

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

André Luis Eidt

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PROVENIENTES DE
MOVIMENTAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE
BLOCOS: DISPOSITIVOS DE PREVENÇÃO UTILIZADOS NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
dezembro 2010

ANDRÉ LUIS EIDT

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PROVENIENTES DE
MOVIMENTAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE
BLOCOS: DISPOSITIVOS DE PREVENÇÃO UTILIZADOS NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

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: Jean Marie Désir
Coorientador: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Porto Alegre
dezembro 2010

ANDRÉ LUIS EIDT

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PROVENIENTES DE
MOVIMENTAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE
BLOCOS: DISPOSITIVOS DE PREVENÇÃO UTILIZADOS NA
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**

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, dezembro de 2010

Prof. Jean Marie Désir
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Orientador

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
PhD pela University of Leeds
Coorientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Lucas Diemer Ramires
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho a meus pais, Telmo e Elaine, por toda
dedicação e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Jean Marie Désir, orientador deste trabalho, pela paciência, estímulo e constante instrução durante o desenvolvimento deste Trabalho.

Ao Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, coorientador, pelas importantes colaborações.

À Prof^a Carin Maria Schmitt, coordenadora da disciplina de trabalho de diplomação, pela dedicação na elaboração durante a realização deste.

Agradeço aos Engenheiros entrevistados, pela atenção, hospitalidade e conhecimento transmitido, os quais foram imprescindíveis para realização do trabalho.

Agradeço a minha família e minha namorada pelo apoio e por entenderem minhas angústias e ausência durante todo o curso e também durante a realização deste.

Agradeço a todos meus amigos que me incentivaram a não desistir e afirmavam que eu conseguiria transpor todas as dificuldades que surgiram durante o período acadêmico, em especial durante a realização deste.

Obrigado a todos que sempre estiveram a meu lado nos momentos mais difíceis.

Vencer não é nada, se não se teve muito trabalho, fracassar
não é nada, se foi feito o melhor possível.

Nadia Boulanger

RESUMO

EIDT, A. L. **Manifestações Patológicas Provenientes de Movimentações em Alvenaria Estrutural de Blocos: dispositivos de prevenção utilizados na Região Metropolitana de Porto Alegre.** 2010. 71 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

As construções em alvenaria estrutural estão, cada vez, mais presentes nos projetos e canteiros de obra, isso porque vários estudos apontam para uma redução no custo da obra de até trinta por cento quando comparado com estruturas de concreto armado. Embora muitos estudos já tenham sido feitos visando reduzir manifestações patológicas nesse tipo de sistema construtivo, as fissuras continuam ocorrendo sistematicamente, gerando custos extras de retrabalho. Com o intuito de colaborar com a redução dessas manifestações patológicas, foi feito um estudo sobre fissuras decorrentes de movimentações de três diferentes tipos: variação de temperatura, sobrecarga de compressão e expansão por umidade. Neste trabalho foram detalhados através de pesquisa bibliográfica os modos como ocorrem essas movimentações, as tipificações das fissuras associadas a cada movimentação e também alguns dos principais dispositivos de prevenção desses problemas. Através de entrevistas com engenheiros foram coletadas informações sobre a situação da construção civil na região perante a estas manifestações patológicas para identificar as principais movimentações e fissuras decorrentes delas registradas em obras na Região Metropolitana de Porto Alegre. Com isso foram apresentados os principais dispositivos que estão sendo utilizados para prevenir tais manifestações e que visam colaborar com sua redução.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; movimentações; fissuras; prevenção de fissuras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama das etapas da pesquisa	16
Figura 2: propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devida a efeito térmico	20
Figura 3: movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura	21
Figura 4: fissura típica na parede de maior comprimento da laje devido a variações de temperatura	21
Figura 5: fissura típica na parede junto à largura da laje devido a variações de temperatura	22
Figura 6: fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura	22
Figura 7: dispositivos para prevenção de fissuras nas paredes do último pavimento	23
Figura 8: forma da laje com neoprene colocado sobre a alvenaria	24
Figura 9: mecanismo de ruptura de paredes com tijolos maciços e 21 furos	26
Figura 10: fissuras verticais na alvenaria	26
Figura 11: fissuras horizontais na alvenaria	27
Figura 12: ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto	27
Figura 13: fissuração (teórica) no entorno da abertura	29
Figura 14: fissuração (real) nos cantos das aberturas	29
Figura 15: detalhe de verga e contravergas	31
Figura 16: movimentações reversíveis e irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade	33
Figura 17: fissuração vertical da alvenaria no canto da obra provocada por movimentações higroscópicas	35
Figura 18: destacamentos entre argamassa e componentes de alvenaria	36
Figura 19: fissura horizontal na base da alvenaria	36
Figura 20: fissura horizontal na base da alvenaria por movimentações higroscópicas diferenciadas: as fiadas inferiores, mais sujeitas à umidade, apresentam maior expansão em relação às fiadas superiores	37
Figura 21: fissuras devido à movimentação da laje	50
Figura 22: detalhamento do aparelho deslizante	51
Figura 23: detalhamento do aparelho deslizante entre laje de cobertura e parede interna da edificação	51
Figura 24: detalhamento do aparelho deslizante entre laje de cobertura e parede externa da edificação	52

Figura 25: aparelho deslizante executado incorretamente	53
Figura 26: fissura externa ocorrida devido a aparelho deslizante mal executado	53
Figura 27: fissura interna ocorrida devido a aparelho deslizante mal executado	54
Figura 28: detalhamento da junta de compartimentação da laje	55
Figura 29: croqui conforme explicação do Engenheiro E	57
Figura 30: detalhe típico de junta de trabalho	58
Figura 31: junta de trabalho entre panos de alvenaria	59
Figura 32: detalhe junta de dilatação em planta	60
Figura 33: detalhe junta de dilatação na laje	61
Figura 34: contraverga (antes e após concretagem)	62
Figura 35: tela Murfor (treliça plana)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: valores máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos	39
Tabela 2: valores máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle em alvenaria estrutural de blocos de concreto	40

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	14
2.3 DELIMITAÇÕES	14
2.4 LIMITAÇÕES	14
2.5 DELINEAMENTO	14
3 MOVIMENTAÇÕES: CAUSA, CONSEQUÊNCIA E PREVENÇÃO	17
3.1 VARIAÇÕES DE TEMPERATURA	19
3.2 SOBRECARGAS DE COMPRESSÃO	25
3.3 EXPANSÕES POR UMIDADE	32
4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FORMAS DE PREVENÇÃO: DESCRIÇÃO PELOS ENGENHEIROS	42
4.1 O BLOCO ESTRUTURAL	43
4.2 A QUALIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA	45
4.3 OS ENGENHEIROS DA OBRA	46
4.4 A DEMANDA DE MATERIAIS	46
4.5 A LAJE	49
4.6 OUTROS FATORES TÉRMICOS	56
4.7 AS ABERTURAS	61
4.8 CONSIDERAÇÕES DOS ENTREVISTADOS	63
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67
APENDICE A	69

1 INTRODUÇÃO

As construções em alvenaria portante remetem aos primórdios das construções, como se pode ver até hoje as pirâmides egípcias, os castelos medievais europeus, a grande muralha da China e as igrejas e templos antigos em todos os continentes. Porém, para edifícios altos as construções são muito mais recentes. Há pouco tempo, os cálculos em projetos estruturais de edifícios em alvenaria portante eram baseados em conhecimentos empíricos. Conforme Bussab e Cury (1990, p. 37) os conhecimentos eram passados de geração em geração, eles relatam:

Um exemplo de regra prática para edifícios: “a espessura mínima de parede com tijolos maciços deve ser 30 cm para uma edificação de um pavimento, e deve-se somar 10 cm à espessura da parede para cada andar adicional.”

Em Chicago, Estados Unidos, no final do século XIX, foi construído o edifício Monadnock Building, com 16 pavimentos, sendo as paredes do 1o. pavimento tinha 180 cm de espessura. Esse edifício foi considerado na época como o limite dimensional máximo para estruturas de alvenaria calculadas pelos métodos empíricos. Se fosse calculado hoje, empregando os mesmos materiais, as paredes resistentes do térreo teriam 30 cm de espessura.

As construções antigas eram, devido aos materiais utilizados, construções pesadas e espessas, com a evolução tecnológica o homem passou a utilizar materiais mais leves e as construções passaram a ser mais esbeltas. Thomaz (1990, p. 97) lembra que:

Como decorrência, pode-se dizer até natural, da perseguição dos quatro alvos ideais (materiais leves, resistentes, duráveis e de baixo custo) e da própria evolução das técnicas de projeto e execução de obras, começaram a surgir com maior frequência problemas de falhas nas construções como um todo e, nas alvenarias, como uma das principais partes integrantes de quase todos os tipos de obras.

As construções em alvenaria estrutural se tornaram cada vez mais comuns, principalmente em construções para baixa renda, visto que estudos indicam uma redução de custo de cerca de até 30% se comparadas com estruturas de concreto armado. Como enfatiza Duarte¹ (1999 apud RICHTER, 2007, p. 20), “[...] em substituição por estruturas convencionais de concreto

¹ DUARTE, R. B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre: Associação Nacional da Indústria Cerâmica, 1999.

armado, a alvenaria estrutural pode proporcionar uma economia de até 30% dos custos da obra para a grande maioria dos tipos de edificações.”.

Embora muitos estudos já tenham sido feitos, as manifestações patológicas neste tipo de construção continuam ocorrendo frequentemente. Surge então uma contradição, pois retrabalhos aumentam os custos.

Dentre as manifestações patológicas mais frequentes em alvenaria estrutural, pode-se destacar as fissuras. Muitas delas ocorrem devido às movimentações entre componentes estruturais, principalmente pela dilatação térmica.

Dentro do conceito global de que as movimentações da estrutura geram manifestações patológicas, foi feito um estudo revisando as principais causas de movimentações na alvenaria estrutural, tanto verticais como horizontais, e as recomendações e prescrições normativas para combater estes problemas. Após, investigou-se, através de entrevistas com engenheiros que constroem ou construíram em alvenaria estrutural, quais destes movimentos e manifestações patológicas são os mais observados nas construções da Região Metropolitana de Porto Alegre, e verificados quais os dispositivos mais utilizados para prevenção de tais problemas.

Este trabalho de conclusão é dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema de pesquisa abordado. O segundo capítulo traz o método de pesquisa, onde são apresentados a questão, os objetivos, delimitações, limitações e o delineamento utilizado no trabalho. O terceiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica das manifestações patológicas devido às movimentações por variação de temperatura, sobrecarga de compressão e expansão por umidade e suas formas de prevenção recomendadas. O quarto capítulo apresenta os resultados dos estudos onde são apresentados os dispositivos de prevenção de manifestações patológicas mais utilizados na Região Metropolitana de Porto Alegre. As considerações finais são realizadas no capítulo cinco.

2 MÉTODO DE PESQUISA

No presente trabalho, tentou-se determinar quais os principais dispositivos de prevenção de manifestações patológicas devido a movimentações em alvenaria estrutural de blocos, utilizando um levantamento através de amostragem não probabilística, de modo a caracterizá-las, através de entrevistas com Engenheiros de reconhecida experiência na área de desenvolvimento desse trabalho, para então, apresentar os principais dispositivos de prevenção de manifestações patológicas utilizadas na Região Metropolitana de Porto Alegre.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: quais os principais dispositivos utilizados para prevenção de manifestações patológicas provenientes de movimentações verticais e horizontais de maior ocorrência nas edificações em alvenaria estrutural na Região Metropolitana de Porto Alegre?

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 apresentação dos principais dispositivos utilizados para prevenção de manifestações patológicas provenientes de movimentos estruturais em construções de alvenaria estrutural na Região Metropolitana de Porto Alegre.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são a descrição:

- a) dos principais tipos de movimentações estruturais em construções de alvenaria estrutural;
- b) das principais manifestações patológicas provenientes de movimentações estruturais em construções de alvenaria estrutural.

2.3 DELIMITAÇÕES

A pesquisa deste trabalho ficou delimitada a Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, com orientação a construções de edifícios de múltiplos pavimentos em alvenaria estrutural de blocos.

2.4 LIMITAÇÕES

Este trabalho limita-se às informações cedidas pelos engenheiros entrevistados sobre dispositivos utilizados pelas empresas para prevenções de manifestações patológicas devido a movimentações estruturais. Foram entrevistados seis engenheiros. Foram analisadas as consequências devido a movimentações causadas por:

- a) variação de temperatura;
- b) sobrecarga de compressão;
- c) expansão por umidade.

2.5 DELINEAMENTO

Após todas as definições feitas em função de questão de projeto, objetivos principal e secundário, delimitações e limitações, através de pesquisa bibliográfica foram estudadas as movimentações, como ocorrem, quais suas consequências, diretas e indiretas e quais prevenções teóricas são recomendadas. Para isso, estudaram-se as movimentações devido a

variações de temperatura, principalmente em lajes de coberturas que são as mais expostas ao sol, às sobrecargas de compressão, incluindo tensões de cisalhamento em paredes e em vergas e contravergas e às expansões por umidade.

Após a conclusão do projeto de pesquisa foram elaboradas perguntas para entrevistas com engenheiros, a estrutura das entrevistas encontra-se no apêndice deste trabalho, com o intuito de verificarem-se quais as manifestações patológicas devido a movimentações de maior incidência e como são feitas as respectivas formas de prevenção, nas construções da Região Metropolitana de Porto Alegre. Julgou-se necessário o levantamento, através de entrevistas, com pelo menos seis engenheiros de reconhecida experiência na área, atuantes na Região Metropolitana de Porto Alegre. Feitas todas as entrevistas, foram aprofundados os conhecimentos sobre todas as manifestações patológicas vistas como de maior incidência e os dispositivos de prevenção necessários para combatê-las na Região estudada. Por fim apresentou-se um detalhamento dos dispositivos mais utilizados para prevenção de manifestações patológicas devido a movimentações em alvenaria estrutural, conforme orientações, croquis e detalhamentos apresentados pelos engenheiros entrevistados. As etapas descritas são apresentadas no diagrama da figura 1.

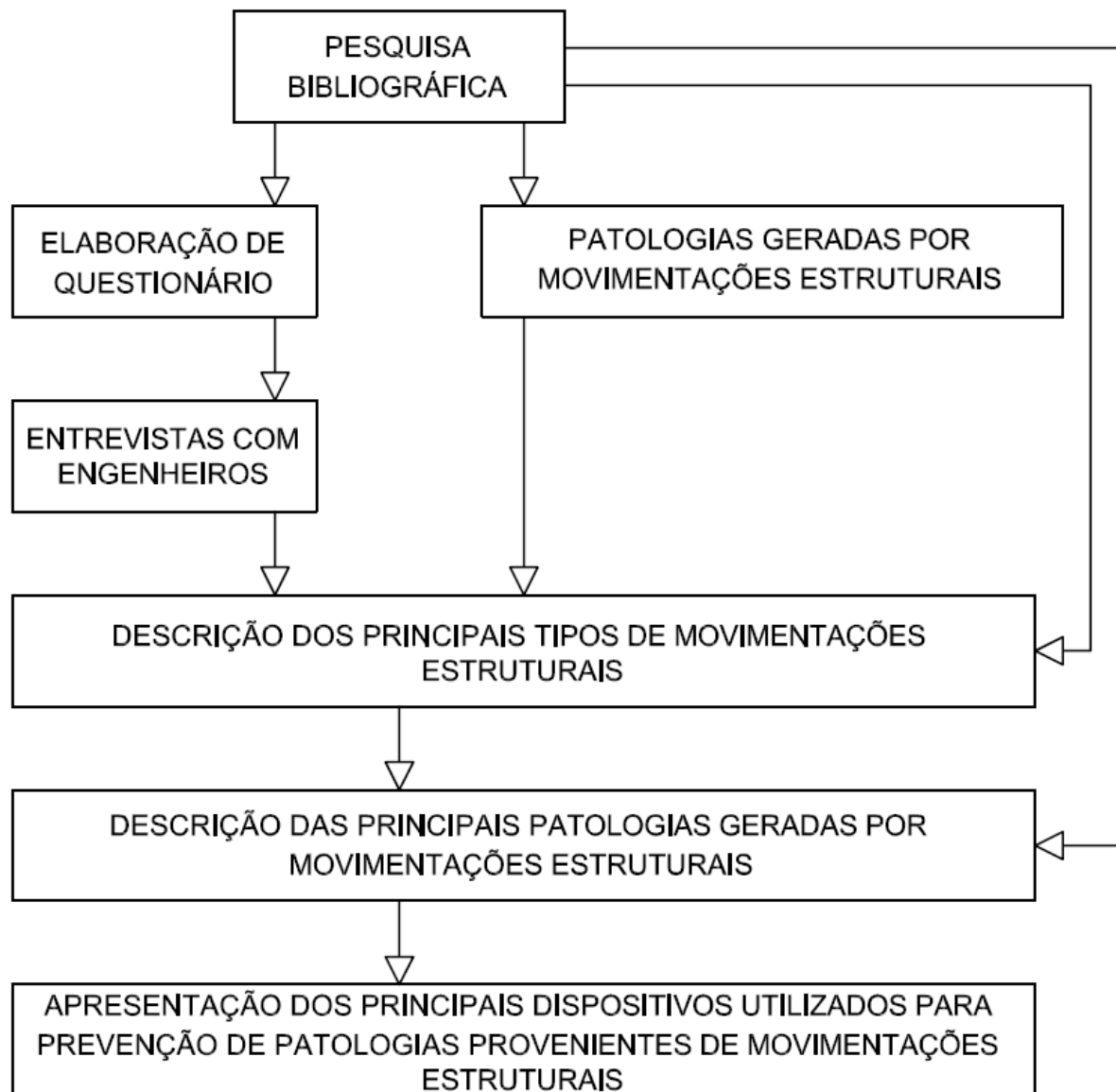


Figura 1 – diagrama das etapas da pesquisa

3 MOVIMENTAÇÕES: CAUSA, CONSEQUÊNCIA E PREVENÇÃO

As manifestações patológicas em construções de alvenaria estrutural são inúmeras e provêm de diversos fatores, sendo, normalmente, muito complicado especificar a causa exata de uma fissura. Segundo Sahlin² (1971 apud ALEXANDRE, 2008, p. 61) e Hendry e Khalaf³ (2001 apud ALEXANDRE, 2008, p. 61) “[...] a principal causa de aparecimento de fissuras na alvenaria é o movimento diferencial dos diferentes materiais e componentes de construção.”. Duarte (1998) afirma que se deve ter em mente que os materiais de construção se dilatam e se contraem e a edificação deve ser provida de meios para permitir estes deslocamentos, tentando evitar tensões de tração de forma que atenda aos estados limites de uso e colapso. Alexandre (2008, p. 61) completa, “Se tais movimentos são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e os componentes da construção, provavelmente ocorrerão fissuras devido às tensões geradas.”. O mesmo autor afirma ainda que:

São vários os mecanismos das movimentações diferenciais em componentes e elementos construtivos que podem causar fissuras nas paredes de alvenaria, entre os quais recalque de fundações, recalques diferenciais, variações de temperatura, retração de blocos ou de outros elementos de concreto, sobrecarga de compressão, expansão por umidade, deformação dos elementos da estrutura de concreto armado, reações químicas, detalhes construtivos incorretos, congelamento, vibrações, explosões, terremotos.

