

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

KASSIANA KAMILA PAGNONCELLI REFATI

**INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE ALVENARIA EM BLOCOS
ESTRUTURAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

KASSIANA KAMILA PAGNONCELLI REFATI

INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE ALVENARIA EM BLOCOS ESTRUTURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Civil do Departamento de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Carrazedo.

PATO BRANCO

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE ALVENARIA EM BLOCOS ESTRUTURAIS

KASSIANA KAMILA PAGNONCELLI REFATI

Aos 14 dias do mês de março do ano de 2013, às 08:15 horas, na sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 06-TCC/2013.

Orientadora: Prof^a. Dr. ROGÉRIO CARRAZEDO (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. RODOLFO ANDRÉ KUCHE SANCHES (COECI/UTFPR-PB)

Aos que torceram por esse dia.

AGRADECIMENTOS

Junto a etapas complicadas, que nos tiram a calma, percebemos a importância que algumas pessoas assumem, seja pela ajuda ou mesmo pelo apoio, assim deixo aqui os meus sinceros agradecimentos, por terem feito parte dessa importante etapa de minha vida.

Ao profº Dr. Rogério Carrazedo, pela orientação, paciência e dedicação.

Aos professores membros da banca avaliadora, profº Dr. Gustavo Lacerda Dias e Profº Dr. Rodolfo André Kuche Sanches, assim como a profª Elizangela Marcelo Siliprandi por colaborar com importantes considerações.

A meus queridos sogros, Iara e Alberto, pelo apoio e condições físicas proporcionadas.

A meus pais, Ivete e Adir, e meus irmãos, Gabriel e Emanuel, pelo apoio e pela educação. A dedicação e os valores que sempre cultivaram em mim tiveram grande influência para que hoje, essa etapa fosse concluída.

E, por fim, agradeço a Miguel Aguirre Cardoso, que mais uma vez me mostrou o sinônimo de companheirismo com a sua incondicional ajuda. Pelo carinho, compreensão, paciência, e por tantas outras contribuições, sou grata a ti.

RESUMO

REFATI, Kassiana Kamila Pagnoncelli. **Inspeção em Estruturas de Alvenaria em blocos estruturais**. 2013. 93f. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Este trabalho apresenta uma investigação teórica sobre a configuração das manifestações patológicas em construções de alvenaria estrutural. Sob maior enfoque, ressalta-se as patologias inerentes à alvenaria estrutural. Estudam-se as causas que geram os problemas nas estruturas em alvenaria e as consequências que o aparecimento de cada patologia traz para a estrutura. São analisadas as técnicas usualmente empregadas para o tratamento dessas anomalias, abordando a problemática envolvida no diagnóstico e na definição da melhor técnica a ser utilizada como tratamento. Por fim, de acordo com os objetivos fixados no trabalho, elabora-se um quadro, como alternativa para facilitar o reconhecimento, diagnóstico e tipo de intervenção recomendada para cada manifestação patológica.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Patologias. Diagnóstico. Tratamentos Usuais.

ABSTRACT

REFATI, Kassiana Kamila Pagnoncelli. **Inspection of Masonry Structures in structural blocks**. 2013. 93f. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

This paper presents a theoretical investigation about the configuration of the pathological manifestations in structural masonry buildings. Under more focus, it emphasizes the inherent pathologies to structural masonry. The causes that generate problems in masonry structures and the consequences that the appearances of pathologies bring to the structure are studied. It also analyzes the normally used techniques in the treatment of these anomalies. The issues involved in the diagnosis and definition of the best technique to be used as therapy are briefly discussed. Finally, in accordance with the objectives set in the paper, a board is built as an alternative to facilitate the recognition, diagnosis and kind of intervention recommended for each pathological manifestations.

Keywords: Structural Masonry. Pathologies. Diagnosis. Usual Treatments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Edifício Monadnock Building, em Chicago - EUA.....	18
Figura 2 – Edificação em Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto	19
Figura 3 – Detalhe dos Componentes da Alvenaria Estrutural.....	19
Figura 4 – Tipos de Blocos para Alvenaria Estrutural	20
Figura 5 – Grauteamento de elemento estrutural.....	21
Figura 6 – Representação dos 5M's.....	23
Figura 7 – Recomendação de locais para juntas de Movimentação	24
Figura 8 – Blocos canaleta e armadura para concretagem de verga e contraverga .	25
Figura 9 – Detalhes na modulação do encontro entre paredes.....	26
Figura 10 – Variação do Fator de Eficiência com o aumento da Resistência dos Blocos	27
Figura 11 – Aspecto típico do deslocamento da argamassa de cal no revestimento	30
Figura 12 – Perda de aderência no revestimento da parede	31
Figura 13 – Configuração de fissuras mapeadas	31
Figura 14 – Bolor devido à umidade.....	32
Figura 15 – Fissuração horizontal na base da alvenaria por movimentações higroscópicas diferenciadas	33
Figura 16 - Fissuras provocadas pela expansão da argamassa de assentamento...	34
Figura 17 – Distribuição das Tensões Verticais e Horizontais nos Materiais.	35
Figura 18 – Resistência à compressão dos elementos e do prisma	36
Figura 19 – Fissura escalonada	37
Figura 20 – Fissura Vertical devido à resistência inferior dos blocos	39
Figura 21 – Configuração das fissuras originadas pelo carregamento excessivo de compressão.....	40
Figura 22 – Tipologia da fissuração originada pela sobrecarga localizada	41
Figura 23 – Concentração de tensões sob abertura	41
Figura 24 – Restrições à retração: intertravamento por painéis.....	43
Figura 25 – Restrições à retração: intertravamento pela laje inferior.	43
Figura 26 – Distribuição de Tensão de tração sobre porta.....	44
Figura 27 – Distribuição de Tensão de tração no entorno da janela	44
Figura 28 – Fissuras oriundas da concentração de tensão no entorno dos vãos.....	45
Figura 29 – Recalque produzido por movimentação das fundações.....	46

Figura 30 – Ascensão das fissuras de recalque pelos pavimentos.....	46
Figura 31 – Diversos tipos de fissuras causadas por recalques.....	47
Figura 32 – Aspecto provável das fissuras de recalque em painéis sem abertura....	48
Figura 33 – Aspecto provável das fissuras de recalque em painéis com abertura....	48
Figura 34 – Fissuração Horizontal oriunda da expansão das lajes	49
Figura 35 – Fissura horizontal causada pela movimentação da laje de cobertura....	50
Figura 36 – Movimentação térmica da laje.....	50
Figura 37 – Fissuras diagonais originadas pela movimentação da laje no encontro de paredes	51
Figura 38 – Fissuras em paredes paralelas ao sentido da deformação predominante da laje.....	51
Figura 39 – Fissura vertical oriunda das tensões de tração horizontal geradas pela movimentação da laje	52
Figura 40 – Modos de Falha da Alvenaria Estrutural	55
Figura 41 – Falta de detalhamento pode levar ao imprevisto na execução	57
Figura 42 – Detalhamento geral que deve constar em projeto.....	58
Figura 43 – Exemplo dos detalhes de um projeto de paginação.....	59
Figura 44 – Detalhe da amarração entre paredes por meio de grampos em aço	59
Figura 45 – Descuido na execução	60
Figura 46 – Variação na espessura das juntas	61
Figura 47 – Tipos de juntas de movimentação.....	64
Figura 48 – Comparação entre juntas de dilatação e de controle	65
Figura 49 – Função da Juntas de Controle	65
Figura 50 – Junta de controle no encontro de paredes	66
Figura 51 – Junta de trabalho entre panos de alvenaria	66
Figura 52 – Junta de Dilatação - Laje de Cobertura (Detalhe em planta)	67
Figura 53 – Juntas horizontais de desvinculação da laje com as paredes de alvenaria	68
Figura 54 – Análise das tensões em paredes de alvenaria sujeitas a recalques	69
Figura 55 – Utilização de telas de aço para reforço da alvenaria.....	71
Figura 56 – Jateamento da argamassa sobre as telas metálicas.....	72
Figura 57 – Injeção de Graute nas paredes de alvenaria estrutural.....	73
Figura 58 – Reforço de alvenaria com tirante de aço.....	74
Figura 59 – Contraventamento de parede de alvenaria	76

