo e não ser utilizada como contraventamento, a fixação superior da alvenaria deve ser realizada com material de elevada capacidade de absorver deformações.

Na interface da alvenaria com o pilar vale salientar que nas edificações de multipavimentos a utilização da tela metálica é a mais utilizada, porém em edificações menores, como casas, ainda é utilizado o **ferro cabelo**. A técnica de fixação flexível com **argamassa podre** tem um alto custo benefício visto que é de fácil aplicação e não se tem um custo muito alto. Porém se não aplicada conforme as recomendações pode se apresentar fissurações. É muito utilizado também na interface da viga com a alvenaria, o reforço no revestimento. Essa técnica ajuda a resistir aos esforços devido à dilatação térmica da estrutura provenientes da grande variação térmica que se verifica aqui no estado do Rio Grande do Sul.

²⁷ LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fissuras em alvenarias são responsáveis por inúmeros problemas causados às edificações, tais como: falta de estanqueidade da água, prejuízo ao isolamento acústico e, em casos mais graves, até o comprometimento estrutural da edificação. Além disso, as fissuras exercem um papel constrangedor ao construtor e causam prejuízos psicológicos e financeiros aos proprietários.

Com a evolução da tecnologia dos materiais e principalmente do concreto, constatou-se que a deformação lenta da estrutura ocasionava fissuras nas alvenarias ou nos revestimentos. Apesar da melhoria na qualidade dos materiais e evolução das técnicas de projetos e execuções, as fissuras surgidas na interface da alvenaria de vedação com estruturas continuam desafiando os pesquisadores com relação à descoberta de suas causas, fatores influentes, métodos de prevenção e soluções para o problema. O presente trabalho procurou descrever quais as técnicas construtivas adequadas para se evitar essas fissuras e quais as recomendações necessárias para execução das mesmas.

A região da interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado possui um alto potencial para formar fissuras, devido às tensões nas quais estão submetidas. Com o intuito de servir como um manual de cuidados para execução, se dividiu a interface em três regiões: interface alvenaria/pilar, alvenaria/viga e alvenaria/laje.

A técnica mais utilizada devido a ganhos de produtividade e eficiência para executar a amarração da alvenaria ao pilar é a fixação de tela metálica soldada no pilar e ancorada na junta horizontal da parede. Essa técnica se mostra mais eficiente quando comparada com a utilização do ferro cabelo, porém, em edificações menores, como casas, ainda é verificada a utilização do ferro cabelo como ancoragem por ter um custo menor e não precisar de equipamentos como a pistola para fixação dos pinos.

Com relação à interface da alvenaria com vigas ou lajes, deve-se primeiramente analisar se a parede será utilizada como contraventamento da estrutura ou não. Quando isto é verificado, projeta-se então o tipo de encunhamento ou fixação utilizar. Para paredes contraventadas, utiliza-se a fixação rígida, com argamassa expansiva, tijolos inclinados ou cunhas de concreto.

A partir do momento que a parede não está projetada para contraventar a estrutura, utiliza-se o encunhamento ou fixação flexível, com materiais de baixo módulo de deformação aptos a absorver as deformações da estrutura sem prejudicar outros elementos. O material mais utilizado nessa situação é a argamassa com baixo teor de cimento aditivada com látex polimérico.

Portanto, através deste trabalho de pesquisa, espera-se ter contribuído ao apresentar esse referencial sobre cuidados necessários na região de ligação da alvenaria com a estrutura, que é um problema já bastante discutido mas que ainda causa problemas aos construtores e principalmente aos proprietários.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. **Manifestações patológicas em prédio escolar**: uma análise qualitativa e quantitativa. 2008. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- BARROS M. M. S. B.; MELHADO S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2006. PCC n. 2435.
- BUENO, F. S. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: FTD, 1998.
- CARDOSO, D. L. A. **Vedações verticais e suas interfaces no sistema construtivo de edificações**. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- COSTA, M. R. M. M.; FRANCO, L. S. **Método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado**. São Paulo: EPUSP, 1996. Boletim técnico n. 161.
- DALDON, M. **Fatores que podem estar contribuindo para o aparecimento de manifestações patológicas na zona de encunhamento de paredes em obras de Porto Alegre**. 2008. 86 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em concreto armado**: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul. 1988. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias**: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. Boletim técnico n. 25.
- FRANCO, L. S. Paredes de alvenaria. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 13, n. 103, p. 18-19, out. 2005.
- JODAS, M. **Estudo das ligações entre pilares de concreto e alvenaria cerâmica de vedação**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- KUPERMAN, S. C. Considerações sobre fluência de concretos. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 15, n. 125, p. 58-63, ago. 2007.
- LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**: avaliação da capacidade de deformação. 1997. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; FRANCO, L. S. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**: avaliação da capacidade de deformação. São Paulo: EPUSP, 1998. Boletim técnico n. 195.

LOTURCO, B. Ligação de paredes com vigas e lajes. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 12, n. 86, p. 56-57, maio 2004.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H.; **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. 1998. Disponível em:

<<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9nicos/Revestimentos%20verticais/aula%205%202005%20texto%20argamassa.PDF>>. Acesso em: 10 out. 2010.

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

MAZER, W.; WICZICK, L. F. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008. Apostila do Curso Superior de Tecnologia do Concreto. Disponível em:

<http://pessoal.utfpr.edu.br/wmazer/arquivos/NOTAS_DE_AULA_CC56D.pdf>. Acesso em: 26 maio 2010.

MEDEIROS, H. Construção crítica. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 13, n. 99, p. 24-29, jun. 2005.

MEDEIROS, J. S.; FRANCO, L. S. **Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem**. São Paulo: EPUSP, 1999. Texto técnico n. 22.

MOCH, T. **Interface esquadria/alvenaria e seu entorno**: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de soluções. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO C. D.; SANTOS S. P. **Estruturas de concreto**. Disponível em: <[http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/04%20Concepcao\(apoio\).pdf](http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/04%20Concepcao(apoio).pdf)>. Acesso em 12 nov. 2010.

REPETTE, W. Cura úmida. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 14, n. 115, p. 20-21, out. 2006.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. São Paulo: EPUSP, 1986. Boletim técnico n. 2.

_____. **Interação estrutura-alvenaria**. 2002. Apresentação em Power-Point. Disponível em: <<http://tgp-mba.pcc.usp.br/TG-004/TG004-AULA7-Apresenta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2010.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

SALVADOR, P. F. **Influência dos ciclos de execução nas deformações das estruturas de concreto armado de edifícios de andares múltiplos**. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SAYEGH, S. Variável concreta. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 15, n. 125, p. 52-55, ago. 2007.

SPEROTTO, J. N. **Edificações multifamiliares sem dispositivo de ligação superior alvenaria-estrutura: análise do sistema construtivo**. 2009. 83 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

_____. Alvenarias de vedação. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 3, n. 15, p. [52-56], mar./abr. 1995.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2000. Boletim técnico n. 252.

TRAMONTIN, A. P. **Avaliação experimental dos métodos de prevenção de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto**. 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VERÇOZA, J. E. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.