Bauer (2006) afirma que as fissuras são as principais manifestações patológicas em alvenarias estruturais de blocos vazados de concreto. Duarte (1998, p. 9) relata que:

A ocorrência de fissuras tem se tornado um incômodo que provoca crescente preocupação na construção civil, aonde o nível de exigência dos usuários vem aumentando em função da própria mudança de mentalidade com a criação de novos paradigmas, tais como a qualidade e a satisfação dos clientes.

As fissuras constituem um estado patológico bastante comum em estruturas de alvenaria, uma vez que os materiais e componentes são frágeis e apresentam baixa resistência à tração,

² SAHLIN, S. **Structural masonry**. New Jersey: Prentice-Hall, 1971.

³ HENDRY, A. W.; KHALAF, F. M. **Masonry Walls Construction**. London: Spon Press, 2001.

ênfatiza Holanda Júnior⁴ (2002 apud ALEXANDRE, 2008). É sabido que a alvenaria resiste bem a tensões de compressão, o mesmo não acontecendo com relação às tensões de tração, flexão e de cisalhamento completam Thomaz e Helene⁵ (2000 apud ALEXANDRE, 2008).

Bauer (2006, p. 35) lembra que “A configuração da fissura, abertura, espaçamento e, se possível, a época de ocorrência (após anos, semanas, ou mesmo algumas horas da execução), podem servir como elementos para diagnosticar sua origem.”. O mesmo autor ainda comenta que:

Considerando-se as diferentes propriedades mecânicas e elásticas dos constituintes da alvenaria, e em função das solicitações atuantes, as fissuras poderão ocorrer nas juntas de assentamento (argamassa de assentamento vertical ou horizontal) ou seccionar os componentes da alvenaria (blocos vazados de concreto).

Sabbatini (2003) afirma que as manifestações patológicas que surgirem deverão ser solucionadas pela construtora, em caráter definitivo tão logo ocorram. Devido a isto as empresas devem se preocupar com a prevenção, se não de todas, das principais manifestações patológicas encontradas nas construções. Pois na Engenharia ou de um modo geral, um dos objetivos principais de qualquer empresa privada é o faturamento, portanto todo o gasto extra, acaba diminuindo a margem de lucro, que muitas vezes é bastante pequena. Obras em alvenaria estrutural são projetadas, muitas vezes, para obter custos menores em substituição ao uso do concreto armado, mas ocasionalmente ocorre que essa diferença de custo acaba zerada devido aos muitos retrabalhos necessários nas obras.

Com base na bibliografia disponível, fez-se um resumo das manifestações patológicas, separadas por seus tipos de movimentações, dentre as categorias definidas na metodologia, quais sejam por variação de temperatura, sobrecarga de compressão e expansão por umidade. Fez-se também um agrupamento apontando os principais meios de prevenção dessas manifestações patológicas

⁴ HOLANDA JÚNIOR, O. G. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

⁵ THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, 2000. Boletim técnico n. 252.

3.1 VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Movimentações devido à variação térmica ocorrem diariamente devido a trocas térmicas entre corpos. Essas trocas térmicas ocorrem principalmente devido à radiação solar. Segundo Thomaz (1989, p. 19):

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 e 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.

A radiação solar pode agir igualmente sobre dois diferentes corpos, porém, pode acontecer que eles possuam coeficientes de dilatação diferentes. Outra situação que pode ocorrer, é que os corpos estejam expostos a variação de temperaturas diferentes. Além disso, poderá haver o fato em que um mesmo corpo esteja exposto a temperaturas diferentes entre suas extremidades. Todos estes fatores farão com que os componentes se deformem de maneira desigual, gerando movimentações na estrutura.

Contudo, não só a amplitude da dilatação é importante, como também o tempo que ela dura, como, por exemplo, no caso de um corpo levar mais tempo para se esfriar e voltar às dimensões normais, em relação a outro corpo que esteja unido a ele, isto irá gerar tensões entre estes materiais. Duarte (1998, p. 14) ressalta que estas tensões devido a movimentações térmicas ocorrem principalmente nas paredes externas e lajes de cobertura:

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 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. Durante a noite, o elemento construtivo perde calor para o ambiente, ocorrendo uma contração. Obviamente, as propriedades térmicas, dos materiais, notadamente o calor específico e o coeficiente de dilatação térmica, são importantes para se estimar a variação dimensional devido à variação de temperatura. Esta movimentação na direção horizontal não é livre, há sempre alguma forma de restrição devido à ligação de paredes com outras paredes, ou paredes com a estrutura do prédio ou o atrito das paredes com as lajes. Estas restrições induzem ao surgimento de tensões localizadas causando fissuras.

Fissuras por variação de temperatura ocorrem de maneira mais comum em alvenarias do último pavimento, quando da solidarização com a laje de cobertura. A laje de cobertura é normalmente a parte da edificação mais exposta às radiações solares e isto faz com que seja também a que mais absorva calor. Tal absorção de calor implicará na expansão de suas dimensões, dilatando a laje, conforme Timoshenko e Woinowsky⁶ (1959 apud THOMAZ, 1989, p. 23) explicam e detalham na figura 2:

[...] devido ao fato de que as lajes de cobertura normalmente encontram-se vinculadas as paredes de sustentação, surgem tensões tanto no corpo das paredes quanto nas lajes; teoricamente as tensões de origem térmica são nulas nos pontos centrais das lajes, crescendo proporcionalmente em direção aos bordos onde atingem seu ponto máximo [...].

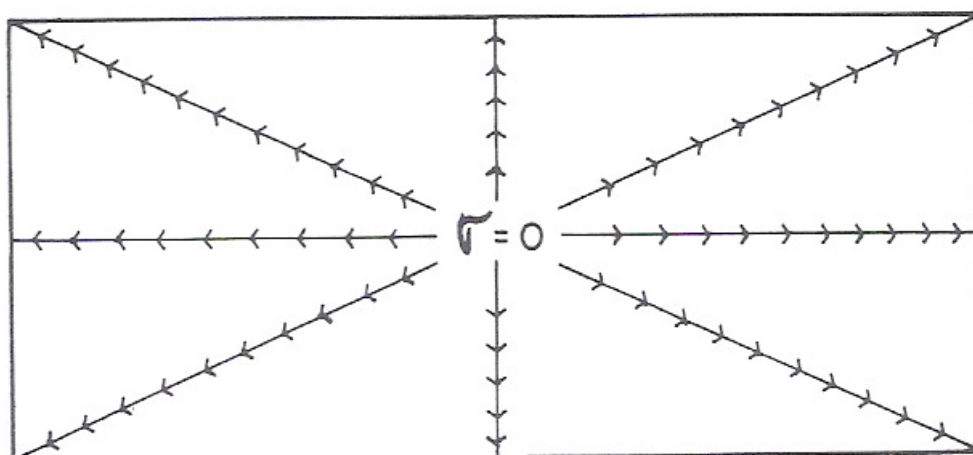


Figura 2 – propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devida a efeito térmico (THOMAZ, 1989, p. 23)

Essa tensão máxima nos bordos da laje é diretamente absorvida pelas paredes, conforme o relato de Thomaz (1989) no qual ele afirma que a dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperaturas introduzem tensões de tração e cisalhamento nas paredes das edificações (figura 3).

⁶ TIMOSHENKO, S.; WOINOWSKI, K. S. **Theory of plates and shells**. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill, 1959.

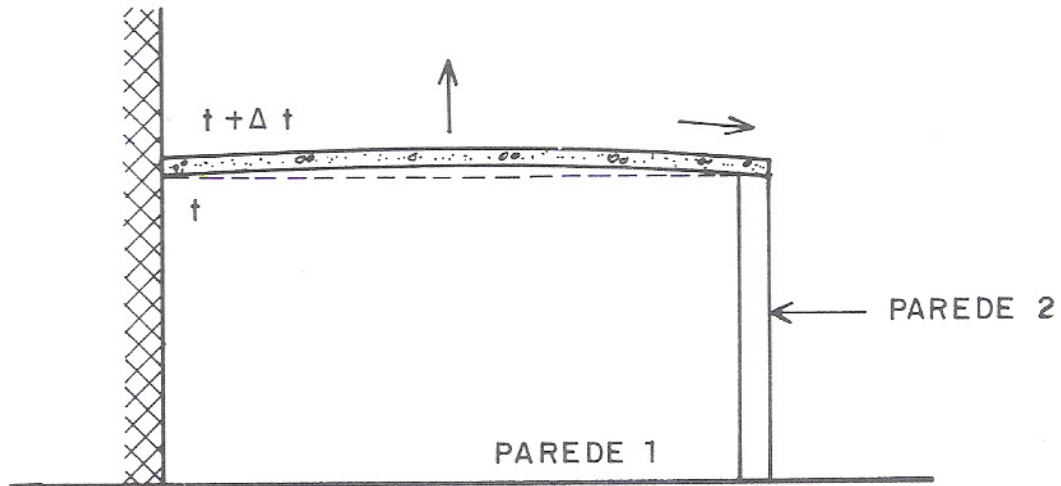


Figura 3 – movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura (THOMAZ, 1989, p. 23)

Thomaz (1989, p. 23) explica também que, conforme se constata na prática, as fissuras se desenvolvem quase que exclusivamente nas paredes. O mesmo autor ainda expõe na figura 4 uma configuração típica de fissuras na parede junto ao maior comprimento da laje: “Fissura típica presente no topo da parede ao comprimento da laje; a direção das fissuras, perpendiculares às resultantes da tração, indica o sentido da movimentação térmica (no caso, da esquerda para a direita).”.

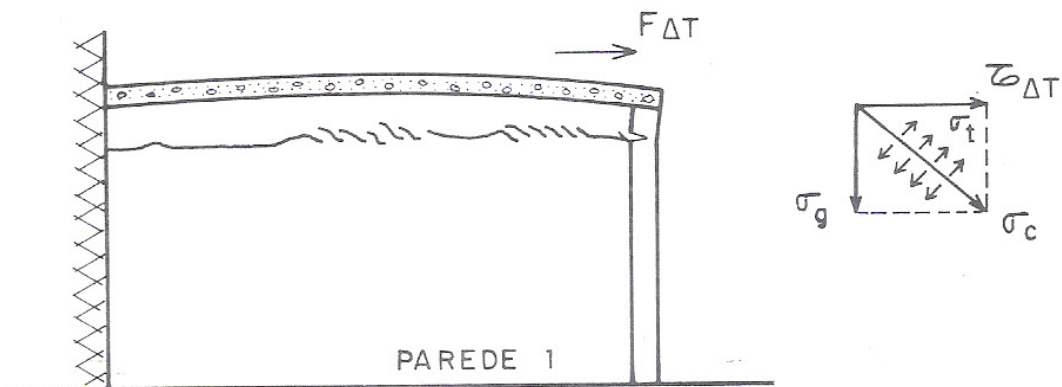


Figura 4 – fissura típica na parede de maior comprimento da laje devido a variações de temperatura (THOMAZ, 1989, p. 23)

Já na figura 5, Thomaz (1989, p. 24) detalha a configuração típica da fissura na parede junto à largura da laje, e explica: “Fissura típica presente no topo da parede paralela à largura da laje; a fissura normalmente apresenta-se com traçado bem definido, realçando o efeito dos esforços de tração na face interna da parede.”.



Figura 5 – fissura típica na parede junto à largura da laje devido a variações de temperatura (THOMAZ, 1989, p. 24)

Pilny⁷ (1977 apud THOMAZ, 1989) completa que em função das dimensões da laje, da natureza dos materiais que constituem as paredes, do grau de aderência entre paredes e laje e da eventual presença de aberturas, poder-se-ão desenvolver fissuras inclinadas próximas ao topo das paredes, conforme figura 6.

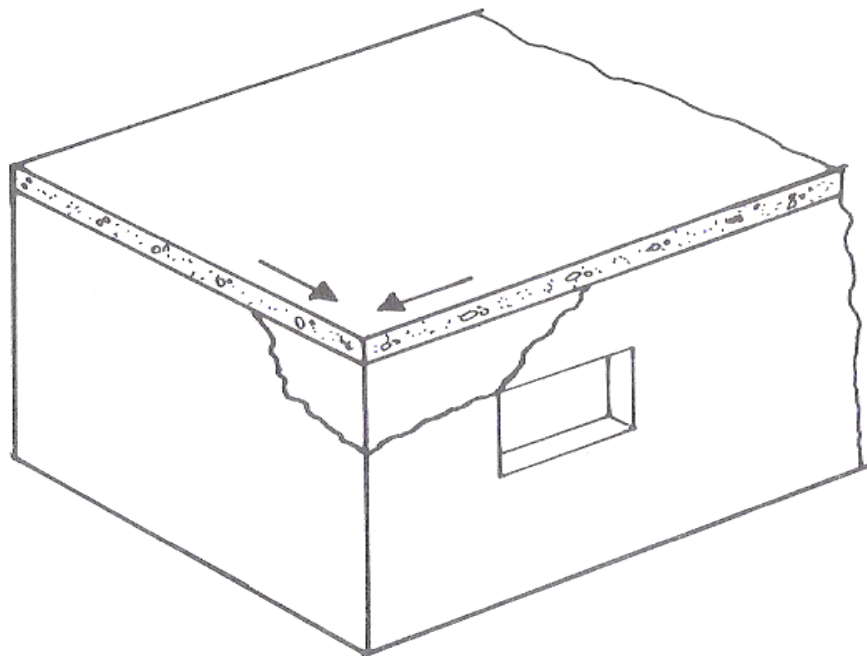


Figura 6 – fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura (THOMAZ, 1989, p. 25)

⁷ PILNY, F. Ermittlung der Ursachen von Rissen in Bawerken. **Die Bautechnik**, Berlin, n. 54, juni 1977.

Para Basso et al. (1997) nas paredes de alvenaria sob lajes de cobertura, três principais providências podem ser tomadas para evitar a fissuração da alvenaria, duas delas pressupondo a existência de um telhado de proteção à laje. São elas:

- a) coloração correta das telhas para reduzir a absorção de calor pelo telhado que protege a laje;
- b) existência de ventilação correta entre as telhas e a laje;
- c) o isolamento térmico da laje.

Os mesmos autores ainda afirmam que esses dispositivos geram maior eficiência na solução do problema se utilizados de forma conjunta. Além desses, outros dispositivos também são expostos na literatura, Thomaz (1989), por exemplo, propõe que seja feita uma dessolidarização entre as paredes do último pavimento e a laje, ou o vigamento da cobertura, com algum material que forme uma junta deslizante entre eles. Essa junta e outros dispositivos são apresentados na figura 7.

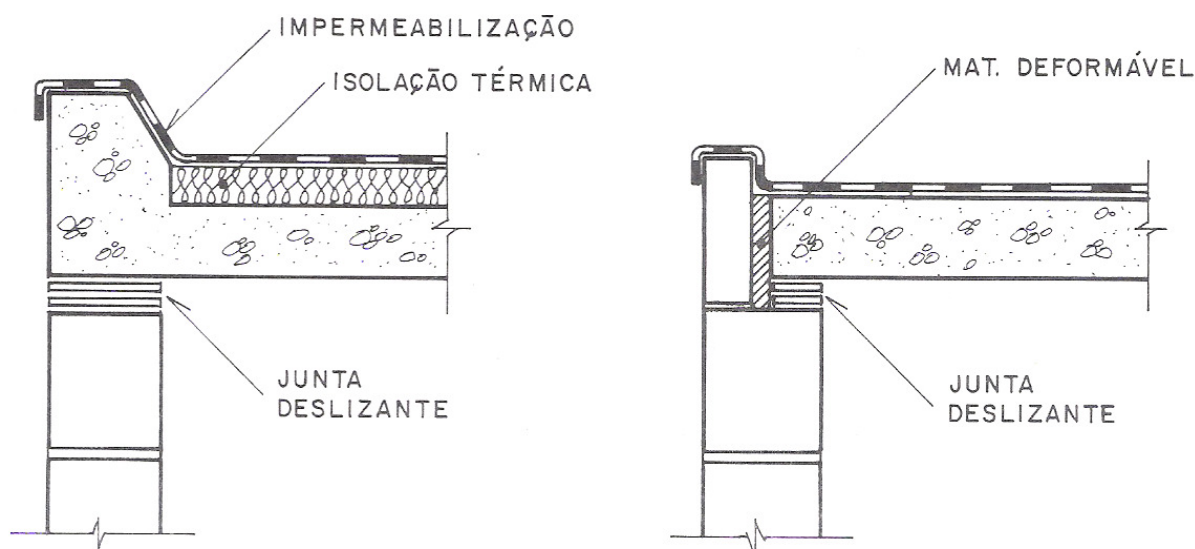


Figura 7 – dispositivos para prevenção de fissuras nas paredes do último pavimento (THOMAZ, 1989, p. 144)

Sabbatini (2003, p. 24) compartilha da mesma opinião e afirma que “São admitidas juntas de movimentação no encontro paredes e lajes, desde que as mesmas tenham total estanqueidade e que o revestimento seja acabado mediante frisos ou mata-juntas adequados.”. Thomaz

(1989) acrescenta que essas juntas deslizantes podem ser constituídas de neoprene, folhas duplas de cobre, polietileno, feltro betumado, papel de Kraft betumado, etc. Loturco (2005, p. 33) coloca que:

Em todos os casos, como o isolamento térmico não extingue a possibilidade de surgirem fissuras, é recomendável permitir a movimentação independente dos elementos. A separação pode ser feita com o apoio da laje em elementos flexíveis, como mantas de impermeabilização. Empregada em camada dupla como apoio de laje, a espessura do material alcança 1 cm, o suficiente para dar mobilidade ao conjunto.

Para a alvenaria estrutural devem ser empregadas tiras de neoprene, que promovem o apoio da laje nas paredes sem tornar a estrutura monolítica [...] [figura 8] [...]. A dessolidarização também pode ser buscada na própria laje, seccionada que, através de juntas, diminui o valor total da deformação.



Figura 8 – forma de laje com neoprene colocado sobre a alvenaria (LOTURCO, 2005, p. 33)

O mesmo autor ainda explica que dividir a laje em diversos trechos, diminui os efeitos da dilatação, assim como a desvinculação entre laje e parede, ajuda a evitar o surgimento de fissuras. Outros autores concordam com o uso de juntas deslizantes no encontro entre a última laje e as paredes do último pavimento. Duarte (1998) sugere que as juntas deslizantes sejam empregadas em todos os pavimentos nas construções em alvenaria estrutural.