Figura 60 – Aplicação de compósitos em barras com rasgos na vertical	77
Figura 61 – Aplicação de compósitos em barras com rasgos na horizontal.....	78
Figura 62 – Barras de FRP posicionadas junto a base da alvenaria.....	78
Figura 63 - Soluções em laje de último pavimento com platibanda.....	79
Figura 64 - Opções de Juntas deslizantes sob laje de cobertura.....	80
Figura 65 – Exemplo de Proteção Térmica sobre a laje de Cobertura.....	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
2	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	17
2.1	BREVE HISTÓRICO	17
2.2	CARACTERÍSTICAS.....	18
2.3	INTRODUÇÃO ÀS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	27
2.3.1	Fissuras e Trincas	27
2.4	PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL	28
2.4.1	Manifestações Patológicas em Revestimentos	29
2.4.2	Problemas relacionados à movimentação de água na estrutura	32
2.4.3	Patologias na Argamassa de Assentamento	33
2.4.4	Painel de Alvenaria.....	34
2.4.4.1	Heterogeneidade do Painel.....	34
2.4.4.2	Carregamento Excessivo de Compressão	39
2.4.5	Retração em Paredes.....	42
2.4.6	Influência de vãos abertos na manifestação de patologias	43
2.4.7	Efeitos externos: Recalque diferencial.....	45
2.4.8	Expansão das lajes.....	49
3	AGENTES PATOLÓGICOS E TRATAMENTO.....	53
3.1	IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES PATOLÓGICOS.....	54
3.1.1	Projeto	54
3.1.2	Execução.....	60

3.1.3	Materiais	62
3.1.4	Movimentação da Estrutura.....	63
3.2	TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO OU SOLUÇÕES	69
3.2.1	Argamassa Armada e Reboco Armado	70
3.2.2	Substituição de Elementos Degradados e Fechamento de Juntas	72
3.2.3	Injeção de Graute ou Resina Epóxi Expansiva.....	73
3.2.4	Protensão ou atirantamento	74
3.2.5	Adição de elementos em aço (vigas ou colunas).....	75
3.2.6	Reforço com materiais compósitos FRP.....	76
3.2.7	Outras Soluções	78
4	QUADRO DE PATOLOGIAS, DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO	82
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
	REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a economia mundial vem passando por uma rápida transformação. No setor da construção civil, os diferenciais competitivos das empresas, que se baseavam apenas em fatores quantitativos, hoje se mostram insatisfatórios. Com o crescimento do setor tornou-se necessária uma nova abordagem, baseada na associação de valores qualitativos e quantitativos, como poder econômico e disponibilidade de recursos. A partir dessa nova abordagem, a imagem e reputação das empresas são refletidas no produto ofertado, assim como nos seus valores, visão e missão (INSTITUTO UNIEMP, 2006).

Associada a essa nova mentalidade, a empresa precisa se adaptar às rápidas dinâmicas do mercado contemporâneo. Além de qualidade nas atividades desempenhadas, a empresa, no atual contexto, busca acima de tudo lucratividade, através da adoção de processos que envolvam a racionalização do tempo, materiais, serviços e mão-de-obra (INSTITUTO UNIEMP, 2006).

Dessa forma é imprescindível que haja a inovação das técnicas construtivas, seja pelo incremento de melhorias nas técnicas já utilizadas ou pela busca por novas, possibilitando que as empresas consigam se estabelecer e se fortalecer nesse novo cenário.

Os dados apontados pelo IBGE através do PNAD – Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios – indicam que em 2009 o déficit habitacional estava em aproximadamente 5,8 milhões de moradias. A partir da demanda habitacional existente, aliada a busca por métodos que proporcionem maior racionalização dos insumos, surge o desafio de elaborar uma solução que cumpra com as exigências do mercado da construção civil (ZAIDAN, 2010).

A alvenaria estrutural proporciona como grande vantagem a possibilidade de incorporar os conceitos de racionalização, produtividade e qualidade. Como resultado, a utilização correta da técnica apresenta construções com bom desempenho tecnológico e custo reduzido em relação às estruturas usuais.

Apesar de ser uma técnica antiga, a alvenaria estrutural tem passado por grandes avanços nos últimos anos. As paredes que antes se caracterizavam por serem espessas e de baixo módulo de deformação, impondo à estrutura barreiras devido a grande massa e a baixa tensão suportada, evoluíram para lâminas mais

delgadas, leves e econômicas, com módulo de deformação que permite sofrer movimentações sem causar danos à estrutura (DUARTE, 1998 apud RICHTER, MASUERO e FORMOSO, 2010, p. 2).

Entretanto, tem-se observado que grande parte das obras de engenharia civil, em determinada parte de sua vida útil têm apresentado problemas patológicos. Esses problemas podem ser oriundos da utilização incorreta das construções ou de falhas desenvolvidas ao longo de concepção do produto, seja em projeto ou na execução, impossibilitando a estrutura de desempenhar as funções às quais foi projetada.

A manifestação de defeitos nas construções também pode ocorrer por falta de manutenção, pela execução de forma inadequada, ou ainda pela utilização de materiais inadequados e/ou de baixa qualidade durante a execução. Esses fatores diminuem a vida útil das construções e favorecem o aparecimento de anomalias.

Diante dessa realidade, a utilização de técnicas racionais como forma de obter economia pode tornar-se um mito, reduzindo a probabilidade de se obter ganhos com a adoção da alvenaria estrutural (ROMAN et al., 2007).

Dessa forma, a inspeção, a avaliação e o diagnóstico correto das patologias de estruturas são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, visando adotar as ações adequadas de manutenções e prevenção, evitando que problemas aconteçam ou se repitam, proporcionando soluções viáveis que garantam que as estruturas cumpram efetivamente com suas funções (GRANATO, 2002).

Nesse contexto, a avaliação da configuração atual de estruturas de alvenaria é sugerida, bem como a identificação das principais patologias encontradas nessas estruturas e a análise dos motivos de falha que levam ao aparecimento desses defeitos.

O desafio deste trabalho consistiu-se em reconhecer os problemas que usualmente afetam alvenarias estruturais e suas características, assim como os sintomas gerados e as consequências que essas manifestações patológicas trazem para as estruturas. A partir do diagnóstico desses problemas e dos fatores que os originam, é possível, de forma inclusiva, buscar soluções, medidas corretivas, ou mesmo métodos que possibilitem minimizar ou prevenir a ocorrência desses.

Com a finalidade de contribuir para um melhor entendimento sobre as manifestações patológicas que aparecem nas alvenarias estruturais, a estrutura da monografia foi dividida em 5 capítulos. O capítulo 2 apresenta o estado da arte do assunto, que descreve por meio de referências bibliográficas as patologias e suas características. O capítulo 3 contempla o estudo dos problemas que levam às manifestações patológicas, bem como os tratamentos usuais adotados para a extinção dessas anomalias. O quarto capítulo apresenta uma síntese dos capítulos anteriores, gerando como resultado, um quadro, que visa facilitar a compreensão do assunto. Por fim, o último capítulo faz as considerações finais quanto ao tema abordado.

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil se encontra aquecida, tanto com relação à demanda por novas construções quanto no aprimoramento técnico, com a evolução das técnicas construtivas e a busca por materiais alternativos.

Entretanto, mesmo com o desenvolvimento do setor, o que se percebe é que, mesmo técnicas particularmente antigas, como alvenarias de vedação e estruturais, continuam apresentando falhas que levam ao aparecimento de patologias. Isso representa um obstáculo para o progresso do setor, pois a presença de defeitos está intimamente ligada ao desempenho dos sistemas e respectivamente à qualidade da construção.

Atualmente uma das grandes preocupações que se tem é de produzir construções economicamente viáveis, de forma racional, que atinjam os melhores desempenhos quanto à função a que são destinadas e que ainda sejam duráveis. Entretanto percebe-se que frequentemente são necessários reforços e intervenções estruturais em construções e que ainda assim há relatos de colapso de estruturas.