Embora a literatura identifique as movimentações devido à variação térmica da laje de cobertura como sendo um dos principais causadores de fissuras nas construções em alvenaria estrutural de blocos, muitas vezes, dedicando capítulos inteiros na busca de soluções para este

problema. A NBR 10837 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS, 2000), embora já considerada ultrapassada, porém vigente, não indica a utilização de juntas horizontais nas lajes intermediárias e na laje de cobertura, exigindo até, em alguns pontos, que ela seja solidaria a alvenaria. Da mesma forma, a NBR 15812-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS, 2010), em nenhum ponto comenta sobre a utilização de juntas horizontais com a função de evitar as manifestações patológicas geradas devido à movimentação térmica, porém, não exige, em nenhuma situação, a solidarização com alvenaria. O Projeto de Norma 02:123.04-015-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), se posiciona da mesma forma que a NBR 15812-1.

3.2 SOBRECARGAS DE COMPRESSÃO

Movimentações devido às sobrecargas de compressão geram fissuras ocasionadas pelos esforços entre blocos e juntas (figura 9), como afirma Duarte (1998, p. 12):

O mecanismo de ruptura de paredes de alvenaria solicitadas por carregamentos verticais de compressão consiste no surgimento de fissuras verticais decorrentes de esforços transversais de tração induzidos nos tijolos pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face maior dos tijolos. Ao ser comprimida a argamassa geralmente se deforma mais do que o tijolo, tendendo a expandir lateralmente e transmitindo tração lateral aos tijolos.

Quando surgem sobrecargas de compressão, Thomaz (1989, p. 63) afirma que podem ocorrer dois tipos característicos de fissuras, se aplicadas cargas uniformemente distribuídas em alvenarias portante:

a) fissuras verticais (caso mais típico), provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou flexão local dos componentes de alvenaria [...] [figura 10].

b) fissuras horizontais, provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda de solicitações de flexocompressão da parede [...] [figura 11].

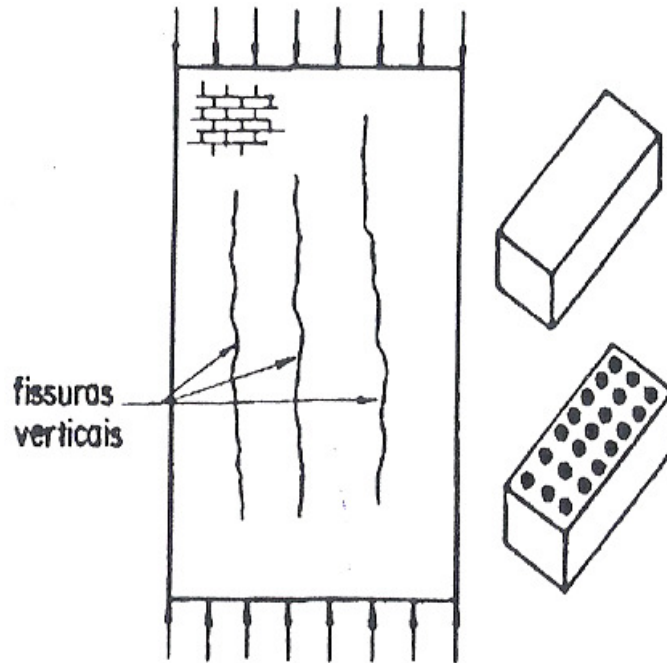


Figura 9 – mecanismo de ruptura de paredes com tijolos maciços e 21 furos (DUARTE, 1998, p. 12)

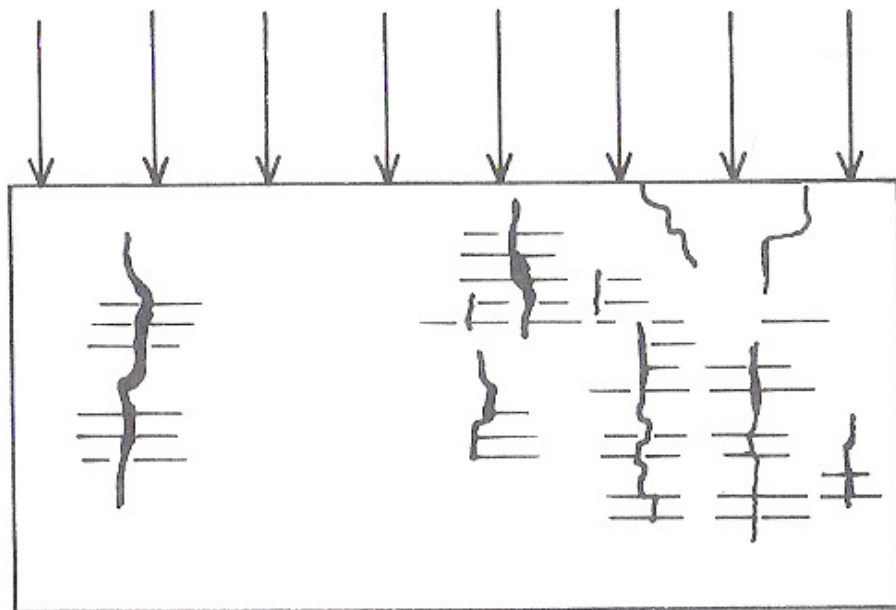


Figura 10 – fissuras verticais na alvenaria (THOMAZ, 1989, p. 64)

Bauer (2006, p. 36) enfatiza que “Sob ação de cargas uniformemente distribuídas, em função principalmente da deformação transversal da argamassa de assentamento e da eventual fissuração de blocos ou tijolos por flexão local, as paredes em trechos contínuos apresentam fissuras tipicamente verticais.”.

As ações de sobrecargas também podem ocorrer devido a cargas concentradas. Nesse sentido, Thomaz (1989) afirma que a atuação de sobrecargas também pode provocar ruptura dos componentes da alvenaria na região de aplicação da carga e/ou o aparecimento de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação (figura 12).

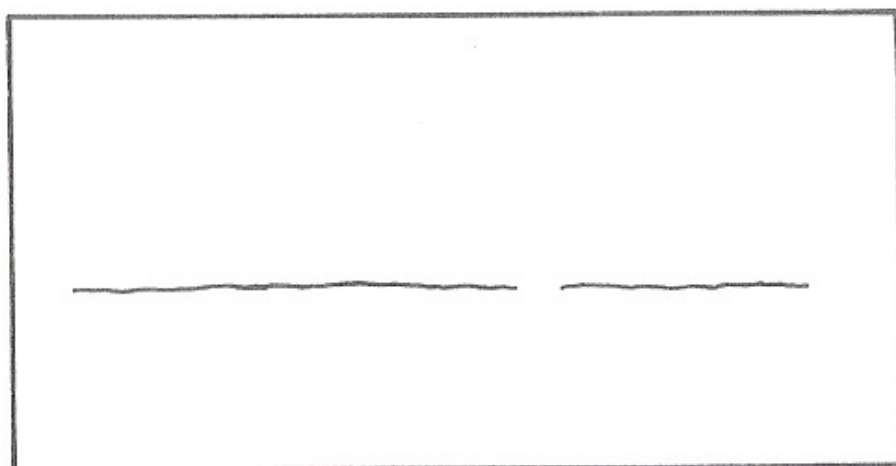


Figura 11 – fissuras horizontais na alvenaria (THOMAZ, 1989, p. 64)

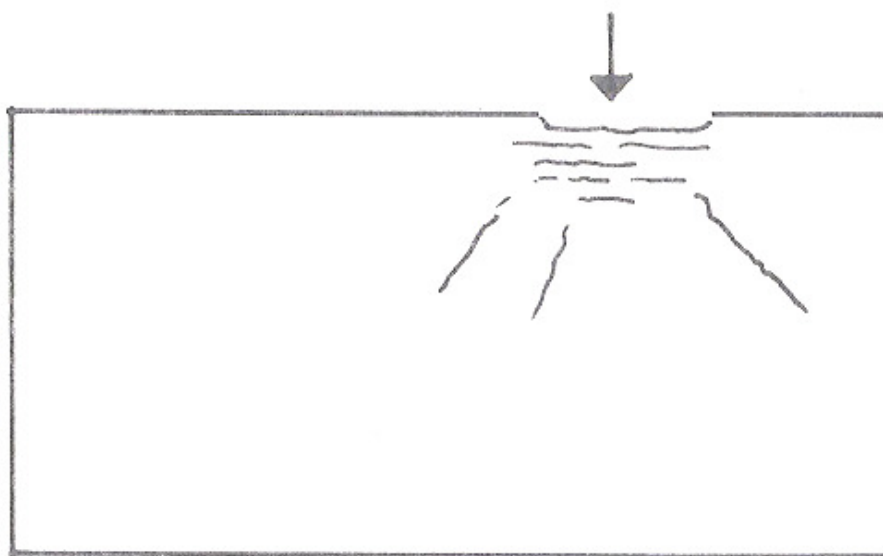


Figura 12 – ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto (THOMAZ, 1989, p. 65)

Bauer (2006, p. 36) acrescenta que “Devido a cargas verticais concentradas, sempre que não houver uma correta distribuição dos esforços através de coxins ou outros elementos, poderão

ocorrer esmagamentos localizados e formação de fissuras a partir do ponto de transmissão da carga.”. Thomaz (1989, p. 64) completa:

Nos painéis de alvenaria onde existem aberturas as fissuras formam-se a partir dos vértices dessa abertura e sob o peitoril; teoricamente, em função do caminhamento das isostáticas de compressão, a configuração das fissuras em uma parede assentada sobre suporte indeformável [...].

Essas fissuras, entretanto, poder-se-ão manifestar segundo diversas configurações, em função da influência de uma gama enorme de fatores intervenientes, tais como: dimensões do painel de alvenaria, dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no painel, anisotropia dos materiais que constituem a alvenaria, dimensões e rigidez de vergas e contravergas etc. A maior deformação da alvenaria e a eventual deformação do suporte nos trechos mais carregados da parede (fora das aberturas) [...].

Em trechos com a presença de aberturas, haverá considerável concentração de tensões no contorno dos vãos, para Thomaz (1989), teoricamente, em função do caminhamento das isostáticas de compressão, a configuração das fissuras em uma parede ocorre conforme a figura 13, porém, ele afirma que na realidade, essas fissuras poderão manifestar-se segundo diversas configurações, em função da influência de uma gama enorme de fatores intervenientes, como: dimensões da alvenaria e das aberturas, posicionamento das aberturas, dimensões e rigidez das vergas e contravergas. Dessa forma ele acrescenta que “a maior deformação da alvenaria e a eventual deformação do suporte nos trechos mais carregados da parede (fora das aberturas),[...] [...] originam nos casos reais fissuras com as configurações indicadas na [...] [Figura 14]” (THOMAZ, 1989, P. 64). No caso da inexistência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, as fissuras se desenvolverão a partir dos vértices das aberturas (BAUER, 2006).

A alvenaria estrutural possui bom comportamento à compressão, não ocorrendo o mesmo para esforços de tração e cisalhamento. Carregamentos pontuais e excêntricos devem ser evitados, Thomaz (1989) coloca que essas cargas deverão ser distribuídas por meio de coxins, e nas aberturas as concentrações de tensão deverão ser absorvidas pelas vergas e contravergas. Bauer (2006, p. 37) afirma que:

As fissuras horizontais nas alvenarias, causadas por sobrecargas verticais atuando axialmente no plano da parede, não são frequentes; poderão ocorrer, entretanto, pelo esmagamento da argamassa das juntas de assentamento. Tais fissuras, contudo, não são muito raras em paredes submetidas à flexocompressão.

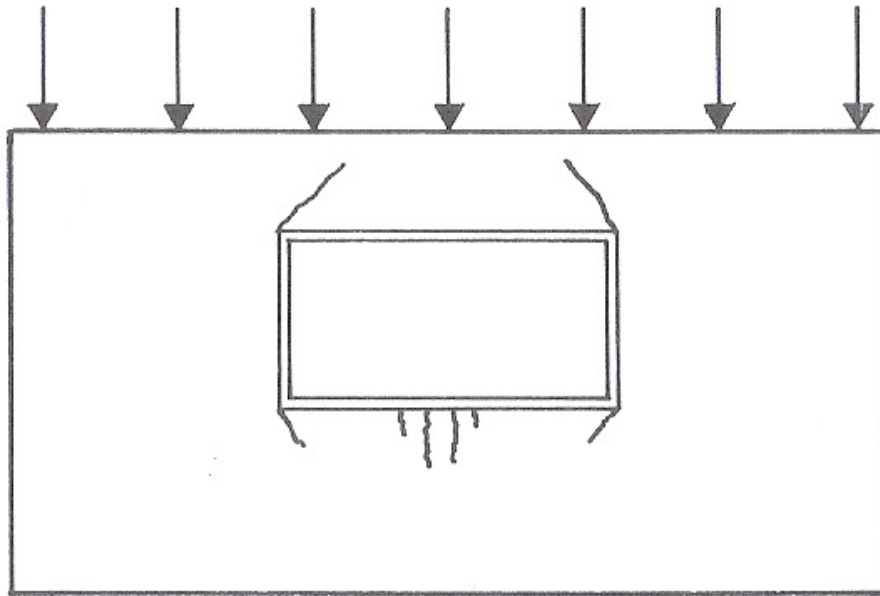


Figura 13 – fissuração (teórica) no entorno da abertura (THOMAZ, 1989, p. 66)

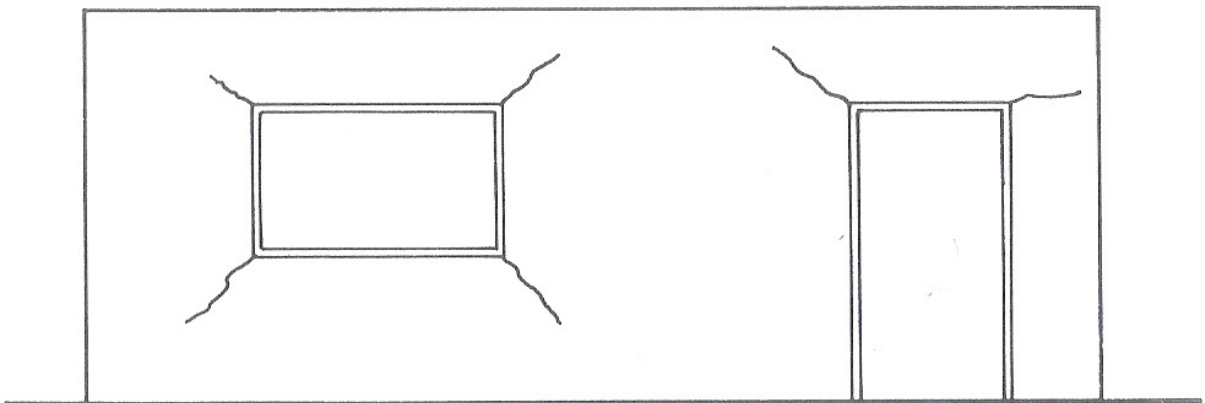


Figura 14 – fissuração (real) nos cantos das aberturas (THOMAZ, 1989, p. 66)

Conforme Sabbatini (2003), os componentes metálicos para reforço e distribuição de tensões e os componentes pré-fabricados complementam a execução de paredes estruturais. Além disso, o mesmo autor completa que tais componentes metálicos como fios, barras e telas de reforço também poderão ser utilizados como amarração indireta sendo imersos em juntas de argamassa, de qualquer forma eles deverão ser ou de aço galvanizado ou constituído de metal resistente à corrosão.

No mesmo sentido, Thomaz e Helene⁸ (2000 apud RICHTER, 2007) argumentam que as juntas de assentamento em amarração facilitam a redistribuição de tensões provenientes de cargas verticais ou introduzidas por deformações estruturais e movimentações higrotérmicas. Já quanto às juntas verticais Roman et al. (1999, p. 36) acrescentam que o não preenchimento delas tem pouco efeito na resistência à compressão, mas afeta a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede. Da mesma forma Thomaz e Helene⁹ (2000 apud RICHTER, 2007, p. 50) reiteram que “[...] não se recomenda em nenhuma circunstância à adoção de ‘juntas secas’ nas alvenarias estruturais.”.

Para as alvenarias constituídas com aberturas, a utilização de vergas e contravergas são imprescindíveis, de forma que elas deverão ser corretamente dimensionadas para suportar as tensões concentradas geradas pelas aberturas. A figura 15 apresenta as dimensões mínimas de verga e contravergas, Sabbatini (2003, p. 21) explica que:

a) contravergas em vãos de janela – devem ser executadas em peças reforçadas com aço, moldadas no local ou pré-fabricada, de modo a distribuir as tensões concentradas nos cantos inferiores dos vãos. Devem ultrapassar a lateral do vão [...] em pelo menos $d/5$ ou 30 cm (o mais rigoroso dos dois, onde “d” é o comprimento da janela). Podem ser substituídas por uma cinta contínua, armada, na altura dos parapeitos, por todas as paredes externas (usual nos PCAE-PA) ou por juntas de trabalho (não usual no Brasil);

b) vergas de portas e janelas – devem ser previstas em projeto vergas armadas na lumieira de portas e janelas. O apoio lateral deve ser de no mínimo $d/10$ ou 10 cm (o que for maior).

Seu dimensionamento não é especificado claramente pelas normas de alvenaria estrutural, tanto NBR 10837 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS, 2000) quanto NBR 15812-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS, 2010), elas apenas indicam a forma de determinação do carregamento. Segundo a NBR 15812-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), as contravergas em vãos de janela e as vergas sobre vãos de porta e janela podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute e armadura, peças moldadas no local ou peças pré-fabricadas, conforme especificado no projeto.

⁸ THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo: Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da USP, 2000. Boletim técnico n. 252.

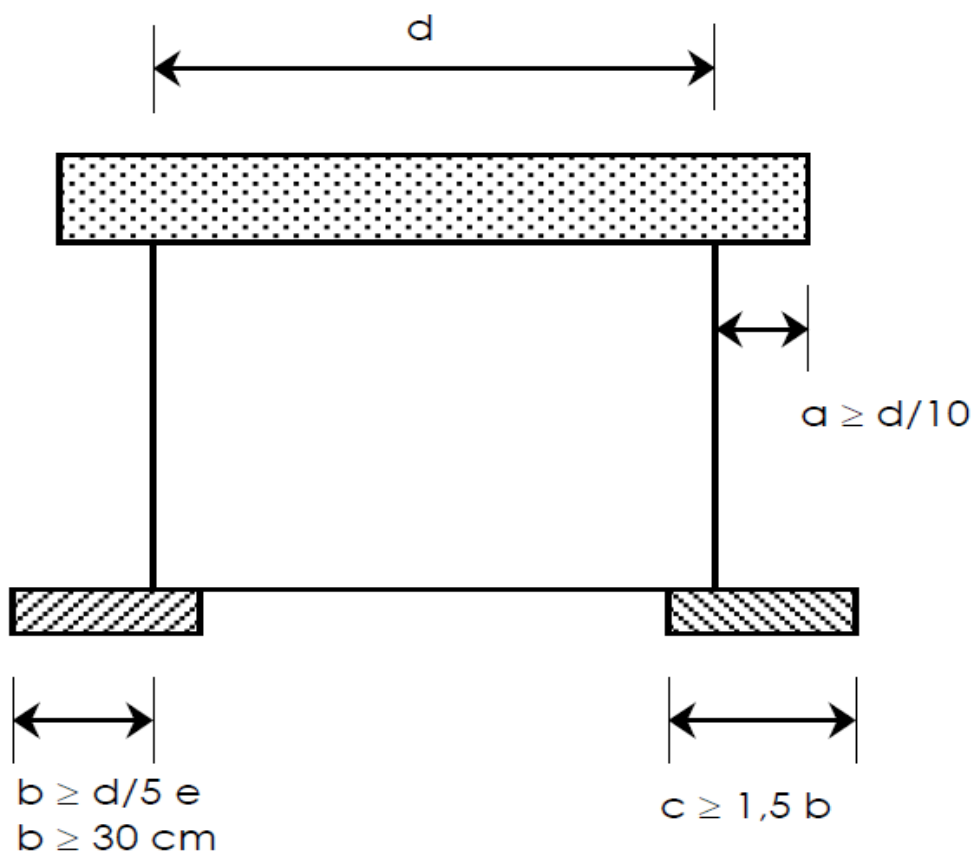


Figura 15 – detalhe de verga e contravergas (SABBATINI, 2003, p. 22)

No que se refere à utilização de graute na lateral das janelas, como usualmente é utilizado por projetistas, esse fator dependerá do carregamento e do trespasse da verga, tal carregamento deverá ser atendido pela área efetiva do bloco, a qual também irá variar de acordo com o trespasse utilizado. Nenhuma das normas para alvenaria aponta como imprescindível a utilização de tal ponto de grauteamento.

⁹ THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo: Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da USP, 2000. Boletim técnico n. 252.

3.3 EXPANSÃO POR UMIDADE

Muitos dos livros e pesquisas que tratam de manifestações patológicas em construção, tratam da umidade como um dos principais problemas, na alvenaria estrutural não poderia ser diferente. Entre os defeitos mais comuns das construções encontra-se a penetração de água ou a formação de manchas de umidade (VERÇOZA, 1991, p. 149).

A alvenaria é composta de elementos e materiais diferentes. Esses materiais possuem características diferentes, como o coeficiente de dilatação e coeficiente de umidade higroscópica. Thomaz (1989, p. 33) explica que:

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.

Thomaz (1989, p. 34) acrescenta que:

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

Por exemplo, para o concreto ocorre uma contração inicial por perda da água em excesso utilizada na sua fabricação [...]; completada essa contração inicial, o material, sujeito a diferentes teores de umidade, apresenta movimentações que ficam delimitadas dentro de certo intervalo, ou seja, mesmo que se consiga saturar este concreto completamente, ele jamais retornará ao seu volume inicial. A [...] figura 16 [...], ilustra esse fenômeno.

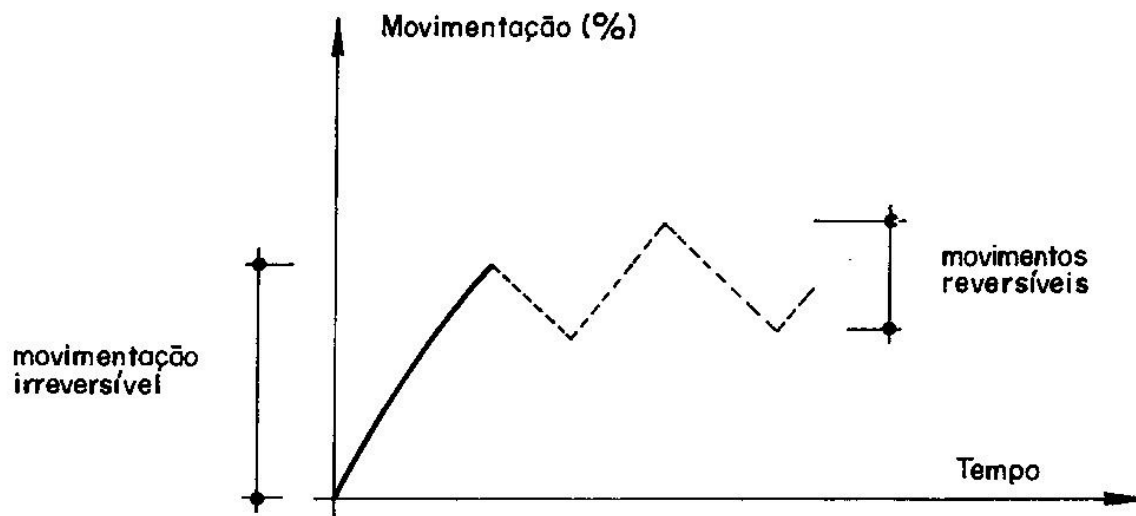


Figura 16 – movimentações reversíveis e irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade (THOMAZ, 1989, p. 35)

Thomaz (1989) acrescenta que a umidade pode ter acesso aos materiais de construção através de diversas vias:

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

Para isso Verçozza (1991, p. 150) explica:

Umidades originadas pela própria construção são aquelas necessárias para a obra, [...]. Em alguns casos essas umidades levam até seis meses para secar.

Umidade por capilaridade é aquela que sobe do solo úmido. Tijolos, concreto, argamassas, madeiras, etc. são materiais que tem canais capilares, por onde a água pode ser levada ao interior das edificações. A altura alcançada pela água de capilaridade depende do diâmetro e forma dos capilares, de sua limpeza, etc.

As umidades devidas às infiltrações de chuva são as mais comuns. É bom lembrar que este tipo de umidade pode ser inconstante: em algumas chuvas aparecem, mas em outra não. É que a infiltração depende da velocidade e direção do vento, da quantidade de precipitação, da umidade do ar, etc., além dos fatores inerentes a própria construção.

Verçoza (1987, p. 20) relata também que:

Todo solo contém umidade, até mesmo o rochoso. Em muitos casos essa umidade tem pressão suficiente para romper a tensão superficial da água. Nesta hipótese, se houver uma estrutura porosa (terra, areia), a água do subsolo sobe por capilaridade e permeabilidade até haver equilíbrio. A pressão é tanto maior quanto mais próximo do lençol freático do terreno.

Se uma parede porosa (tijolos, argamassa de cal) entrar em contato com esse terreno, a capilaridade também se faz sentir na parede, que umedece. Por essa razão, nunca se deve encostar terra diretamente nos tijolos ou rebocos. Até mesmo o concreto absorve umidade.

A umidade do subsolo tem o agravante de trazer consigo sais perniciosos, que podem desagregar as argamassas e tijolos, e também manchá-los.

O mesmo autor expõe que “As águas de chuva penetram nos prédios e outras construções por pressão hidrostática e percolação. É comum, por exemplo, que a água penetre por goteiras em telhados e calhas, por má vedação das esquadrias, etc. Nestes casos a solução geralmente é mecânica; [...]”, dessa forma Verçoza (1987, p. 16) esclarece que:

Chama-se percolação à passagem de água através de um corpo por transmissão de grão a grão. É como um fenômeno de osmose. No caso das alvenarias a água encharca um grão, que por sua vez vai encharcar o grão seguinte, até atravessar toda a parede.

Na realidade, a percolação também é uma forma de capilaridade, que se processa agora no interior dos grãos constituintes do material. Tanto pode ocorrer de cima para baixo, como debaixo para cima ou para os lados.

A figura 17 apresenta um quadro típico de fissuração provocada por movimentação higroscópica. Bauer (2006, p. 36) argumenta que:

Sendo constituídas de materiais porosos, as alvenarias terão seu comportamento influenciado pelas movimentações higroscópicas desses materiais. A expansão das alvenarias por higroscopicidade ocorrerá com maior intensidade nas regiões da obra mais sujeitas à ação da umidade como, por exemplo, cantos desabrigados, platibandas, base das paredes etc.

Outro fator que pode gerar movimentação interna da estrutura é o fato da água congelar em canais capilares, conforme Verçoza (1987, p. 13) explana:

A água ao congelar, aumenta de volume. E a água em canais capilares congela a temperaturas acima de 0°C. Ela pode congelar a temperatura de até 6°C. Assim sendo, a água depositada nos poros e canais capilares dos tijolos e do concreto

congela em dias frios. Ao congelar aumenta de volume. No miolo, este aumento de volume é contido pela massa do tijolo, e se traduz por calor, que então impede o congelamento. Mas na superfície a resistência é menor, formando-se gelo que desloca as camadas mais externas, desagregando paulatinamente o material. Então a superfície dos tijolos começa a se desgastar, parecendo lixada. Geralmente toma a forma convexa, ou arredonda as arestas.

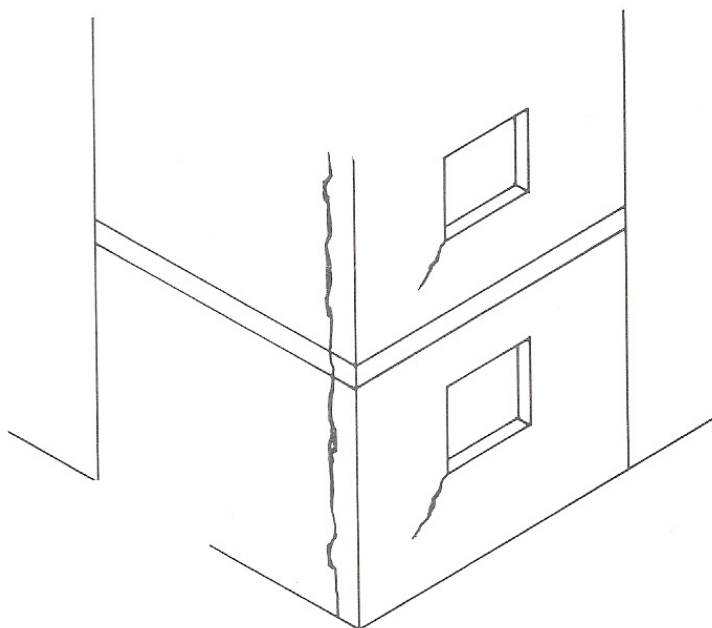


Figura 17 – fissuração vertical da alvenaria no canto da obra provocada por movimentações higroscópicas (THOMAZ, 1990, p. 38)

Para Thomaz (1989, p. 37):

As fissuras provocadas por variação de umidade dos materiais de construção são muito semelhantes aquelas provocadas pelas variações de temperatura. Entre um caso e outro, as aberturas poderão variar em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou da umidade.

Ele ainda afirma que ocorrem movimentações entre os componentes da alvenaria de tal forma que ocorre o destacamento entre os blocos e a argamassa de assentamento (figura 18).

Thomaz (1989, p. 41) completa ainda que:

Esses destacamentos ocorrem em função de inúmeros fatores, sendo os mais importantes: aderência entre argamassa e componentes de alvenaria, tipo de junta adotada, módulo de deformação dos materiais em contato, propriedades higroscópicas desses materiais e intensidade da variação da umidade.

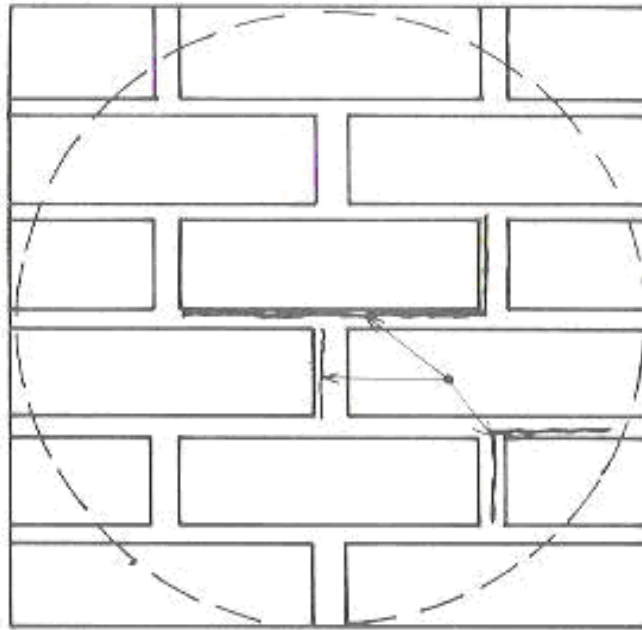


Figura 18 – destacamentos entre argamassa e componentes de alvenaria (THOMAZ, 1989, p. 41)

A umidade na alvenaria pode ser ainda proveniente das fundações da edificação (figuras 19 e 20), conforme Thomaz (1989, p. 42) explica:

Fissuras horizontais podem aparecer também na base de paredes [...], onde a impermeabilização dos alicerces foi mal-executada. Nesse caso, os componentes de alvenaria que estão em contato direto com o solo absorvem sua umidade, apresentando movimentações diferenciadas em relação às fiadas superiores que estão sujeitas à insolação direta e à perda de carga de água por evaporação; essas fissuras quase sempre são acompanhadas por eflorescências, o que auxilia o seu diagnóstico.

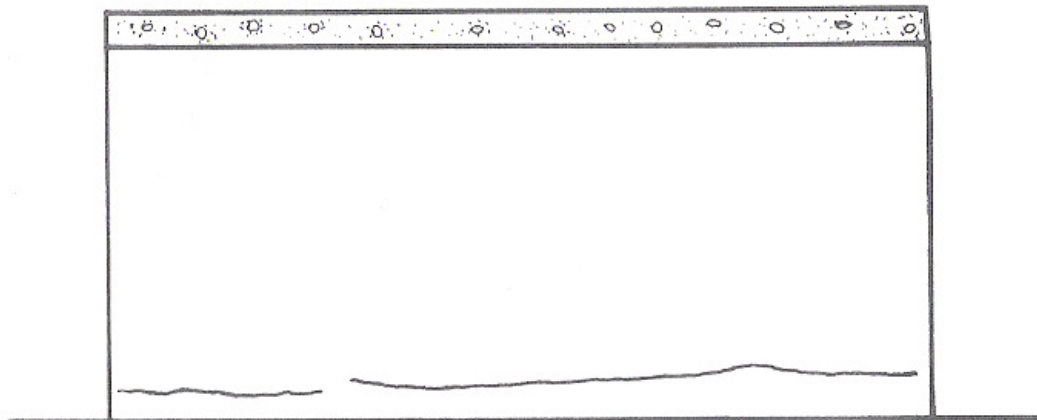


Figura 19 – fissura horizontal na base da alvenaria (THOMAZ, 1989, p. 42)

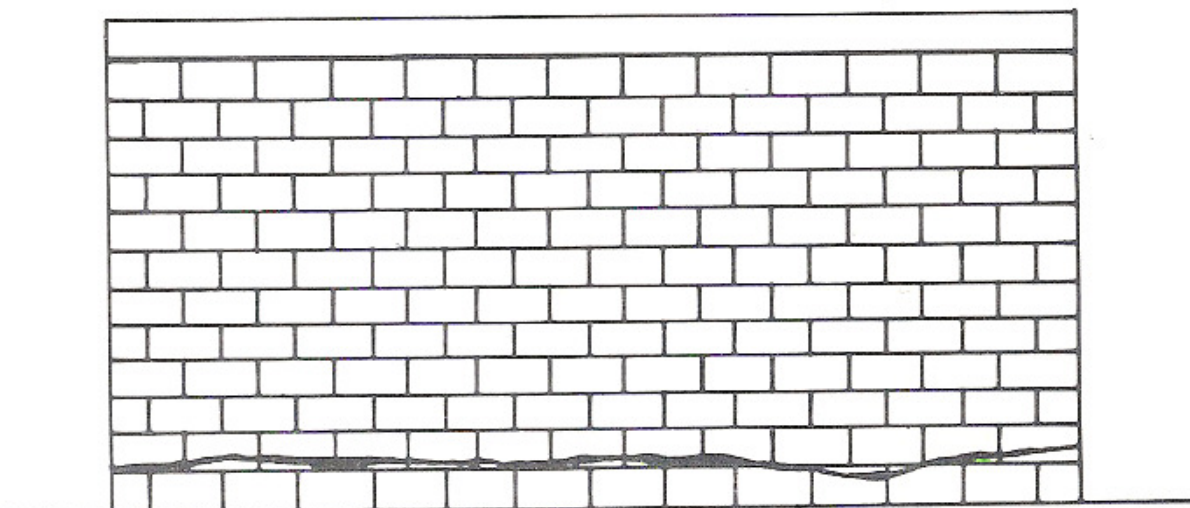


Figura 20 – fissura horizontal na base da alvenaria por movimentações higroscópicas diferenciadas: as fiadas inferiores, mais sujeitas à umidade, apresentam maior expansão em relação às fiadas superiores (THOMAZ, 1990, p. 101)

Além disso, independentemente da origem da umidade a retração higroscópica tem sido relatado como um dos principais problemas, conforme Parsekian et al. (2007, p. 53) afirmam que:

A retração causa variação do volume das paredes e, quando não é impedida, apenas diminui seu tamanho. Entretanto, nas construções usuais existem restrições a essa retração, seja pelo intertravamento das faces laterais com outro painel de alvenaria, seja pelo travamento inferior ou superior por lajes, provocando o aparecimento de tensões de tração e podendo levar a fissuras.

Loturco (2005) aponta a movimentação horizontal decorrente da retração devido à falta do processo de cura da laje como sendo a causadora de fissuras e em casos mais críticos, do destacamento vertical da alvenaria.

Muitos autores indicam que deve ser evitada a presença de água na alvenaria acabada, o que pode provocar movimentações higroscópicas acentuadas ou até dissolução de compostos da argamassa de assentamento. Nesse sentido de pensamento, Thomaz (1989, p. 139) afirma que:

[...] podem ser tomadas providências tais como: boa impermeabilização da fundação, adoção de detalhes arquitetônicos que façam com que a água de chuva descole da fachada, revestimento da parede com película impermeável ou hidrófuga, presença de uma cobertura verdadeiramente estanque e medidas que evitem o empoçamento de água nas bases das paredes.

Mas além de evitar a água nas edificações prontas, durante a construção também se deve evitá-la, ou pelo menos os excessos, Sabbatini (2003, p. 20) recomenda que:

O assentamento da alvenaria não poderá ser feito sob chuva. No caso de interrupção dos trabalhos por causa da chuva a alvenaria recém executada deverá ser protegida, para que os vazados não sejam cheios de água. Eflorescências em alvenarias cerâmicas e de concreto e fissuras de retração em alvenarias de blocos de concreto são decorrentes, principalmente, pela não obediência desta exigência. A alvenaria de blocos de concreto não poderá ser molhada durante a etapa de assentamento. Neste caso a argamassa de assentamento deverá ter retenção de água suficiente para evitar a molhagem.