A alvenaria estrutural pode ser suscetível ao colapso quando apresenta manifestações patológicas que comprometem o seu desempenho estrutural. O desconhecimento das patologias e de suas consequências pode levar a intervenções errôneas, favorecendo o reaparecimento das patologias, causando

retrabalhos e muitas vezes mascarando o problema que pode contribuir para agravar a situação da estrutura.

Alimentado por esses motivos e pelo crescimento da utilização da técnica na busca por métodos mais racionais, é imprescindível conhecer as consequências que essas patologias exercem nas estruturas de alvenaria. Além disso, observa-se a importância em identificar as origens das manifestações patológicas, conhecendo profundamente os sistemas construtivos, os materiais empregados e os modos de falha que levam ao aparecimento dessas anomalias.

A construção desse trabalho ostenta-se em apresentar uma caracterização das diversas anomalias que podem ser observadas em estruturas de alvenaria, contribuindo dessa forma para um conhecimento mais aprofundado de suas consequências. Busca-se obter um conhecimento das causas dessas manifestações, em que, por meio da adoção de ações preventivas adequadas, assim como formas corretas de tratamento, seja possível reduzir o número de falhas.

Nesse contexto, o desenvolvimento de estudos nessa área permite uma melhor compreensão do comportamento da estrutura, contribuindo para melhorar a durabilidade das construções, alcançar projetos de qualidade que retratam situações reais e compatíveis ao que lhes é solicitado, desempenhando suas funções, sem que haja interferência de problemas.

Apesar das inúmeras pesquisas sobre as patologias em alvenarias de vedação sem função estrutural, os estudos em alvenarias autoportantes ainda se mostram escassos e insuficientes, apresentando comumente estudos de caso pontuais, que focam em uma determinada anomalia. A proposta desse trabalho tem sua originalidade em levantar uma pesquisa que agregue diferentes anomalias, segundo diferentes bibliografias. Através do embasamento teórico obtido, é possível conhecer como a estrutura trabalha, podendo determinar mecanismos de dissipação das patologias, suas consequências para a estrutura, e dessa forma, levantar métodos que possibilitem o controle e tratamento dessas manifestações e práticas a fim de evitar que ocorram.

Este estudo ainda tem a sua importância na remoção de barreiras no desenvolvimento de técnicas que aumentam os benefícios de alvenarias estruturais, como por exemplo, estruturas mais esbeltas, materiais diferenciados, entre outros, que, em certas ocasiões não podem ser alcançados devido ao aparecimento de patologias que afetem o desempenho. Dessa forma, solidifica-se a importância e

necessidade em conhecer os problemas comuns e as formas com que se desenvolvem através das manifestações patológicas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as patologias que comumente ocorrem em alvenarias estruturais e, paralelamente, indicar as intervenções empregadas para correção dessas anomalias.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Fazer o levantamento, através de pesquisa bibliográfica, das manifestações patológicas que ocorrem em alvenaria estrutural.
2. Definir a forma de ação para atuar na correção dos problemas encontrados.
3. Descrever as principais causas envolvidas no aparecimento de problemas patológicos em estruturas de alvenaria.
4. Citar e descrever os métodos corretivos comumente empregados no tratamento dessas manifestações patológicas através de estudos de alguns autores.
5. Apresentar os resultados através de um quadro, visando facilitar o reconhecimento das patologias encontradas em alvenarias estruturais.

2 ALVENARIA ESTRUTURAL

Este capítulo apresenta uma revisão sobre alvenaria estrutural, assim como as manifestações patológicas observadas comumente, tópicos necessários para a caracterização do problema em estudo.

2.1 BREVE HISTÓRICO

A alvenaria estrutural era utilizada em grande escala até final do século XIX, onde as técnicas construtivas da época eram empíricas, formatadas puramente de acordo com os conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos. Com o advento do aço no início do século XX, houve o avanço da tecnologia e a criação do concreto armado, fazendo com que a alvenaria estrutural ficasse em segundo plano (CAMACHO, 2006).

O desenvolvimento do setor da construção, no entanto, exigiu que as técnicas construtivas fossem aprimoradas, o que após algumas décadas, permitiu o reaparecimento da alvenaria estrutural no cenário brasileiro (CAMACHO, 2006).

Segundo Camacho (2006), algumas obras merecem destaque na história da alvenaria estrutural. Na antiguidade, por exemplo, o Farol de Alexandria, o Coliseu e as pirâmides do Egito são exemplos de construções em que todos os elementos tinham função estrutural. O edifício Monadnock em Chicago, que pode ser visto na Figura 1, chama a atenção pois, construído por volta de 1890, é uma estrutura composta por 16 pavimentos, 65 m de altura e paredes de 1,80m de espessura.



Figura 1 – Edifício Monadnock Building, em Chicago - EUA
Fonte: Silva (2011).

2.2 CARACTERÍSTICAS

Alvenaria estrutural ou alvenaria autoportante, como também é denominada, é o conjunto de peças vinculadas umas às outras através de argamassa, que em conjunto forma um elemento coeso e resistente, capaz de resistir a esforços horizontais e verticais, atuando de forma estrutural - promovendo a segurança, e na forma de vedação - proporcionando conforto aos usuários (TAUIL e MARTINS NESE, 2010).

Além de resistir às cargas advindas do peso próprio e do carregamento da estrutura (cargas de ocupação), a alvenaria estrutural muitas vezes é submetida a esforços laterais, originados tanto pela ação do vento como também pelo desaprumo das paredes (ROMAN et al., 2007).

A alvenaria estrutural, quando submetida a esforços verticais, apresenta um bom desempenho, suportando grandes carregamentos. Entretanto, quando é solicitada à flexão através dos esforços laterais (perpendiculares ao plano das

paredes), torna-se mais suscetível ao colapso, devido principalmente à ação dos esforços de tração que surgem na estrutura. Dessa forma, é imprescindível tomar cuidado no dimensionamento das estruturas, evitando ou minimizando, sempre que possível, o aparecimento dessas tensões (ROMAN et al., 2007).

Nesse sistema construtivo, retratado pela Figura 2, a estrutura é composta basicamente por paredes chamadas portantes, que além de resistir aos carregamentos impostos, distribui as cargas uniformemente e as descarrega para as fundações (TAUIL e MARTINS NESE, 2010).



Figura 2 – Edificação em Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto
Fonte: Tauil (2010).

As paredes estruturais são compostas por blocos (também conhecidos como unidades), argamassa e, eventualmente, graute e armadura (SAMPAIO, 2010). A Figura 3 mostra alguns dos componentes do processo construtivo.



Figura 3 – Detalhe dos Componentes da Alvenaria Estrutural
Fonte: Tauil (2010).

Os blocos são considerados o principal componente em uma alvenaria estrutural, principalmente pela grande contribuição que exercem na resistência final da estrutura de alvenaria. As unidades podem apresentar-se em diferentes formas, tamanhos e materiais de fabricação, sendo as mais convencionais fabricadas em concreto, cerâmica ou silicocalcário. As unidades, além da forma maciça ou com furos, apresentam-se em formatos especiais como blocos J, canaleta, meio bloco, os quais proporcionam a correta modulação (CAMACHO, 2006) (SAMPAIO, 2010).

A Figura 4 ilustra os diferentes tipos de blocos encontrados para a execução de paredes de alvenaria estrutural.