Thomaz (1989, p. 140) complementa: “O comportamento das alvenarias será condicionado pela efetividade da ligação componente/argamassa.”. E ainda afirma que:

Os blocos, independente do tipo de material, deverão, portanto apresentar poder de absorção dentro de uma determinada faixa; se a absorção for muito pequena, não haverá boa penetração dos cristais hidratados do aglomerante nos poros do bloco, prejudicando-se a aderência mecânica. Se, por outro lado, a absorção for muito grande, não haverá água suficiente para a hidratação do aglomerante, prejudicando-se mais uma vez a aderência. Entendido esse mecanismo, parece resolvida uma velha dúvida do canteiro de obras: molhar ou não molhar os blocos? A resposta seria: umedecê-los, sem encharcá-los, sempre que os mesmos apresentarem-se muito ressecados.

Para Parsekian et al. (2007) um fator que pode reduzir o potencial aparecimento de fissuras de retração é a utilização de juntas de controle. De acordo com eles as juntas permitem que as deformações ocorram livremente, sem o aparecimento de tensões.

De acordo com a NBR 10837 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000), a utilização de juntas de controle tem por finalidade básica permitir deslocamentos devidos à retração e secundariamente, às variações da temperatura. Tais juntas devem ser empregadas da seguinte forma:

- a) nos locais onde a altura ou carga da parede varia bruscamente;
- b) em pontos onde a espessura da parede varia (não sendo por causa de enrijecedores);
- c) nos chanfros ou cortes por onde passam tubulações, pilares e fixações;
- d) nas paredes que mudam bruscamente de direção, e que em planta tem a forma de L, T ou U.

Nesses locais devem ser obedecidas as seguintes condições:

- a) a junta deve ser continua ao longo de toda a altura da parede;
- b) o local da junta deve permitir os movimentos para os quais foi projetada; para isso, deve ser preenchida com material deformável;
- c) devem-se interromper 50% da armadura horizontal na junta de controle;
- d) as barras da armadura e o graute, ao nível de pisos e coberturas, podem ser contínuas.

Já a NBR 15812-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), acrescenta que deve ser analisada a necessidade da colocação de juntas verticais de controle de fissuração em elementos de alvenaria com a finalidade de prevenir o aparecimento de fissuras provocadas por: variação de temperatura, expansão, variação brusca de carregamento e variação da altura ou da espessura da parede. Elas devem ser utilizadas para painéis de alvenaria contidos em um único plano e na ausência de uma avaliação precisa das condições específicas do painel, devem ser dispostas juntas verticais de controle com espaçamento máximo que não ultrapasse os limites da tabela 1.

Tabela 1: valores máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos

LOCALIZAÇÃO DO ELEMENTO	LIMITE (m)	
	espessura \geq 14 cm	espessura = 11,5 cm
Externa	10	8
Interna	12	10

- Notas.
1. A espessura mínima da junta de controle pode ser determinada como 0,13% do espaçamento das juntas
 2. Os limites acima devem ser reduzidos em 15% caso a parede tenha abertura
 3. Os limites estabelecidos na tabela 10.1 podem ser alterados mediante inclusão de armaduras horizontais adequadamente dispostas em juntas de assentamento horizontais, desde que tecnicamente justificado.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

No mesmo sentido segue o Projeto de Norma 02:123.04-015-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), a qual define que deve ser analisada a

necessidade da colocação de juntas verticais de controle de fissuração em elementos de alvenaria com a finalidade de prevenir o aparecimento de fissuras provocadas por: variação de temperatura, retração, variação brusca de carregamento e variação da altura ou da espessura da parede. Elas devem ser utilizadas para painéis de alvenaria contidos em um único plano e na ausência de uma avaliação precisa das condições específicas do painel, devem ser dispostas juntas verticais de controle com espaçamento máximo que não ultrapasse os limites da Tabela 2.

Tabela 2: valores máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle em alvenaria estrutural de blocos de concreto

LOCALIZAÇÃO DO ELEMENTO	LIMITE (m)	
	Alvenaria sem armadura horizontal	Alvenaria com taxa de armadura horizontal maior ou igual a 0,04 % da altura vezes a espessura
Externa	7	9
Interna	12	15

- Notas.
1. Os limites acima devem ser reduzidos em 15 % caso a parede tenha abertura.
 2. No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor os limites devem ser reduzidos em 20 % caso a parede não tenha abertura.
 3. No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor os limites devem ser reduzidos em 30 % caso a parede tenha abertura.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

Parsekian et al. (2007, p. 53) afirmam que “É de fundamental importância, que após o assentamento, os blocos tenham a menor retração possível.”. Eles argumentam que fabricantes de blocos com cura a vapor possuem maior controle da qualidade dos blocos, porém não é o único fator para a melhor escolha do fornecedor. Em suas recomendações eles lembram que blocos de concreto nunca devem ser molhados antes do assentamento, pois eles devem estar secos, equilibrados com a umidade média do local, quando do assentamento.

É interessante ressaltar que para bloco de concreto o Projeto de Norma 02:123.04-015-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) vem a acrescentar que na ausência de dados experimentais, o coeficiente de retração da alvenaria pode ser admitido igual a 500×10^{-6} mm/mm. Esse valor deve ser aumentado para 600×10^{-6} mm/mm quando

os blocos forem produzidos sem cura a vapor e na verificação de perdas quando a protensão é aplicada antes de 14 dias após a execução da parede. E para bloco cerâmico a NBR 15812-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) indica que Na ausência de dados experimentais, o coeficiente de expansão por umidade da alvenaria pode ser admitido igual a 300×10^{-6} mm/mm.

Conforme Parsekian et al. (2007) outra forma de evitar a retração da alvenaria é com a utilização da armação das paredes, as quais permitem o aumento na resistência à tração, promovendo dessa forma a capacidade da alvenaria de resistir a eventuais trações ocorridas.

Referente à retração dos panos de laje, este tipo de movimentação pode ser minimizada com a adoção de cura úmida e com o controle desse processo, já o seccionamento da laje, provisório ou definitivo, torna a retração menos prejudicial ao sistema conforme esclarece Loturco (2005). O mesmo autor coloca que a utilização de juntas deslizantes, conforme apresentado para movimentações térmicas, também auxiliam na prevenção de fissuras na alvenaria devido à retração da laje de cobertura.

O capítulo subsequente apresentará a opinião de especialistas em Engenharia civil, atuantes no estado do Rio Grande do Sul, sobre manifestações patológicas mais frequentes em construções que utilizam o sistema construtivo de alvenaria estrutural e suas respectivas formas usuais de prevenção.

4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FORMAS DE PREVENÇÃO: DESCRIÇÃO PELOS ENGENHEIROS

O desenvolvimento deste trabalho baseou-se em levantamento de dados através de algumas visitas a obras e em entrevistas com Engenheiros Cíveis de reconhecida experiência na área de alvenaria estrutural, bem como a utilização de bibliografias. Os profissionais foram escolhidos através de um levantamento amostral não probabilístico e as visitas a obras foram feitas de acordo com suas indicações.

Os seis Engenheiros Cíveis selecionados são profissionais com experiência em pesquisa, projeto, fiscalização ou consultoria na área de alvenaria estrutural, cabe ressaltar que nenhum atualmente executa obras em alvenaria estrutural de blocos. As entrevistas foram feitas no período de agosto a outubro de 2010.

Os Engenheiros entrevistados não serão identificados por nome, será feita apenas a indicação de sua experiência e segmento de atuação. Para esse trabalho eles serão referidos conforme a ordem das entrevistas sendo Engenheiro A, o primeiro a ter sido entrevistado, Engenheiro B, o segundo, e assim sucessivamente. Suas experiências de forma resumida estão relatadas a seguir.

Engenheiro A - Pesquisador e consultor técnico em alvenaria, atuante desde a década de 80, quando se começou a utilizar no Estado alvenaria com blocos de concreto.

Engenheiro B - Pesquisador focado em manifestações patológicas é consultor e projetista, atua no Brasil e exterior com alvenaria estrutural há 12 anos.

Engenheiro C - Projetista e consultor atua com alvenaria estrutural desde o ano de 1992, com obras por diversos Estados do Brasil.

Engenheiro D - Atua com alvenaria estrutural de blocos de concreto desde 2002, com projetos e laudos periciais.

Engenheiro E - Atua a três anos em uma das maiores empresas de projetos de alvenaria estrutural como calculista e projetista.

Engenheiro F – Atua desde 1995 com projeto, consultoria e fiscalização de obras em alvenaria estrutural.

As entrevistas objetivam apontar quais manifestações patológicas de maior ocorrência na Região Metropolitana de Porto Alegre, bem como os dispositivos de prevenção mais utilizados, ponderando a relevância dos seguintes aspectos:

- a) as características do bloco estrutural;
- b) a qualificação da mão de obra;
- c) a demanda de materiais;
- d) os Engenheiros de obra;
- e) a laje;
- f) os fatores térmicos;
- g) as aberturas.

Dessa forma fez-se uma compilação com as respostas obtidas nas entrevistas, tentando salientar sempre as questões quanto a movimentações da estrutura.

4.1 O BLOCO ESTRUTURAL

O início da alvenaria estrutural no Estado do Rio Grande do Sul foi marcada, na década de 80, com um experimento muito mal sucedido com blocos de concreto, no qual o bloco acabou ficando associado à utilização em habitações populares, aliado a isso, na época, a qualidade das construções não eram boas, recorda o Engenheiro A. Talvez por este motivo, algumas construtoras até hoje ainda possuem a preferência pela utilização de blocos cerâmico. Já o Engenheiro F alega que com o bloco cerâmico, as obras não ficam tão cinza, e mantém um aspecto de construção convencional de concreto armado, o que, segundo as construtoras, acaba gerando maior confiança para o consumidor.

De um modo geral, é consenso entre os entrevistados as diferenças entre o uso dos blocos de concreto e dos blocos cerâmicos. A modulação, inicialmente apontada pelos Engenheiros

como uma diferença para o projeto, devido a suas dimensões, ainda que, de acordo com o Engenheiro B, isto esteja mudando. Outro fator bastante importante para o dimensionamento estrutural de uma edificação neste sistema construtivo é a diferença entre o peso próprio dos blocos. O Engenheiro E relata que “É necessário que se saiba desde o início do projeto qual bloco será utilizado, pois as cargas devido ao peso próprio da estrutura irão alterar-se conforme for o bloco que será utilizado.”. O Engenheiro C acrescenta que o peso específico maior do bloco de concreto, provoca um maior confinamento nos pavimentos inferiores, o que pode ajudar a reduzir alguns tipos de movimentações, como por exemplo, as térmicas.

No sentido de execução da alvenaria, as implicações devido à utilização de um ou outro bloco são ainda mais importantes, desde sua estocagem até o assentamento, tendo como questão principal a movimentação higroscópica, isto porque o bloco de concreto tem uma característica de se alterar volumetricamente quando exposto à umidade, e o bloco cerâmico não ou muito pouco, como explica o Engenheiro F.

Há entre os Engenheiros a certeza de que os blocos, principalmente os de concreto, devem estar sob o abrigo da chuva e umidade em geral. Essa umidade dos blocos pode gerar manifestações patológicas devido à movimentação higroscópica, as quais costumam ocorrer no período de seis meses a um ano, após o assentamento. As manifestações patológicas desse tipo ocorrem da seguinte forma: quando o bloco de concreto fica exposto na obra à água ou umidade, ele a absorve expandindo suas dimensões dentro de uma faixa limite de movimentação reversível, em consequência disso aumenta seu volume, após ser assentado, o bloco irá perder a parcela de água acumulada, retraindo e voltando a sua dimensão quando estava seco, e isso provavelmente irá gerar alguma fissura. Dessa forma, o Engenheiro F lembra que durante o assentamento, no caso de chuva ou ao fim do expediente, deve-se cobrir a alvenaria para que as células dos blocos não se encham de água, isso evitará ou reduzirá bastante tal movimentação. No caso da alvenaria não ser coberta e ocorrer o acúmulo de água no interior do bloco, este fato irá gerar posteriormente uma fissura tipicamente horizontal entre a primeira e a segunda fiada da alvenaria também devido à retração do bloco de concreto.

A diferença na questão higroscópica do bloco cerâmico em relação ao de concreto, é que o cerâmico deve ser molhado para que ocorra a correta ligação, penetração dos cristais, da argamassa no bloco. Porém, embora necessite estar úmido, ele também deve ficar ao abrigo

das intempéries do tempo, pois como afirma o Engenheiro B, no assentamento dos blocos cerâmicos é preciso cuidar a umidade porque existe um Índice de Absorção de Água ideal, visto que esta umidade não pode ser excessiva. A necessidade de molhar ou umedecer o bloco cerâmico deve-se ao fato que em dias muito quentes, caso seja assentado seco, ocorrerá à evaporação muito acelerada da água, essa evaporação se desenvolve a partir da absorção de água por capilaridade, até chegar à superfície do bloco, e a velocidade da absorção capilar, é inversamente proporcional a espessura dos canais capilares. A evaporação muito rápida irá enfraquecer a argamassa, que necessita de água para a correta hidratação dos cristais do cimento. Ocorrendo isso, as manifestações patológicas do tipo fissura são uma consequência provável, no sentido de reduzirem-se estes problemas, a adoção de argamassa a base de cal é muito recomendada devido a sua alta capacidade de retenção de água.

4.2 A QUALIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA

O Engenheiro F alerta que não é incomum o fato de operários utilizarem os blocos cerâmicos no assentamento sem que os mesmos estejam umedecidos. Em face disso, verifica-se que a mão de obra que está sendo utilizada nas construções de hoje, não possui a qualificação necessária para esse sistema construtivo, e a maioria dos entrevistados apontam isso como uma das maiores dificuldades para as construções em alvenaria estrutural.

Os entrevistados relatam que existem profissionais com qualificação no mercado, mas devido à grande demanda de mão de obra, os bons profissionais já estão contratados. Surge então à necessidade de treinamento e qualificação de novos operários a cada novo empreendimento. Embora seja feito treinamento, a maioria são profissionais carregam vícios difíceis de serem contornados, além disso, operários recém inseridos no sistema, podem inferir algum erro de execução por falta de experiência. O Engenheiro F lembra também que, muitas vezes, a equipe de trabalho está definida, treinada, e devido a essa falta de mão de obra no mercado, empresas buscam operários na porta de obras concorrentes, oferecendo valores melhores, absorvendo esses trabalhadores para seu grupo.

Para grande parte dos entrevistados essa demanda excessiva de mão de obra, embora seja um problema sazonal, traz a possibilidade de manifestações patológicas futuras nas edificações

em alvenaria estrutural devido a problemas de execução. Problema esse que poderia ser reduzido com uma maior fiscalização por parte dos verdadeiros responsáveis pela execução, os Engenheiros da obra.

4.3 OS ENGENHEIROS DA OBRA

Os responsáveis diretos pela execução, através da fiscalização da construção, os Engenheiros Civis, estão de certa forma escassos, mais ainda que conheçam bem o sistema construtivo em questão. Pois, a alvenaria estrutural como sistema construtivo de edifícios multipavimentos é bastante recente, poucos são os Engenheiros de obra que dominam esta técnica, em relação à demanda de profissionais, observando-se em larga escala o desconhecimento em alguns detalhes construtivos, como por exemplo, no caso da necessidade da dessolidarização da laje de cobertura nas edificações em alvenaria estrutural, esse tipo de detalhe construtivo é de primordial importância na alvenaria estrutural, principalmente devido à constante ocorrência de fissuras nas alvenarias do último pavimento na região.

Atualmente muitos Engenheiros estão migrando de um sistema construtivo para o outro devido à escassez de mão de obra técnica. Dessa forma, como exemplo, enquanto um Engenheiro acostumado à execução de obras em concreto armado, não se qualifica, para a execução em alvenaria estrutural, visto que muitos detalhes construtivos passam a ser completamente diferente de um sistema construtivo para outro, o Engenheiro B, acrescenta que a lógica de produção também muda de um sistema construtivo para outro. O Engenheiro D acrescenta que esses Engenheiros, além de qualificarem-se para a construção em alvenaria estrutural de blocos, devem também aprofundar-se nas questões das origens das manifestações patológicas, para, desta forma, dominar ainda melhor a técnica construtiva.

4.4 A DEMANDA DE MATERIAIS

A falta de materiais como bloco, argamassa e lajes pré-fabricadas no mercado é um grande problema para o sistema construtivo. Segundo os Engenheiros, algumas empresas produtoras de bloco não estão aceitando clientes novos porque não conseguem atender a demanda dos clientes atuais. Foi relatado que vários problemas tem sido observados, como a utilização de

blocos refugados, os quais podem gerar problemas devido à falta de resistência, ou com dimensões irregulares, fatores que podem vir a proporcionar cargas excêntricas na estrutura pela irregularidade das juntas, e que representam grave negligência técnica e ética por parte dos participantes do processo. Para o caso de blocos de concreto existe ainda o perigo do recebimento de blocos muito novos, com a cura incompleta, os quais também são problemáticos devido à possível retração que irão sofrer.

Outro fator importante de acordo com o Engenheiro F é falta de argamassa industrializada. Para ele, no Rio Grande do Sul, existe a correta cultura do uso da argamassa a base de cal, em detrimento do incorporador de ar, como as produtoras estão com excessiva demanda, esse produto também se tornou praticamente escasso e no caso de algum construtor optar por substituir a argamassa deliberadamente por outra, para que consiga cumprir prazos de entrega. Com a alteração deste material, surge então, o risco da ocorrência de algumas manifestações patológicas como o caso da ocorrência de fissuras devido à falta de retenção de água por parte da argamassa.

A alvenaria estrutural racionalizada como é conhecida hoje, está diretamente ligada ao uso de laje pré-fabricada, pois isso proporciona ao sistema construtivo, muitos benefícios, como rapidez e menor custo, mas este é outro material que está seriamente comprometido pelo atual consumo da construção civil como um todo. Para resolver isso a solução encontrada pelas construtoras é a utilização em maior escala das lajes concretadas *in loco*. Este tipo de laje, em obras de alvenaria estrutural, requer uma atenção muito maior da equipe técnica da empresa de forma a evitar fissuras devido à solidarização entre a laje de cobertura e a alvenaria, ou até mesmo devido à retração excessiva da laje por falta de cura, por exemplo.

O projeto de norma de execução para Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto, na qual se encontra, no presente momento, em consulta nacional, bem como a NBR 15812-2 apresentam uma série de inovações tecnológicas, as quais vem para melhorar a qualidade e modificar algumas instruções contidas na já ultrapassada NBR 08798. Assim sendo, a NBR 15812-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010 e o Projeto de Norma 02:123.04-015-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), colocam que o executor deve estabelecer um plano de controle de qualidade, onde deverão estar explícitos:

- a) os responsáveis pela execução do controle e circulação das informações;
- b) os responsáveis pelo tratamento e resolução das não conformidades;
- c) a forma de registro e arquivamento das informações.

E estabelece ainda que deva constar do plano de controle da obra procedimentos específicos para os seguintes itens:

- a) bloco de concreto;
- b) argamassa de assentamento;
- c) graute;
- d) prisma;
- e) recebimento e armazenamento dos materiais;
- f) controle de produção da argamassa e do graute;
- g) controle sistemático da resistência do bloco, da argamassa e do graute;
- h) controle sistemático da resistência do prisma quando for o caso conforme especificação;
- i) controle dos demais materiais;
- j) controle da locação das paredes;
- k) controle de elevação das paredes;
- l) controle de execução dos grauteamentos;
- m) controle de aceitação da alvenaria.

Além disso, ela estabelece que deva ser feito a especificação e definição prévia do bloco, da argamassa de assentamento e do graute. Tal norma irá impor um maior controle de qualidade e estocagem dos materiais. Assim sendo, atitudes incorretas cometidas hoje, deverão ser extintas, devido ao maior rigor que será apresentado pela nova norma.

4.5 A LAJE

Conforme comenta o Engenheiro B, os maiores problemas em alvenaria estrutural são fissuras localizadas no primeiro e no último pavimento. Ele lembra que, durante seu mestrado, verificou-se que edificações em alvenaria estrutural possuem comportamentos diferentes, se comparados em climas diferentes. Ele exemplificou com uma comparação entre uma edificação construída no Rio Grande do Sul e outra, em igual padrão, construída no Ceará. A edificação construída no Ceará apresentou manifestações patológicas, em sua maioria, no primeiro pavimento, enquanto que a construída no Rio Grande do Sul, as manifestações patológicas se concentraram no último pavimento. O Engenheiro explica que, de acordo com o estudo, as manifestações patológicas no primeiro pavimento, eram causadas devido à movimentação por variação de umidade, e no último pavimento, devido a movimentações térmicas. Ele ressalta que as temperaturas, no Ceará, são constantes, não havendo muita oscilação, por isso, não se verificou problemas no último pavimento, o contrário do Rio Grande do Sul, onde a variação térmica é bastante grande.

O entrevistado afirma ainda que, se tratando desse tipo de movimentação, a maioria é horizontal, e geram fissuras também horizontais, as quais se localizam próximo a laje de cobertura. Isto ocorre, porque a laje deforma mais que a parede de alvenaria, então a tendência, é rotacionar as últimas fiadas, onde ocorrem as fissuras. Outros Engenheiros acrescentam que essas fissuras além de horizontais também podem ser escalonadas a 45°, elas ocorrem devido às tensões horizontais provocadas pela dilatação ou até mesmo pela retração da laje quando não desvinculada da parede. Este fenômeno é apresentado na figura 21.

O Engenheiro A acrescenta que, de uma forma geral, um grande problema, quanto a manifestações patológicas em alvenaria estrutural, é o trabalho diferencial entre o concreto e a alvenaria, principalmente, quando a alvenaria é cerâmica. Conforme ele, essa movimentação diferencial não é somente térmica, mas sim, higrotérmica. Ele chega a apontar a falta de cura da laje de concreto como a maior responsável pelas movimentações, devido à retração, e da mesma forma, as fissuras localizam-se no topo do prédio, onde as lajes estão mais livres para se movimentar e deformar.

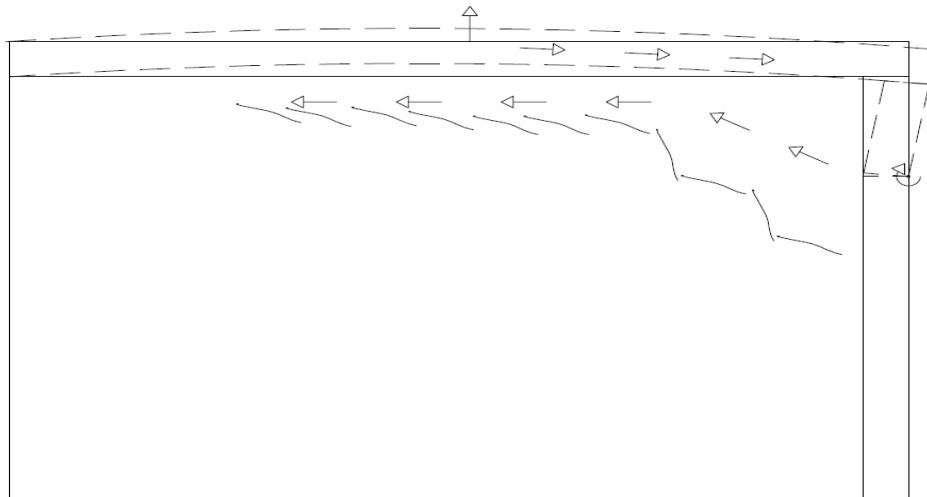


Figura 21 – fissuras devido à movimentação da laje

Para a maioria dos Engenheiros, as movimentações térmicas são, sem dúvida, as geradoras, da maior parte, das manifestações patológicas encontradas nas construções em alvenaria estrutural, sendo, a principal delas, as fissuras nas paredes do último pavimento, devido à dilatação da laje de cobertura. Esse tipo de fissura, também pode ocorrer nos pavimentos inferiores. O Engenheiro E lembra que no caso de haver uma demora na execução da alvenaria, a laje intermediária, passa a agir como laje de cobertura, enquanto ela não é coberta pela laje superior a ela.

A principal recomendação dos Engenheiros para a eliminação destas manifestações patológicas, é que se faça a desvinculação entre a alvenaria e a laje de cobertura, lembrando que na bibliografia, alguns autores, recomendam essa desvinculação em todas as lajes. Essa desvinculação pode ser feita com a utilização de diversos materiais diferentes. O Engenheiro B afirma que o neoprene, seria o melhor material para se utilizar, mas também o mais caro. Então, devido a isto, ele coloca que tem sido muito utilizado o EPS (Poliestireno Expandido) de alta densidade com dupla camada de manta asfáltica, os quais são materiais com um custo mais razoável e tem atingido bons resultados. Outras variações de materiais também são utilizadas, tais como: alumínio, chapa galvanizada ou PVC, sendo recomendada a utilização em várias camadas, as quais definem o chamado, aparelho deslizante.

Tal aparelho desvincula totalmente a alvenaria da laje de concreto armado, deixando-a livre para movimentação. A figura 22 apresenta um detalhamento deste aparelho deslizante como é comumente utilizado. Na sequência, a figura 23 apresenta o detalhamento do aparelho deslizante nas lajes de cobertura sobre paredes internas.

O Engenheiro A lembra que as construções em alvenaria estrutural são em geral obras realizadas com pequena margem de lucro. Conforme ele, qualquer solução adotada implica em aumento de custos de produção, fazendo com que o sistema se torne caro e deixe de ser competitivo. Dessa forma, muitas vezes não é possível adotar a melhor opção de desvinculação, pois, é complicado para o construtor agregar o custo do material ao valor de seu empreendimento.

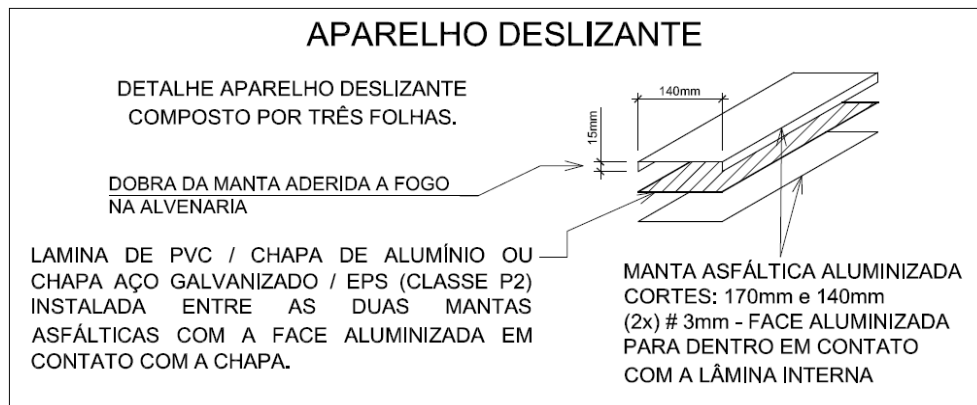


Figura 22 – detalhamento do aparelho deslizante

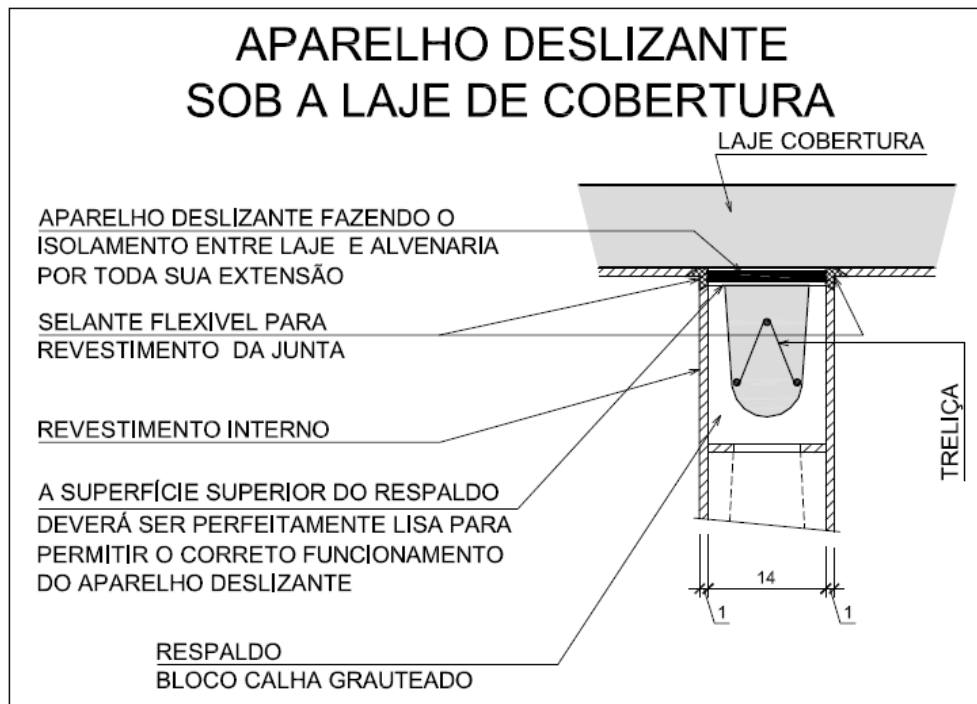


Figura 23 – detalhamento do aparelho deslizante entre laje de cobertura e a parede interna da edificação

Além da utilização desta junta horizontal, ou aparelho deslizante, o Engenheiro E acrescenta que a laje que receber este dispositivo, deve ser executada em balanço, inclusive com a utilização de pingadeiras, pois, como este elemento separador entre a laje e a alvenaria não é estanque, o balanço e a pingadeira impedem a penetração de água ou umidade para o interior da edificação. Estes dispositivos são apresentados na figura 24, que conta com um detalhamento completo da desvinculação entre uma parede externa de alvenaria e a laje de cobertura, mostrando também outros detalhes importantes para melhorar o desempenho da laje. A utilização deste dispositivo deslizante permite a movimentação da laje, tanto para dilatação térmica quanto para a retração higroscópica.

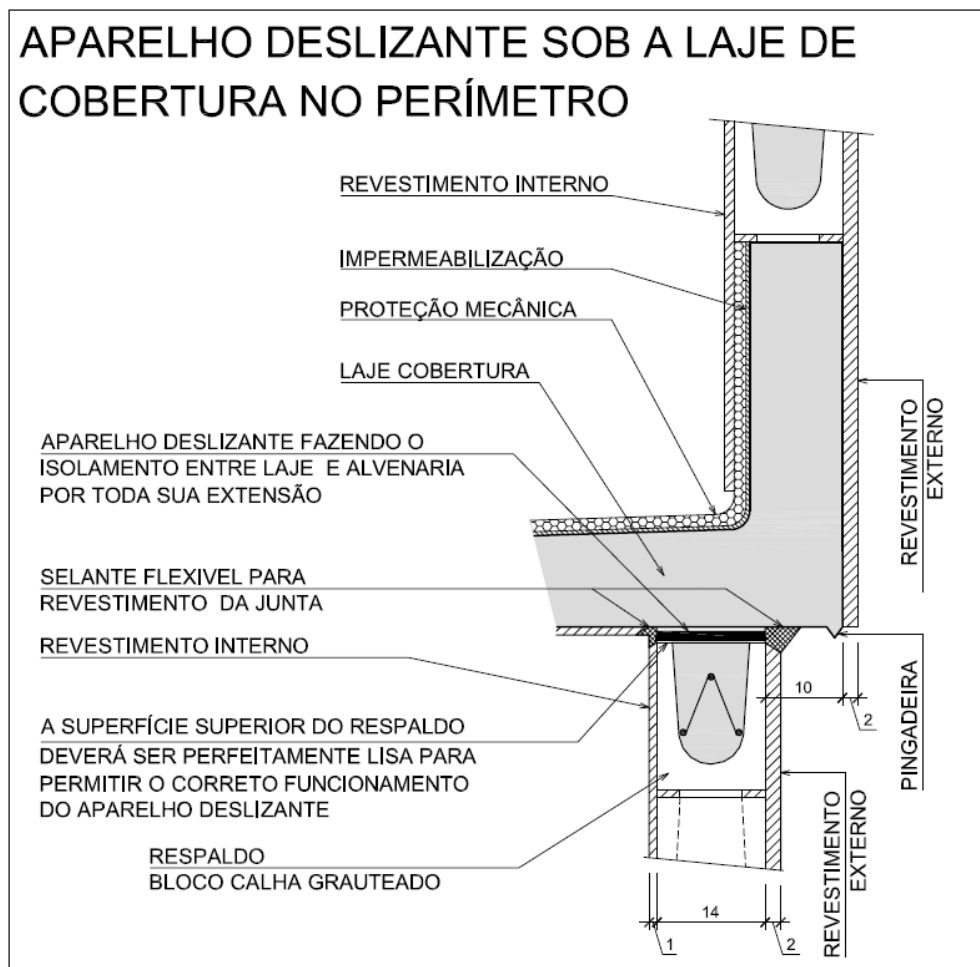


Figura 24 – detalhamento do aparelho deslizante entre laje de cobertura e a parede externa da edificação

A figura 25 apresenta um aparelho deslizante executado incorretamente, pois a laje deve estar completamente isolada da alvenaria e livre de corpos que possam prejudicar o desempenho do

dispositivo. As figuras 26 e 27, apresentam fissuras ocorridas devido à má execução deste aparelho deslizante.



Figura 25 – aparelho deslizante executado incorretamente



Figura 26 – fissura externa ocorrida devido a aparelho deslizante mal executado

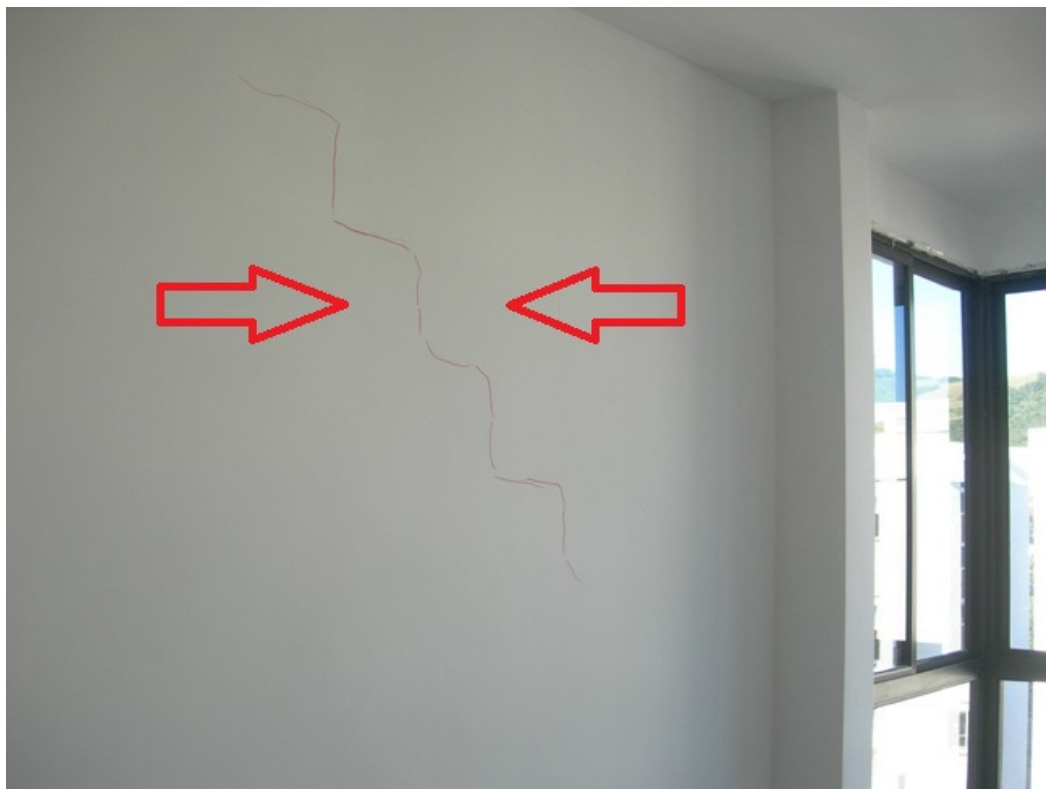


Figura 27 – fissura interna ocorrida devido a aparelho deslizante mal executado

Aliado aos anteriores, outro dispositivo muito recomendado, são as juntas de retração ou juntas de compartimentação da laje. Este dispositivo faz com que se criem panos de laje menores, literalmente dividindo a laje do pavimento em lajes menores. Estas juntas podem ser executadas de duas maneiras, antes, inserindo-se separações físicas, ou após a concretagem, quando se faz um corte superficial na laje após o início da pega do concreto, esse corte, diminuirá a seção da laje controlando e delimitando a fissura. Conforme o Engenheiro F a junta nada mais é do que uma pré-fissura determinada e organizada linearmente. Para o Engenheiro B, as juntas de retração ou compartimentação devem ser feitas sobre todas as paredes do pavimento, criando pequenas lajes sobre a alvenaria. A figura 28 apresenta um detalhamento utilizado em projeto, para melhor entendimento em obra, de como executar a compartimentação da laje. Os Engenheiros lembram ainda que juntamente com estes dispositivos, utilizados para reduzir as movimentações das lajes, é recomendável que seja feito um bom isolamento térmico sobre a laje e se possível a utilização de telhados com boa ventilação.