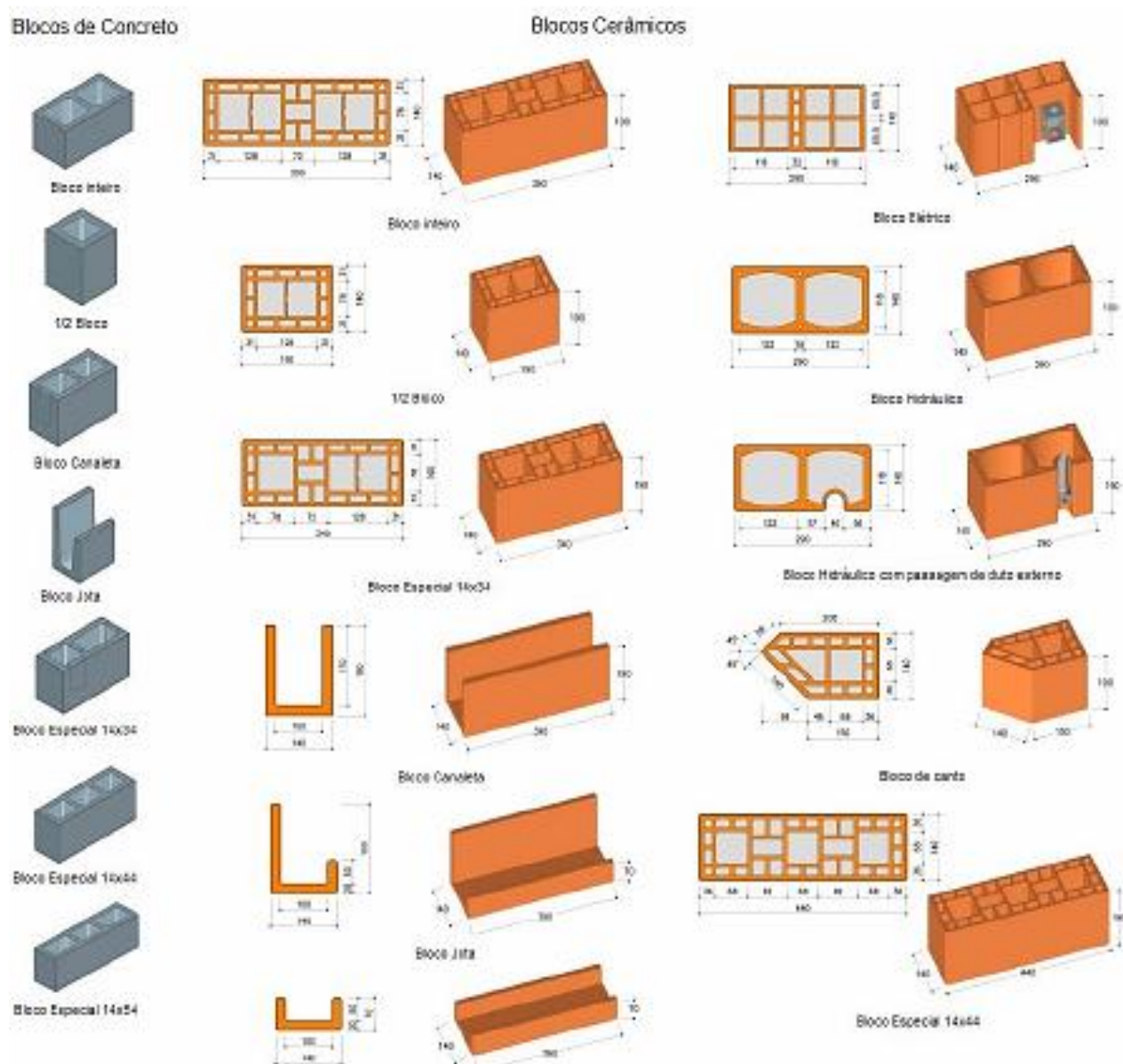


Figura 4 – Tipos de Blocos para Alvenaria Estrutural
Fonte: Camacho (2006).

Outro elemento essencial na composição da alvenaria estrutural é a argamassa de assentamento. Além de ser responsável pela união das unidades, uma das principais funções da argamassa é transmitir uniformemente os esforços entre os blocos, absorvendo pequenas deformações e evitando pontos de concentração de tensões. Sua composição é baseada em cimento, agregado miúdo, água e cal, podendo também apresentar aditivos para melhorar determinadas propriedades. Para desempenhar a função de ligação de maneira satisfatória, a argamassa deve apresentar além de resistência, durabilidade e capacidade de garantir a integridade e estanqueidade da estrutura (SAMPAIO, 2010) (CAMACHO, 2006).

O graute, por sua vez, é responsável por solidarizar as unidades com as eventuais armaduras, garantindo o trabalho conjunto entre os outros elementos da alvenaria. Consiste em um concreto fluído e fino, composto por cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo de pequena dimensão (até 9,5mm). Ao preencher os espaços vazios nas unidades, aumenta a inércia da parede, contribuindo na resistência, tanto a esforços de flexão quanto ao cisalhamento e a compressão (CAMACHO, 2006) (SAMPAIO, 2010).



Figura 5 – Grauteamento de elemento estrutural
Fonte: Tauil (2010).

As armaduras podem ser utilizadas de forma construtiva ou resistente. Como a alvenaria possui baixa resistência à tração, a utilização da armadura em locais e situações adequadas, proporciona a melhora dessa propriedade à estrutura (SAMPAIO, 2010).

A NBR 10837: Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, divide a alvenaria estrutural em três diferentes métodos construtivos, onde cada um apresenta uma formulação que possibilita a alvenaria desempenhar diferentes funções (ASSOCIAÇÃO..., 1989). São eles:

- Alvenaria Estrutural não armada de blocos – Estrutura constituída por blocos vazados assentados com argamassa, contendo armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, não possuindo a função de absorver esforços nos cálculos;
- Alvenaria Estrutural armada de blocos – Estrutura composta por blocos vazados assentados com argamassa, onde certas cavidades dos blocos são preenchidas com graute e armaduras suficientemente envolvidas. Nesse caso as armaduras terão função estrutural;
- Estrutura de Alvenaria parcialmente armada de blocos – Estrutura mista composta de alvenaria armada e não armada.

O método construtivo da alvenaria estrutural proporciona diversas facilidades, atreladas ao fato da utilização de um único elemento como estrutura e vedação. Como vantagens, pode-se citar principalmente:

- Técnicas de execução simplificadas;
- Menor diversidade de materiais empregados;
- Redução do número de especializações da mão-de-obra empregada;
- Redução de interferências, entre os subsistemas, no cronograma executivo (estrutura e alvenaria são executadas conjuntamente).

Todavia, as vantagens proporcionadas pela utilização dessa técnica só são alcançadas com o adequado desempenho técnico das construções. Para isso é necessário ter cuidado, especialmente nas fases de concepção, projeto e execução. Cuidados como a avaliação e a adequação na criação dos diversos projetos, o respeito quanto às especificações normatizadas dos materiais e procedimentos e o

controle efetivo dos materiais e métodos, podem garantir que a alvenaria atinja o desempenho técnico a qual foi projetada (BAUER, 2007).

Com relação ao controle, os efeitos da existência de anomalias podem ser avaliados de acordo com o diagrama de causa e efeito. O foco desse diagrama é relacionar as características de qualidade não-atendidas, visando proporcionar e facilitar a identificação dos possíveis agentes que originaram os diversos problemas (BAUER, 2007).

A Figura 6 representa os 5 M's da qualidade, que são os 5 cuidados necessários para que se consiga um avanço na qualidade e consequentemente uma melhora na imagem do sistema construtivo. A cautela com esses cuidados tem por objetivo reduzir o desperdício e os problemas gerados durante os processos (BAUER, 2007).

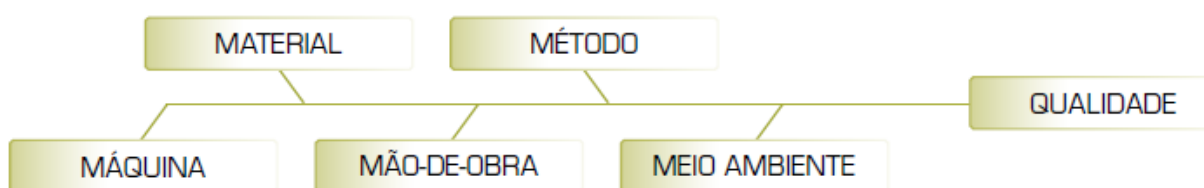


Figura 6 – Representação dos 5M's
Fonte: Bauer (2007).

O controle dos materiais e métodos de acordo com as normatizações da ABNT, projetos elaborados de acordo com metodologias apropriadas, e contendo informações adequadas para a correta execução, juntamente com mão-de-obra especializada e um manual de utilização do produto final podem propiciar o correto desempenho das construções em alvenaria estrutural (BAUER, 2007).

Além de cuidados no controle de materiais, mão de obra e das técnicas utilizadas, alguns elementos favorecem a prevenção de futuras manifestações patológicas. A definição adequada de juntas de movimentação entre elementos de alvenaria estrutural tem grande importância nesse quesito (VILATÓ e FRANCO, 1998).

Através da limitação das dimensões das paredes, a principal função das juntas de movimentação é evitar que ocorram elevadas concentrações de tensão devido às deformações resultantes da expansão e contração do painel. Os movimentos são controlados pelo nível de restrição imposto em certas partes da

alvenaria, que varia em relação à disposição das paredes, mudanças na configuração da alvenaria, presença de aberturas, etc. Os locais onde comumente devem ser previstas juntas de movimentação são indicados Figura 7.

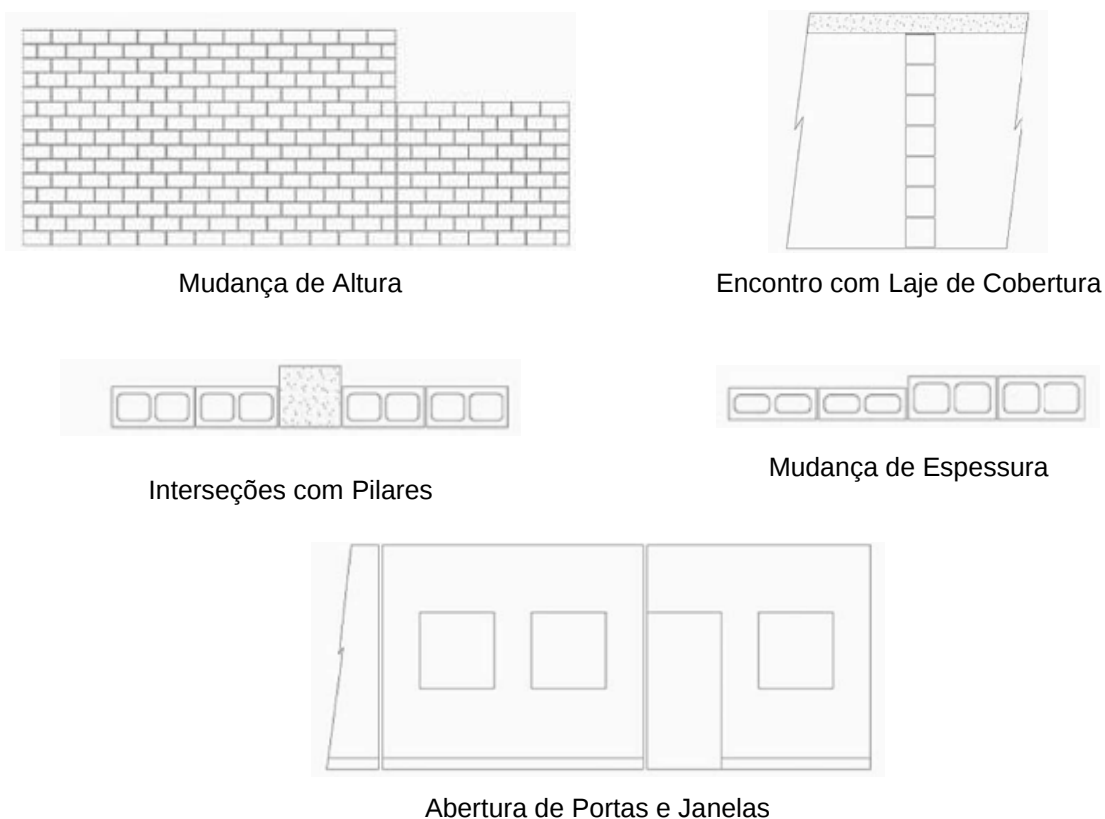


Figura 7 – Recomendação de locais para juntas de Movimentação
Fonte: Curtin et al (1984) apud Vilató e Franco (1998,p. 3).

Pode-se encontrar na bibliografia sugestões quanto ao posicionamento das juntas de movimentação, conforme indica a Figura 7. A determinação da largura e espaçamento entre juntas deve levar em consideração o material que compõe cada estrutura, como regra geral, a distância entre as juntas de movimentação vertical deve ser apropriada à capacidade de deformação, não ultrapassando a deformação longitudinal induzida.

Para alvenarias de blocos cerâmicos é estimada que a deformação seja de 1mm/m durante a vida útil do edifício, devendo-se prever juntas distanciadas a no máximo 15m (VILATÓ e FRANCO, 1998).

A alvenaria estrutural também pode apresentar elementos de reforço estrutural como por exemplo, vergas e contravergas, que tem por função redistribuir os esforços concentrados no entorno das aberturas. Quando projetada e executada

corretamente, essa prática previne uma patologia bem comum que surge nos cantos das aberturas (CYRINO, 2012).

A Figura 8 mostra a configuração dos elementos vergas e contravergas na alvenaria estrutural, empregando blocos canaleta.

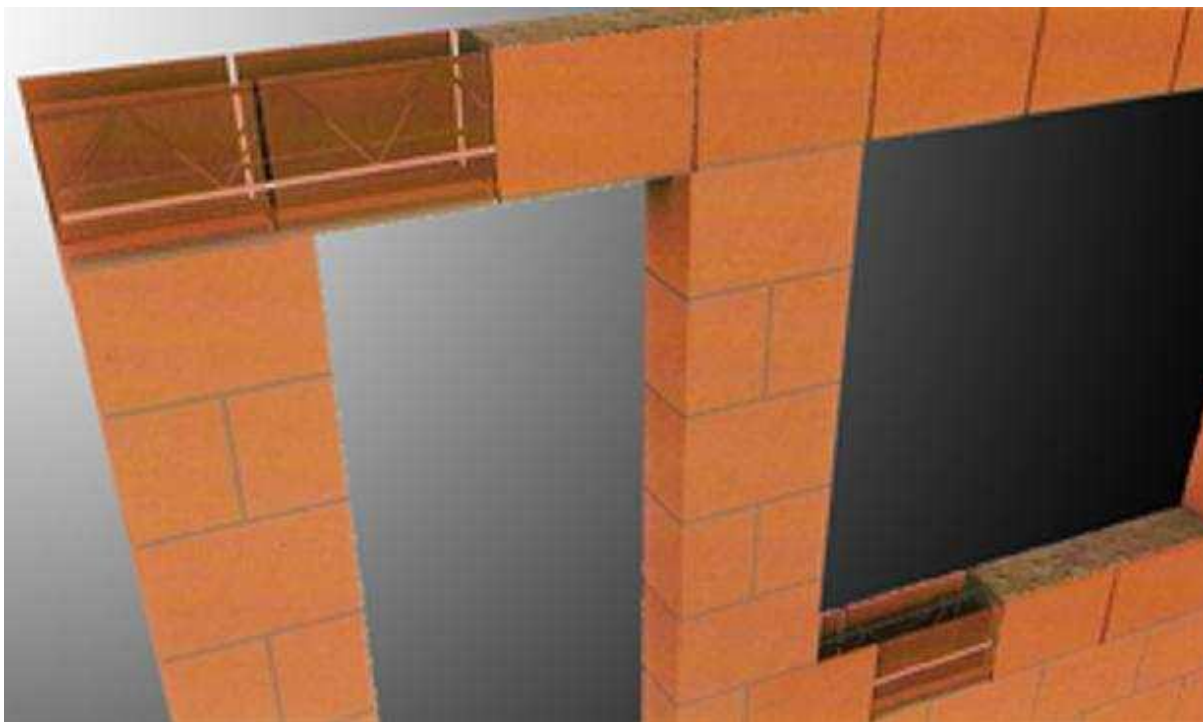


Figura 8 – Blocos canaleta e armadura para concretagem de verga e contraverga
Fonte: Sampaio (2010).

Para que cortes nas peças sejam evitados, durante a fase de projeto é realizado o ajuste das dimensões das paredes baseando-se nas dimensões padrões dos blocos. É nessa fase que também devem ser especificadas a configuração dos encontros de paredes, pontos de grauteamento e armadura, localização das caixas de passagem das instalações, entre outros pontos importantes que precisam estar definidos antes do início da obra (CAMACHO, 2006). A modulação dos elementos que compõe as paredes é observada na Figura 9.

A resistência de uma alvenaria estrutural pode variar em função de diversos fatores, sendo os principais as características dos blocos (geometria, absorção de água, resistência a tração e compressão) e da argamassa (resistência, espessura da junta e tipo de assentamento e capeamento utilizado) (PINHEIRO, 2009).