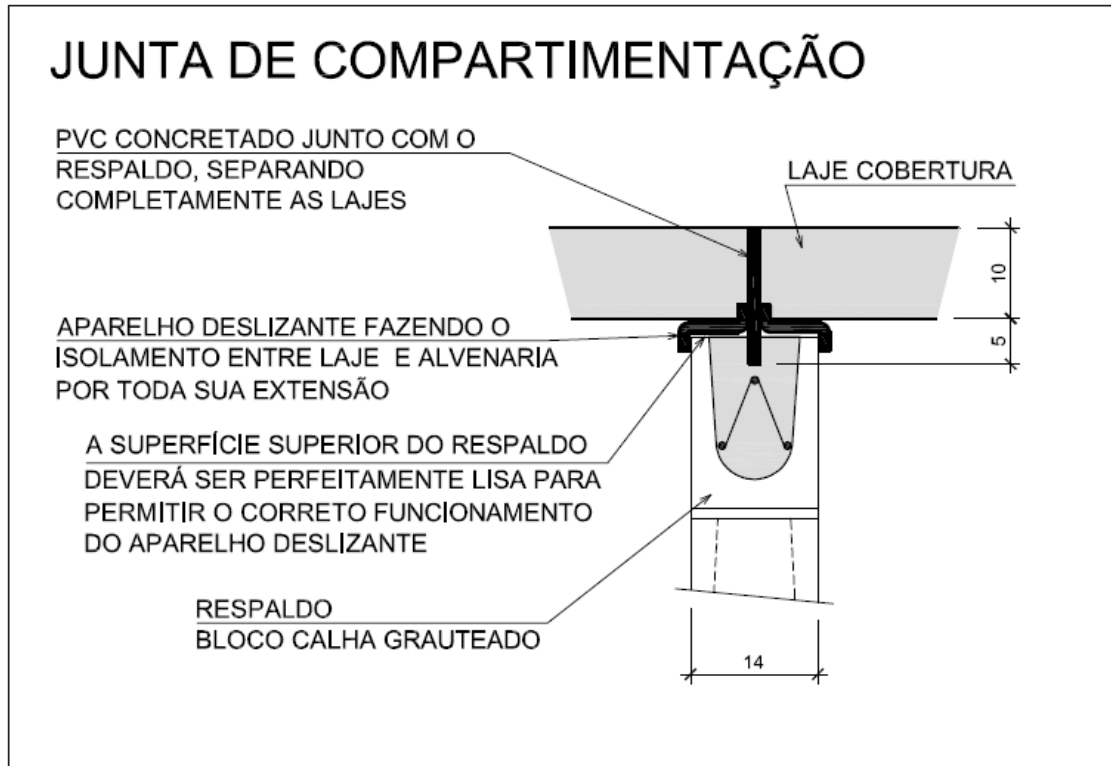


Figura 28 – detalhamento da junta de compartimentação da laje

Atualmente o que de fato tem se evidenciado quanto à fissuração devido à movimentação em lajes, ocorre, principalmente em lajes de cobertura. O fato de dessolidarizar-se as lajes das alvenarias em todos os pavimentos, conforme literatura, é apresentado como uma precaução, para o caso da necessidade de que a laje intermediária venha a ficar exposta a radiação solar por longo período, sendo este período, também relativo à temperatura incidente, a qual venha provocar significativa variação térmica da laje, como ocorre na cobertura.

No que se refere à compartimentação das lajes, o interessante, é que seja feito nas lajes intermediárias, utilizando-se a técnica, na qual, são feitos cortes superficiais após o início da pega do concreto, de modo que as possíveis fissuras que ocorrerão principalmente devido à movimentação higroscópica por retração da laje, sejam direcionadas para estes locais, tornando as consequências menores. Na laje de cobertura, a utilização de juntas físicas, são mais recomendadas, devido à maior incidência de movimentações térmicas por dilatação da laje.

4.6 OUTROS FATORES TÉRMICOS

Conforme o relato dos Engenheiros entrevistados, outro grande problema devido à movimentação térmica ocorre quando existe pouca linearidade na fachada da edificação. Para o Engenheiro F a geometria arquitetônica é um dos grandes fatores indutores de manifestações patológicas nas obras, principalmente, quando a edificação é muito exposta a variações térmicas. No caso das fachadas, muito expostas a radiação solar, as paredes paralelas a esta fachada tendem a dilatar e gerar momentos na alvenaria transversal, conforme mostra a figura 29.

Esse tipo de problema pode ser controlado através de duas estratégias possíveis, liberando-se a movimentação, com a utilização de juntas de trabalho ou movimentação, ou restringindo-se a movimentação, com o auxílio de armaduras horizontais na alvenaria e uso mais severo do graute. O Engenheiro B alerta que existe um limite para a viabilidade técnica desta estratégia, no fato de se colocar restrições para que a estrutura não se deformar deve ser estudado caso a caso, pois dependerá do tamanho da alvenaria, da posição solar da parede, do seu revestimento, enfim, uma série de fatores a serem verificados. Segundo ele, dependendo do tamanho, comprimento da parede, está restrição deverá ser tal que não cause tensão, a qual irá gerar uma fissura interna, sendo então necessária uma restrição muito grande, para este caso a melhor opção seria a liberação do movimento com a utilização das juntas.

De acordo com a NBR 10837 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000), sempre que a deformação por efeito da variação da temperatura puder comprometer a integridade do conjunto, recomenda-se o uso de juntas de dilatação:

- a) em edifícios, a cada 20 m da estrutura em planta;
- b) com a finalidade de se evitarem fissuras, devido à variação brusca de esforços verticais.

Já para a NBR 15812-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), devem ser previstas juntas de dilatação no máximo a cada 24 m da edificação em planta, e acrescenta que esse limite poderá ser alterado desde que se faça uma avaliação mais precisa dos efeitos da variação de temperatura e expansão sobre a estrutura, incluindo a eventual

presença de armaduras adequadamente alojadas em juntas de assentamento horizontais. No Projeto de norma para Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto, o que se refere às juntas de dilatação, está em conformidade com a NBR 15812-1, diferindo apenas quanto à característica do bloco de concreto de retrair-se ao invés de expandir-se.

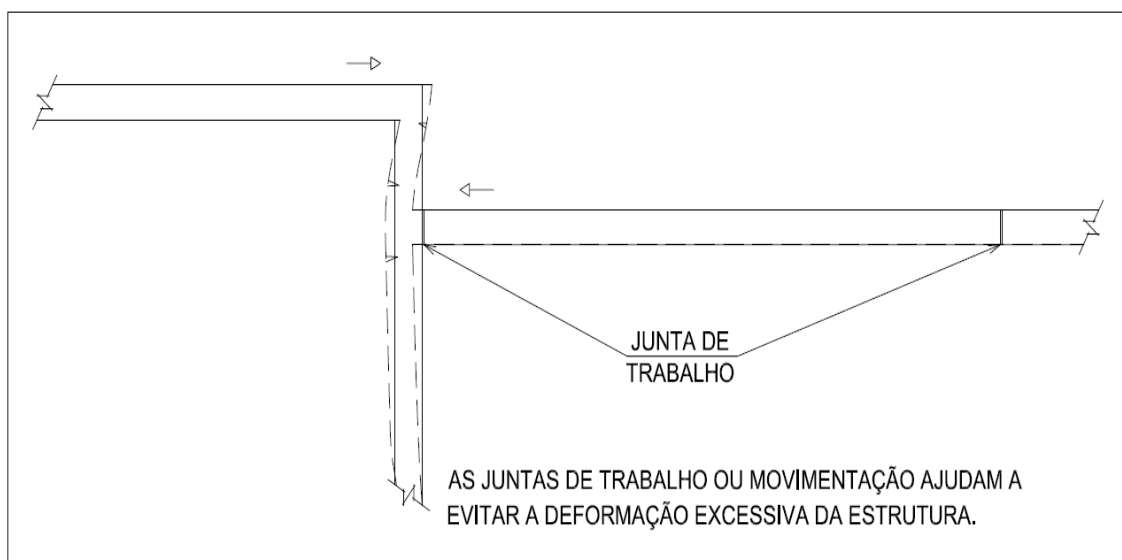


Figura 29 – croqui conforme explicação do Engenheiro E

Conforme o Engenheiro D, as juntas de trabalho, também conhecidas como juntas de controle ou junta de movimentação, são criadas para combater a dilatação excessiva em paredes longas, e para diminuir os problemas no encontro entre dois elementos de espessuras diferentes ou perpendiculares, a fim de evitar possíveis fissuras. De acordo com ele deve-se usar utilizar juntas de trabalho sempre que houver mudança de direção ou na espessura da parede, ou quando a parede for muito longa, de maneira a evitar as fissuras ou destacamentos gerados por movimentações higrotérmica. Um detalhamento de junta de trabalho é apresentado na figura 30.

As juntas de trabalho devem necessariamente ser preenchidas com material não rígido, isto porque, existe a possibilidade da ocorrência de imperfeições na argamassa ou até mesmo pela interpenetração de algum material alheio a alvenaria. A ocorrência disto irá gerar cargas pontuais, ou seja, tensões horizontais acumuladas. Um material muito utilizado para esta finalidade é o EPS simples, embora não seja um material elástico, ele permite que as deformações da alvenaria ocorram, impedem que corpos estranhos ocupem o espaço da junta

durante a execução e mantém a espessura de rejunte de um centímetro, conforme apresentado na figura 31. Além disso, conforme o Engenheiro C, outros artifícios arquitetônicos podem ser criados como, por exemplo, portas de sacada ou portas-janelas, elementos que devido a sua dimensão vertical, proporcionam uma divisão dos panos de alvenaria, funcionando, dessa forma, como juntas de trabalho.

O Engenheiro F faz a seguinte diferenciação entre juntas de trabalho e juntas de dilatação:

- a) junta de trabalho ocorre somente no pano de alvenaria, sem influenciar nas lajes;
- b) as juntas de dilatação separam completamente a estrutura, tornando o prédio equivalente a duas estruturas justapostas.

Então, juntas de trabalho isolam panos de alvenaria, são descontínuos nos respaldos e lajes, diferente das juntas de dilatação que isolam a estrutura como um todo, dividindo literalmente a edificação em duas, dependendo do comprimento em planta. Para ambos os casos é necessário que seja feito um acabamento com material isolante flexível, não sendo possível a utilização de revestimento rígido, argamassa, diretamente sobre a junta.

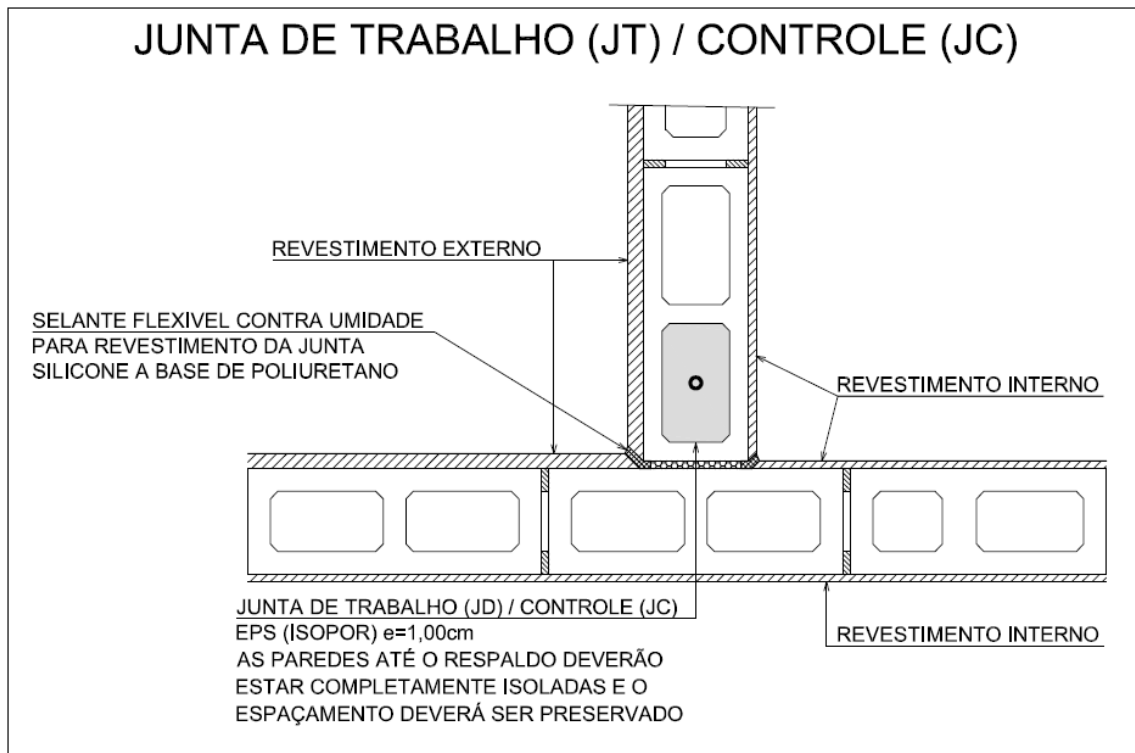


Figura 30 – detalhe típico de junta de trabalho

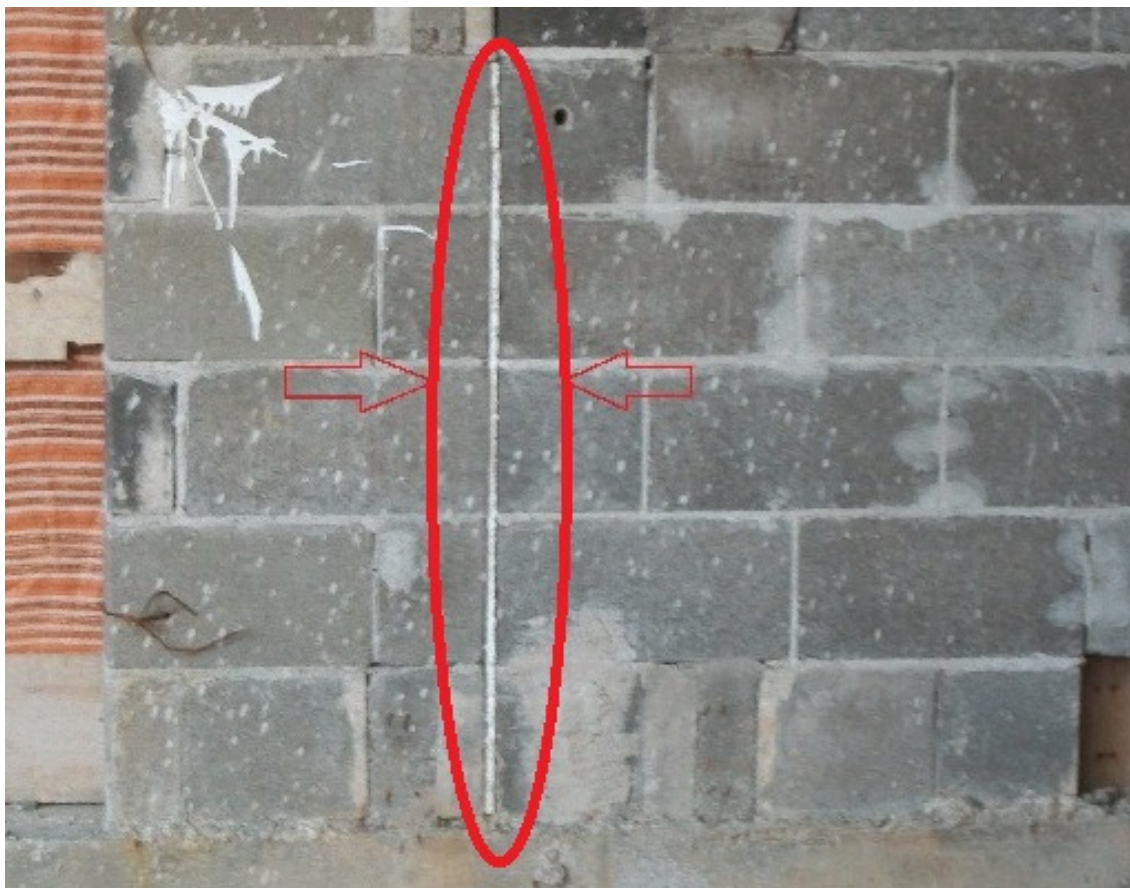


Figura 31 – junta de trabalho entre panos de alvenaria

Conforme a NBR 08798 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985) juntas de controle são usualmente verticais e interrompidas, criadas nos painéis de alvenaria e seccionando todos os elementos e juntas de dilatação são usualmente verticais e contínuas, seccionando todos os componentes estruturais, isolando trechos da construção.

O Engenheiro C acrescenta que as juntas de dilatação são frequentemente utilizadas em obras de alvenaria estrutural. De acordo com ele utilizam-se estas juntas de acordo com os seguintes critérios:

- a) edificações com até 20 m de comprimento em planta, não é necessário;
- b) edificações com comprimento entre 20 e 25 m, deve se estudar caso a caso;
- c) edificações com mais de 25 m de comprimento em planta, é imprescindível o uso de junta de dilatação.

O mesmo engenheiro explica que para panos de parede com mais de 25 metros de comprimento, a possibilidade de fissuras devido a movimentações térmicas é muito grande. Ele ainda afirma que não se consegue eliminar movimentações térmicas da estrutura, o que se pode fazer é programar onde a fissura deve surgir, para isso existem as juntas. As figuras 32 e 33, mostram o detalhamento das juntas de dilatação em planta e em corte da laje, respectivamente.

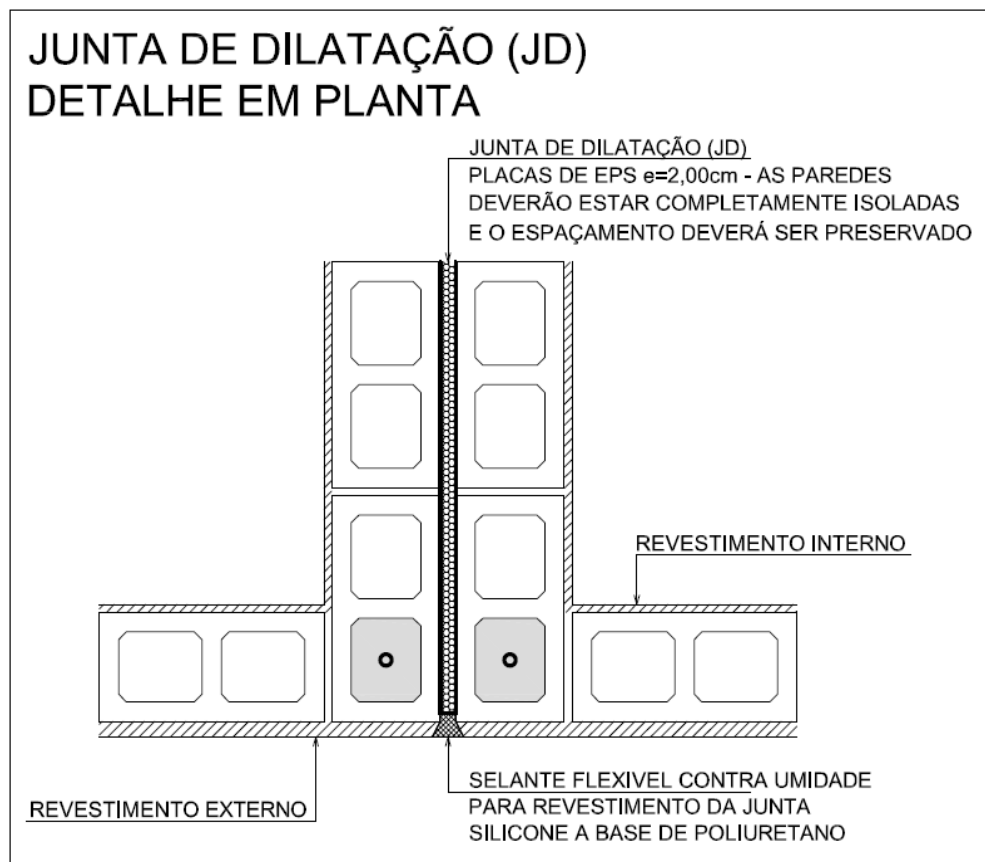


Figura 32 – detalhe junta de dilatação em planta

O critério utilizado pelo Engenheiro C, no qual o uso das juntas de dilatação é feito em três faixas: até 20m, entre 20 e 25m e acima de 25m, pode ser considerado correto. Pois, as dimensões vem ao encontro da NBR 15812-1 e também ao projeto da norma para Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto – Projetos, onde ocorre certa unificação da dimensão máxima para a não utilização de junta de dilatação, ou seja, ambas indicam como distância máxima o uso de juntas de dilatação a cada 24m da edificação em planta, podendo, porém, ser ampliado conforme critérios indicados em norma, mencionado anteriormente.

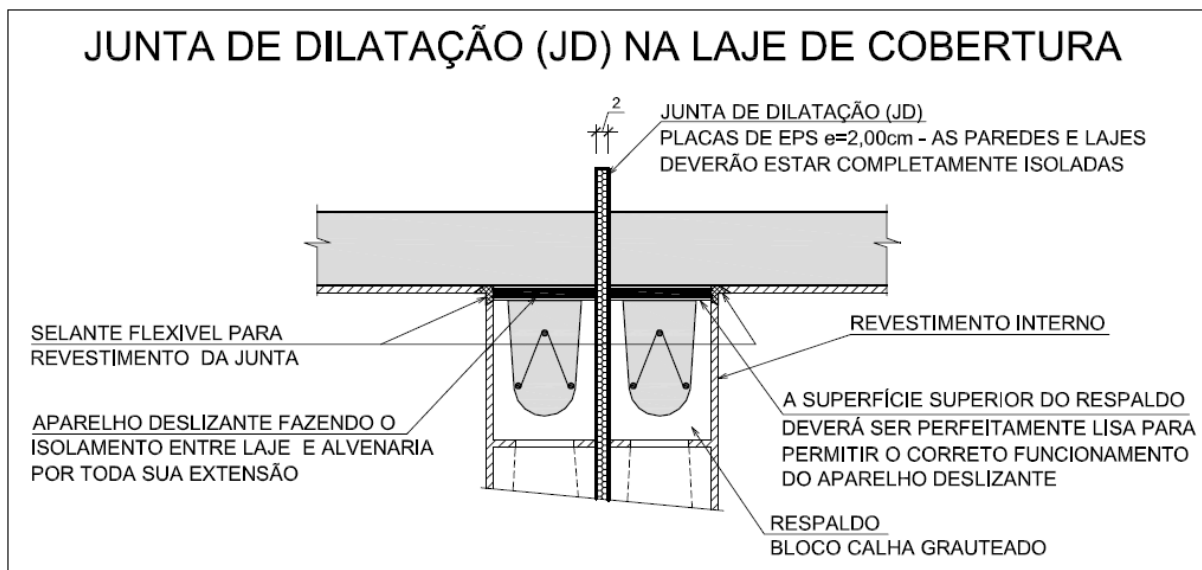


Figura 33 – detalhe junta de dilatação na laje

4.7 AS ABERTURAS

Um grande foco de manifestações patológicas na alvenaria estrutural são as esquadrias, principalmente janelas. A falta de cuidado na execução de contravergas de janelas e peitoris, seja por trespasse incorreto das armaduras, seja por erro durante a concretagem das canaletas, são corriqueiras nas construções em alvenaria estrutural. Esse tipo de falha executiva resultará em possíveis movimentações por sobrecarga na estrutura, devido, principalmente, a tensões de cisalhamento, as quais irão gerar fissuras inclinadas nas extremidades das aberturas, como lembra o Engenheiro B.

A figura 34 apresenta uma contraverga com a armadura do tipo treliça antes e após a concretagem. O Engenheiro F ressalta que novas técnicas, em substituição das vergas e contravergas, estão surgindo, como é o caso da tela eletrosoldada Murfor, figura 35, uma espécie de treliça plana a qual é distribuída dentro da argamassa por todo o comprimento do pano de alvenaria. Segundo ele, esta treliça plana previne as fissuras causadas por concentração de tensões ao redor de portas e janelas e a tendência é que as vergas e contravergas deixem de ser usadas, com a inclusão deste tipo de solução.

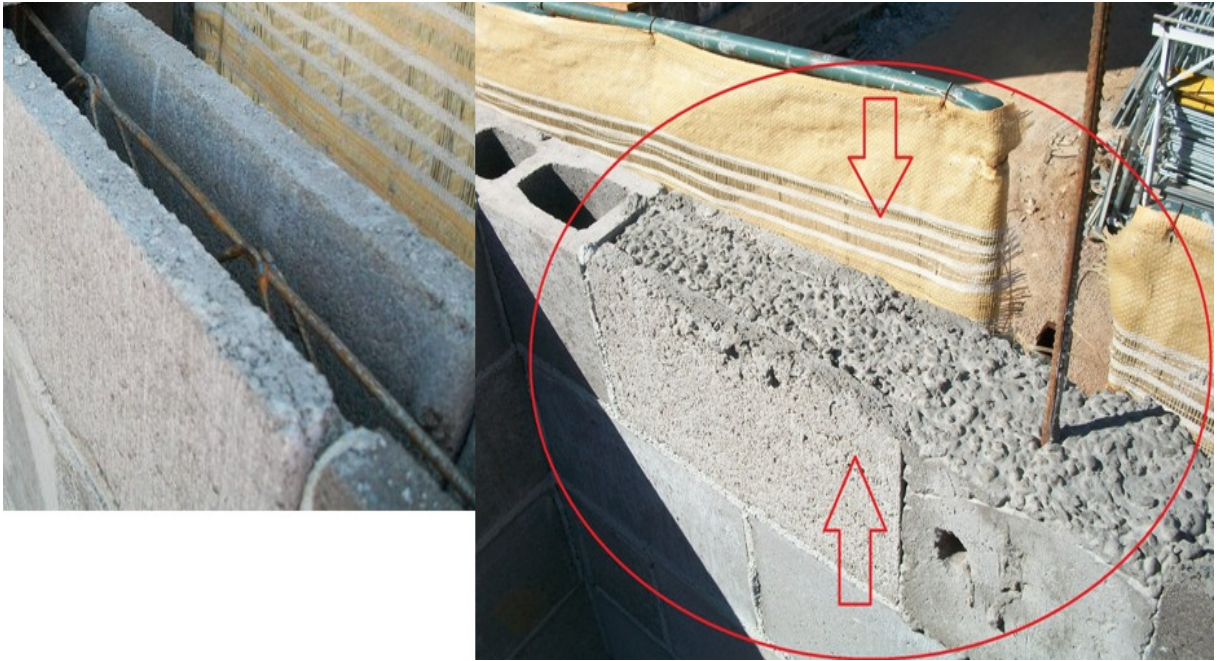


Figura 34 – contraverga (antes e após concretagem)



Figura 35 – tela Murfor (treliça plana)

4.8 CONSIDERAÇÕES DOS ENTREVISTADOS

Manifestações patológicas de origem térmica e higroscópica são apontadas pelos Engenheiros como sendo mais de 95% dos problemas neste tipo de sistema construtivo. Alguns dos entrevistados são mais criteriosos, e afirmam que as manifestações patológicas devido a movimentações higroscópicas são quase que exclusivamente devido à falta de cuidados na execução da alvenaria. Porém, alguns estudos recentes apontam o mau detalhamento de projetos como grande causador de manifestações patológicas.

O Engenheiro F indica a introdução de cultura no canteiro de obra como um dos melhores meios de prevenção de manifestações patológicas. Ele afirma que quando o operário aprende o porquê ele deve fazer uma tarefa de determinado modo, esta aquisição de conhecimento o deixa feliz e desta forma ele irá responder positivamente em seu trabalho.

Alheio a isso, os entrevistados apontam que muitas manifestações patológicas podem ser evitadas através de estudos prévios à elaboração do projeto estrutural, pois, segundo o Engenheiro F, o projeto estrutural inicia com a análise conceitual da arquitetura. Porém, este fator é mais significativo conforme a experiência do profissional, ainda que a literatura aponte uma série de condições propícias ao aparecimento de manifestações patológicas. O Engenheiro A afirma que somente com a elaboração de pesquisas, as quais possam medir o grau de eficiência das várias opções de prevenção desses problemas, se poderão reduzir, de forma significativa, as manifestações patológicas em alvenaria estrutural de blocos.

A alvenaria estrutural, talvez seja um dos grandes pilares da construção civil atualmente, principalmente devido ao investimento por programas habitacionais do governo. Tais investimentos estão impulsionando construtoras a ingressar nesse sistema construtivo, porém, segundo os Engenheiros entrevistados, alguns fatores devem ser ponderados por essas empresas, como: fatores técnicos e econômicos. Quanto aos fatores técnicos, deve ser estudada, a arquitetura, se é ideal ao sistema construtivo, pois grandes vãos, e grandes possibilidades de alteração de leiautes, podem inviabilizar projetos. Quanto a fatores econômicos, o principal fato, deve-se a necessidade de um maior investimento inicial por tratar-se de obras de rápida execução e lembrando que, interrupções da construção, podem

gerar diversos problemas, como fissuras devido à retração de blocos ou dilatação excessiva de lajes intermediárias, além de outras tantas que podem surgir pela exposição prolongada dos materiais a intempéries.

Os entrevistados apontam problemas nas normas, principalmente devido ao fato de não mencionar as juntas horizontais deslizantes, elemento considerado por todos como primordial para prevenção de fissuras na alvenaria do último pavimento. Talvez o fato da necessidade desse aparelho deslizante ser necessário em regiões onde a oscilação térmica seja maior inibiu sua inclusão na norma, porém este motivo poderia ser minimizado com a inclusão de notas referentes ao uso desse dispositivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como escopo o estudo das manifestações patológicas devido às movimentações estruturais por variação térmica, sobrecarga de compressão e expansão por umidade nas edificações em alvenaria estrutural de blocos, visando os dispositivos de prevenção utilizados na região estudada. O seu objetivo principal foi a apresentação dos principais dispositivos utilizados para prevenção de manifestações patológicas provenientes de movimentos estruturais em construções de alvenaria estrutural na Região Metropolitana de Porto Alegre.

Também foram definidos dois objetivos secundários, descrever os principais tipos de movimentações estruturais em construções de alvenaria estrutural e descrever as principais manifestações patológicas provenientes de movimentações estruturais em construções de alvenaria estrutural. O método proposto consistiu na utilização de bibliografias e entrevistas com Engenheiros de reconhecida experiência na área e atuantes na Região Metropolitana de Porto Alegre.

Na opinião dos especialistas, a maioria das manifestações patológicas originam-se, principalmente por dois tipos de movimentações diferenciais, as de origem térmica e as de origem higroscópicas, muitas vezes ocorrendo simultaneamente, as quais são as chamadas movimentações higrotérmicas. Estas movimentações ocorrem principalmente no envelope da edificação, ou seja, nas paredes externas e laje de cobertura, as quais estão mais expostas a intempéries do sol e da chuva conforme já afirmava Duarte (1998).

Apontada por muitos como um grande vilão, a grande demanda atual por mão de obra tem preocupado muito os Engenheiros. Devido à falta de qualificação muitos operários estão aprendendo o ofício no canteiro de obra, e isso pode vir a ser crucial no surgimento de manifestações patológicas das atuais edificações, mas, por outro lado, a cultura que está sendo implantada, irá criar melhores profissionais para o futuro. Contudo a falta de fiscalização por parte dos Engenheiros de obra é uma fator muito mais preocupante. É claro que por se tratar de um tipo de construção em alta no mercado e o elevado crescimento do número de edificações utilizando esse sistema construtivo, estarem exigindo um número grande de

Engenheiros Civis capacitados. Ocorre que, esta capacitação de Engenheiros, está defasada em comparação à necessidade das empresas por esses profissionais. Assim sendo, profissionais com bom conhecimento em alvenaria estrutural, mas não familiarizados com os detalhes construtivos do sistema, acabam ficando dependentes de mestres de obra e pedreiros na realização desses detalhes, o que de nenhuma forma é o que se espera de um Engenheiro Civil.

Outro fator que pode vir a prejudicar as atuais construções é a escassez atual de materiais, devido ao excessivo consumo, dando, dessa forma, espaço para improvisações e soluções emergenciais, os quais são impróprios à alvenaria estrutural. A NBR 15812-2 e o projeto de norma para execução de alvenaria estrutural de blocos de concreto vem aumentar o rigor com o controle tecnológico, diminuindo assim tal problema.

De uma forma geral os profissionais entrevistados apresentam uma grande semelhança nas soluções empregadas para a prevenção das manifestações patológicas, principalmente quando apontadas soluções para os problemas não abordados pelas normas, como é o caso da grande ocorrência de fissuras devido a movimentações na laje de cobertura. Entende-se que há certa tendência, mesmo que inconsciente, por parte dos entrevistados, por se tratarem de projetistas e pesquisadores, em apontarem a mão de obra, no qual os Engenheiros executores são responsáveis, como principais causadores das manifestações, no entanto, muitas fissuras continuam ocorrendo, e muitos fatores podem ser responsáveis.

Sem intuito de apontar os responsáveis pelas manifestações patológicas que ocorrem a todo o momento, entende-se que a grande demanda de materiais e mão de obra, seja um problema sazonal, o qual deve ser sanado em breve. A ampliação das empresas fornecedoras e o surgimento de novas, assim como o constante treinamento e qualificação de mão de obra, irão tornar o sistema construtivo em alvenaria estrutural, tão comum quanto à construção em concreto armado. Dessa forma, o futuro das edificações em alvenaria estrutural será de muito mais qualidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-08798**: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR-10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR-15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: projetos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR-15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: execução. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Projeto de Norma 02:123.04-015-1**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: projetos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Projeto de Norma 02:123.04-015-2**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: execução. Rio de Janeiro, 2010.

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural**: uma análise da relação de causa e efeito. 2008. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/17357>>. Acesso em: 7 out. 2009.

BASSO, A.; RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. Fissuras em paredes de alvenaria estrutural sob lajes de cobertura de edifícios. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES, 4.; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6., 1997, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CPGEC, UFRGS, 1997. p. 367-374.

BAUER, R. J. F. Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. **Revista Prisma**: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural, São Paulo, v. 5, p. 33-38. Disponível em: <http://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5_Prisma_20.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2009.

BUSSAB, S.; CURY, F. J. Arquitetura. In: TAUIL, C. A. (Coord.). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI/PROJETO, 1990. p. 17-42.

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

LOTURCO, B. Fissuras no último pavimento. **Téchne**, São Paulo, PINI, n. 99, p. 32-35, jun 2005.

PARSEKIAN, A. P.; DEANA, D. F.; BARBOSA, K. C.; INFORSATO, T. B. Retração em alvenaria estrutural. **Téchne**, São Paulo, PINI, n. 119, p. 52-55, fev 2007.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda**: uma análise de confiabilidade e da conformidade. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/12146>>. Acesso em: 16 set. 2009.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria estrutural**: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico. Brasília: Caixa Econômica Federal, mar. 2003. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/inovacoestecnologicas/manualvest/ALVENARIA_ESTRUTURAL.pdf>. Acesso em: 30 set. 2009.

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

_____. Manifestações patológicas. In: TAUIL, C. A. (Coord.). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI/PROJETO, 1990. p. 97-117.

VERÇOZA, E. J. **Impermeabilização na Construção**. Porto Alegre: SAGRA, 1987.

_____. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre: SAGRA, 1991.

APÊNDICE A – Estrutura das Entrevistas

Qual sua experiência com alvenaria estrutural de blocos de concreto ou cerâmico?

Quais as principais características que diferenciam a alvenaria estrutural com blocos de concreto da de blocos cerâmicos?

A escolha dos componentes (bloco cerâmico ou bloco concreto) pode levar a mais ou menos movimentação da estrutura?

As empresas possuem preferência por uso de blocos cerâmico ou concreto? Qual e por quê?

Qual o perfil de empresas que tem adotado o uso da alvenaria estrutural com blocos de concreto? E cerâmico?

É feito algum estudo prévio a elaboração do projeto estrutural para evitar movimentos da estrutura?

Existe algum limite de pavimentos para um prédio executado em alvenaria estrutural?

Qual seria o número de pavimentos ideal para uma obra em alvenaria estrutural? Por quê?

Quais as principais manifestações patológicas encontradas nas obras com alvenaria estrutural?

A que se devem estas manifestações patológicas?

O que tem sido feito para prevenir estas manifestações patológicas?

Atualmente, qual a principal dificuldade do sistema construtivo de alvenaria estrutural?

Em que estas dificuldades podem influenciar no surgimento de movimentações futuras da estrutura?

Os profissionais que estão atuando no mercado da construção civil têm qualificação adequada para trabalhar com alvenaria estrutural?

Quais as melhores técnicas de logística interna em edificações que têm sido utilizadas na Alvenaria Estrutural de blocos?

Quais as técnicas construtivas que devem ser usadas em combinação com os blocos para melhorar os resultados, há alguma diferenciação para blocos de concreto ou blocos cerâmicos?

Quais os principais fatores que uma empresa deve ponderar antes de definir se vão utilizar alvenaria estrutural com blocos?

Cite algumas considerações que devem ser levados em consideração na elaboração do projeto para reduzir a ocorrência de movimentos?

Cite algumas práticas na execução que você considera prioritárias para eliminar os movimentos nas estruturas?

Existem procedimentos normalizados para o controle dos tipos de movimentos mais comuns de serem encontrados nas obras da região? Quais?