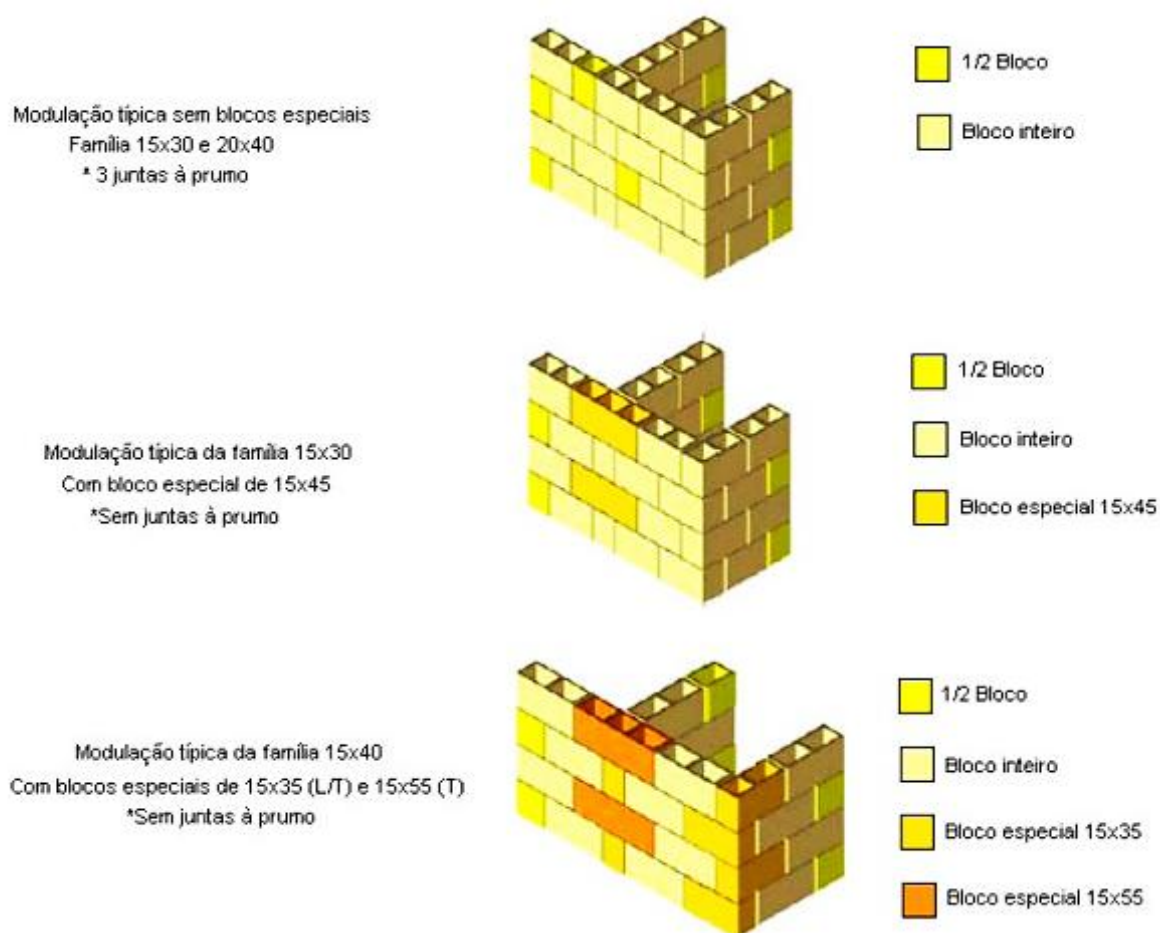


Figura 9 – Detalhes na modulação do encontro entre paredes
Fonte: Camacho (2006).

As características estruturais desempenhadas pela alvenaria são resultado das diferentes possibilidades de combinação de materiais que compõe a estrutura. O fator de eficiência da alvenaria, por exemplo, é uma relação obtida através da resistência do prisma pela resistência da unidade. Enquanto para blocos cerâmicos esse índice varia de 10% a 70%, a utilização de blocos de concreto traz valores mais eficientes - de 50% a 90% (ROMAN et al., 2007).

Apesar do grande papel dos blocos com relação à resistência da alvenaria, o fator de eficiência tende a diminuir na medida em que blocos mais resistentes são utilizados, conforme mostra Figura 10.

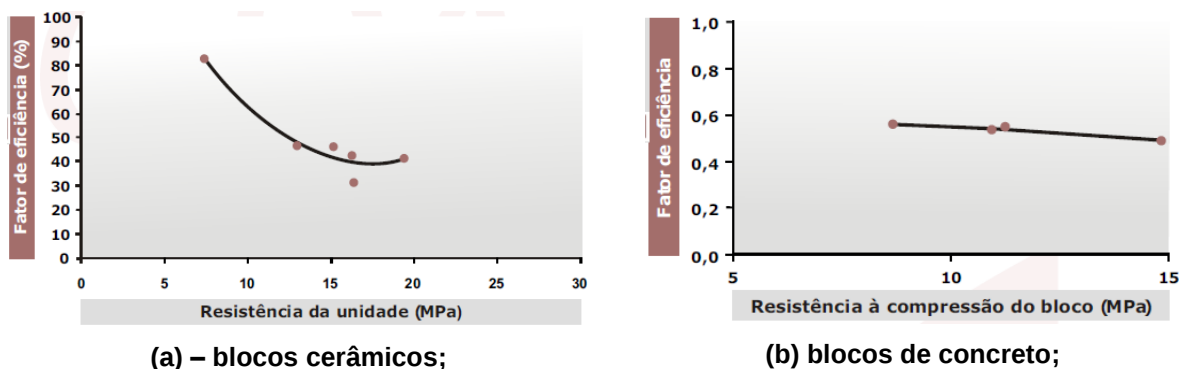


Figura 10 – Variação do Fator de Eficiência com o aumento da Resistência dos Blocos
 Fonte: Roman et al (2007).

2.3 INTRODUÇÃO ÀS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Obras de engenharia civil cotidianamente estão expostas a fatores que conduzem a sua total ou parcial degradação. Diferentes elementos são responsáveis por provocar a perda de funcionalidade e/ou desempenho de uma construção. Variações de temperatura, reações químicas, vibrações e erosão, ocupam importantes cargos como propulsores a fenômenos. Além disso, os problemas patológicos podem ser gerados nas diferentes fases do processo construtivo, como projeto ou execução, bem como na execução errônea das técnicas e má qualidade nos materiais utilizados (GRANATO, 2002).

O termo Patologia vem de Pathos = doença e Logos = estudo, e é definido por Granato (2002) como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. Com relação às patologias de alvenarias estruturais, o significado é voltado ao estudo das anomalias relacionadas à deterioração das estruturas de alvenaria.

2.3.1 Fissuras e Trincas

Das diversas formas de manifestação de problemas em alvenarias, as mais observadas são as fissuras. As fissuras podem ser geradas por diversos motivos, tais como o baixo desempenho dos componentes da alvenaria diante das solicitações de tração, flexão e cisalhamento; retração da argamassa; diferenças entre as propriedades dos materiais constituintes (resistência mecânica, módulo de

deformação longitudinal, coeficiente de Poisson, dilatação térmica, etc.), recalque de fundação, entre outros. Em geral, o aparecimento de patologias reflete a existência de problemas, indicando falhas nas estruturas (SAMPAIO, 2010) (CYRINO, 2012).

As matérias primas utilizadas para a execução de alvenarias (blocos cerâmicos, concretos e argamassas) são frágeis e geralmente quando solicitados à tração não conseguem atingir bom desempenho. Além disso, a resistência à tração nas ligações entre os blocos e a argamassa é baixa, apresentando grande tendência de separação quando solicitada a esse tipo de esforço, tornando a alvenaria propícia a sofrer pelo efeito de patologias (SAMPAIO, 2010).

As fissuras aparecerem de formas distintas, mostrando-se geometricamente em função dos problemas que estão ocorrendo na alvenaria. Podem se apresentar na forma horizontal, vertical, diagonal ou ainda uma combinação dessas, atravessando unidades e juntas, ou contornando as juntas de forma escalonada. Comumente, quando a resistência à tração dos blocos for inferior à resistência da argamassa, a fissura ocorrerá em linha reta, caso contrário ocorrerá de forma escalonada. Essa configuração pode ainda sofrer influência de outros fatores como a rigidez relativa das juntas com relação às unidades, restrições da parede, existência de aberturas ou outros pontos frágeis, entre outros fatores (SAMPAIO, 2010).

2.4 PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Os problemas patológicos em estruturas de alvenaria originam-se comumente da combinação de falhas que ocorrem durante a realização das atividades inerentes aos processos de concepção, construção e utilização do produto (COSTA, 2009).

Infelizmente, as patologias que geralmente ocorrem nas alvenarias estruturais são causadas exclusivamente pela má aplicação da tecnologia em uma ou várias etapas do empreendimento, como durante o planejamento, projeto e/ou execução (ROMAN et al., 2007).

Estruturas de alvenaria podem reagir de diversas maneiras quando se expõem a problemas, apresentando como resultado diferentes formas de

manifestações patológicas, tais como trincas, fissuras, formação de eflorescência, descolamento, umidade, sendo que a fissuração é a forma mais comum, como já mencionado. As manifestações patológicas surgem de formas distintas, dependendo de como a falha ocorre, do local e da peculiaridade de cada material. Apesar da qualidade dos materiais influenciar no comportamento do conjunto, ela não é a única responsável, é preciso levar em consideração também as interações físico-químicas que se processam entre os materiais. Assim, a parede de alvenaria estrutural não deve ser tratada apenas em função das características de seus materiais isoladamente, mas como resultado de um material compósito da interação da unidade, da argamassa e, quando também usado, do graute (MOHAMAD, LOURENÇO e ROMAN, 2008).

Desta forma, a apresentação das patologias foi subdividida em função do local em que se manifestam na forma de: patologias em revestimentos, em blocos, em juntas de assentamento e patologias nos painéis de alvenaria.

2.4.1 Manifestações Patológicas em Revestimentos

As patologias encontradas nos revestimentos podem prejudicar o seu desempenho, tanto com relação à estética quanto ao isolamento e proteção. Os problemas encontrados nos revestimentos podem ser gerados nas três fases de execução de um produto da construção civil: projeto, execução e manutenção, seja pelo desconhecimento das características do material, pelo emprego inadequado, por descumprimento das normas técnicas, por deficiências na execução ou mesmo pela manutenção indevida.

Um dos problemas mais comuns encontrados é o descolamento. Esse tipo de defeito usualmente gera a separação da camada de reboco e emboço, pela formação de bolhas cujo diâmetro aumenta progressivamente. Essa formação ocorre devido à instabilidade do volume da cal mal hidratada, que após meses da execução continua o seu processo de extinção da hidratação causando a expansão (BAUER, 1996). A Figura 11 representa essa manifestação patológica.

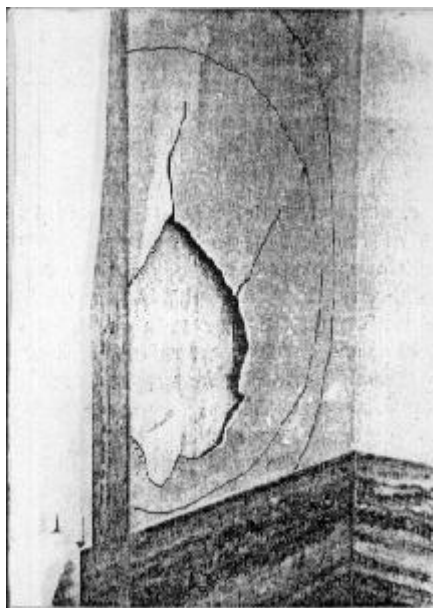


Figura 11 – Aspecto típico do deslocamento da argamassa de cal no revestimento
Fonte: Milito (2009).

A cal, comumente utilizada na produção dos revestimentos, está diretamente envolvida nesse tipo de anomalia. Má qualidade da cal, processo de hidratação incompleto e fabricação inadequada das argamassas poderão trazer situações indesejadas a revestimentos ricos em cal (BAUER, 1996).

Em argamassas mistas o efeito acontece de forma distinta. A presença de cimento junto à cal aumenta o efeito devido à ação mecânica: a rigidez desse tipo de argamassa em conjunto com a expansão traz o efeito de desagregação (BAUER, 1996).

Outra forma de descolamento que se observa nas alvenarias em geral é o descolamento por placas ou pela falta de aderência (Figura 12). Geralmente as placas descolam-se entre o revestimento e a base. A camada de chapisco, que tem por função proporcionar aderência entre a alvenaria e as camadas de regularização, para que essa função seja garantida, deve respeitar as recomendações da NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento, principalmente no que diz respeito a especificação dos materiais e a espessura da camada (ASSOCIAÇÃO..., 1998).

Os revestimentos podem ainda sofrer pelo aparecimento de fissuras mapeadas o qual se configuram geometricamente pela distribuição uniforme e pela formação de ângulos aproximados a 90° no cruzamento das linhas, conforme mostra a Figura 13. Geralmente aparecem devido a fatores relacionados a defeitos na

argamassa como, a dosagem inadequada com excesso de finos, execução de desempenho precoce e com a aplicação em condições inadequadas como vento excessivo e temperaturas muito altas (RICHTER, 2007).



Figura 12 – Perda de aderência no revestimento da parede
Fonte: Rosa e Martins (2005).



Figura 13 – Configuração de fissuras mapeadas
Fonte: Richter (2007).

2.4.2 Problemas relacionados à movimentação de água na estrutura

A umidade é comumente tratada com cautela nas construções civis, principalmente por ser agente propulsor de diversos problemas, desde os que atingem apenas as superfícies e até aos que atacam as estruturas. Manifestações como manchas de umidade, corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescências, descolamentos de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentíceas, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos, são as diferentes maneiras com as quais o efeito da movimentação da água pode atingir nas construções. A Figura 14 apresenta um dos efeitos gerados pela infiltração de água nos revestimentos, o bolor (BAUER, 2007).

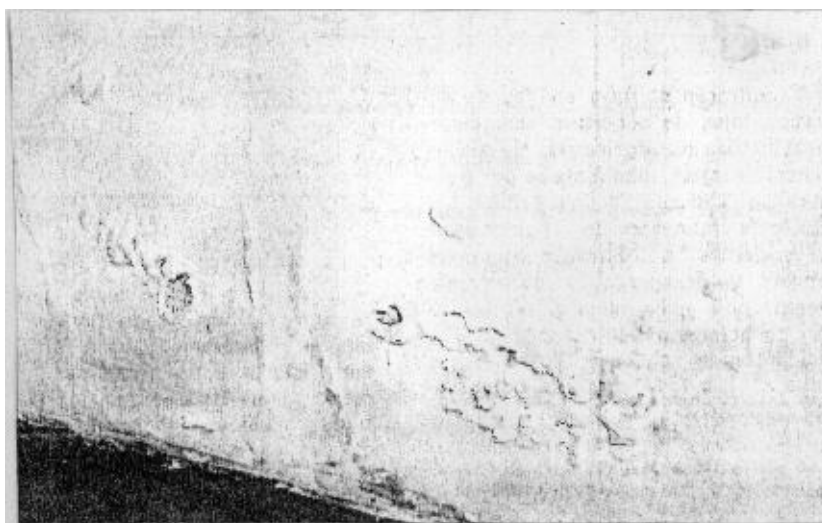


Figura 14 – Bolor devido à umidade
Fonte: Milito (2009).

A água pode ser absorvida através de diversos mecanismos, como por exemplo, por capilaridade, infiltração ou fluxo superficial de água, condensação, dentre outras formas. Pode haver ainda mecanismos que agravem a absorção água na estrutura, como pressão, direção e intensidade das intempéries, exposição da construção, porosidade dos elementos expostos. Eventuais anomalias como trincas e fissuras, também contribuem para a ocorrência dessas manifestações patológicas (BAUER, 2007).

A estrutura de alvenaria poderá sofrer expansão pela atividade higroscópica em determinados pontos, onde está sujeita mais intensamente aos efeitos gerados pela umidade. Essa expansão diferenciada gera na alvenaria

fissuras horizontais, paralelas à base, como indica a Figura 15. Cantos desabrigados, platibandas e base das paredes são exemplos típicos da ocorrência desse tipo de patologia. Pontos que possuem um contato mais direto com a água são mais suscetíveis a essas anomalias, já que as fiadas acima apresentam geralmente uma maior insolação e perda de água por evaporação.

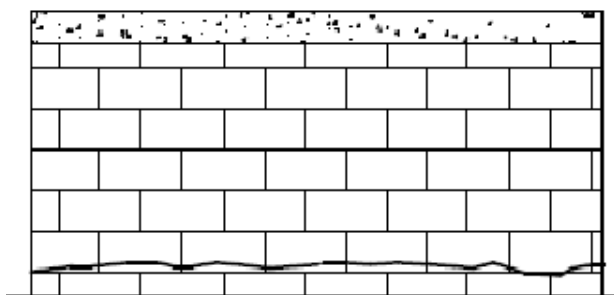


Figura 15 – Fissuração horizontal na base da alvenaria por movimentações higroscópicas diferenciadas

Fonte: Sampaio (2010) e Menezes e Fortes (2009), respectivamente.

A configuração das fissuras diferirá em função das propriedades higrotérmicas dos materiais, como também da amplitude das variações (térmicas e de umidade) sofridas pela estrutura. O diagnóstico para esse tipo de fissura é facilitado por essas manifestações geralmente estarem acompanhadas por eflorescência (THOMAZ, 1989 apud MENEZES e FORTES, 2009).

2.4.3 Patologias na Argamassa de Assentamento

Certas reações químicas que acontecem na argamassa de assentamento podem gerar a expansão da mesma, sendo responsável pelo aparecimento de fissuras conforme mostra a Figura 16.

Ademais, o efeito da má ou inexistente hidratação dos cales pode afetar também a argamassa de assentamento. Nas juntas de assentamento fabricadas com argamassa de cal, o efeito de expansão gerado pela hidratação ao longo da vida útil pode causar uma variação de 100% no volume, gerando fissuras horizontais que acompanham as juntas de assentamento da alvenaria, conforme ilustra a Figura 16.

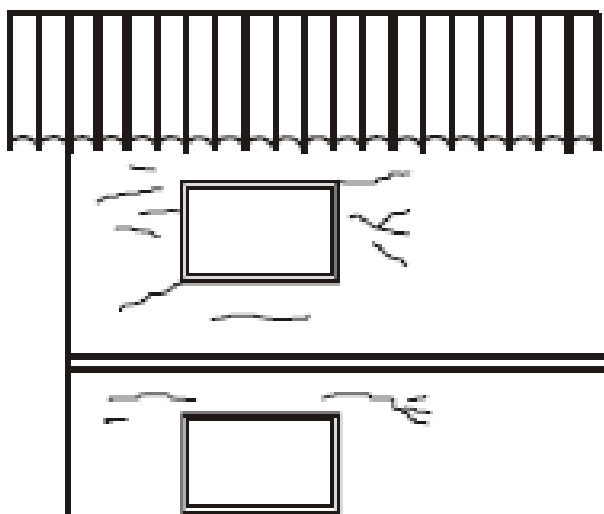


Figura 16 - Fissuras provocadas pela expansão da argamassa de assentamento

Fonte: Duarte (1998) apud Magalhães (2004, p.81).

2.4.4 Paineis de Alvenaria

2.4.4.1 Heterogeneidade do Painel

A alvenaria estrutural pode ser considerada um sistema composto, formado pela interação de materiais distintos para responder às solicitações de cargas. O comportamento do conjunto é função tanto da qualidade dos materiais quanto das interações físico-químicas que se processam entre eles. Dessa forma, é necessário tratar a parede de alvenaria estrutural como um material compósito fruto da interação da unidade, da argamassa, e quando também utilizado, do graute, podendo ser denominado como “material alvenaria”. Assim sendo, é importante que se entenda o comportamento do painel, que varia de unidade para unidade e com os diferentes tipos de argamassa e graute (MOHAMAD, RIZZATTI e RAMOS, 2007).

A principal característica da alvenaria estrutural é ter a parede como elemento resistente às cargas verticais e laterais. O mecanismo indutor de ruptura na alvenaria e a influência da resistência do bloco e argamassa no conjunto são parâmetros fundamentais para estimar a capacidade resistente do painel (MOHAMAD, LOURENÇO e ROMAN, 2008).

Quando solicitada à compressão no sentido vertical, a alvenaria, pelo efeito de Poisson, deforma-se lateralmente. Para conseguir distribuir os esforços e até mesmo pequenas deformações, a junta precisa ter certa flexibilidade, mais do que possui o bloco. Dessa forma a junta tende a se expandir mais no sentido perpendicular à aplicação do carregamento, originando tensões de compressão lateral na argamassa e, para que seja mantido o equilíbrio de tensões, o bloco fica sujeito a tensões de tração, conforme ilustra a Figura 17 (FREITAS, 2008).

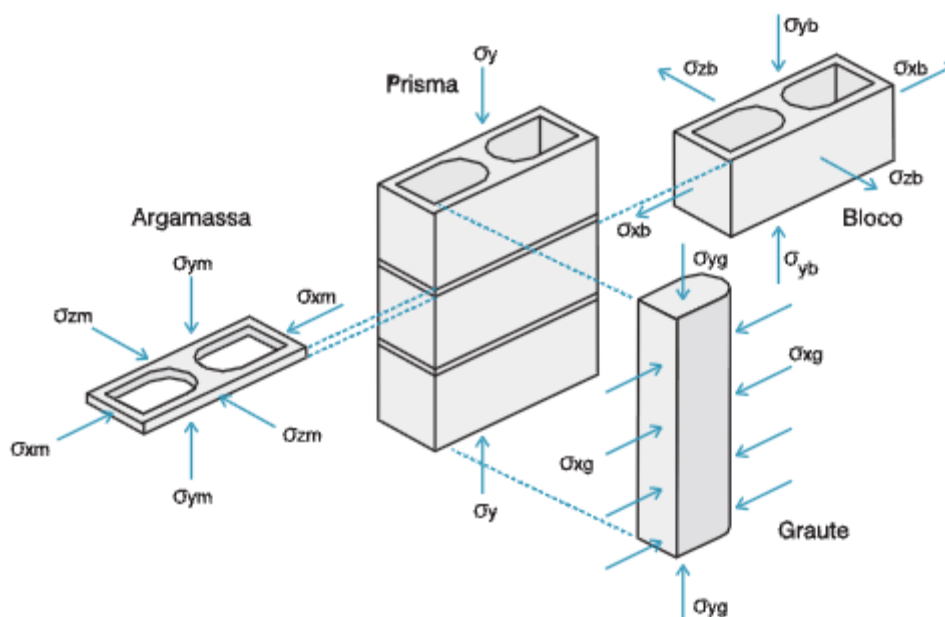


Figura 17 – Distribuição das Tensões Verticais e Horizontais nos Materiais.
Fonte: Mohamad, Lourenço e Roman (2008).

Portanto, o conhecimento das características mecânicas dos materiais isolados e da interação entre os mesmos pode permitir uma melhor compreensão dos fatores envolvidos na deformabilidade e ruptura do conjunto e, por consequência, maximizar a capacidade resistente do sistema (MOHAMAD, LOURENÇO e ROMAN, 2008).

Esse comportamento é um dos principais motivos que levam a falha da alvenaria: o rompimento dos blocos à tração. Nessa análise, blocos resistentes à tração aumentam a capacidade de resistência da alvenaria solicitada a compressão. (PINHEIRO, 2009).

A contribuição da junta de argamassa na resistência da alvenaria é bem menos significativa que a contribuição do bloco, sendo que variações consideráveis

da resistência da argamassa são pouco significativas para aumentar a resistência de prismas e paredes (FREITAS, 2008).

A utilização de argamassas muito resistentes traz como consequência a ruptura excessivamente frágil, impedindo que a argamassa consiga acompanhar as movimentações normais da alvenaria. Como valor recomendável, argamassas com valores entre 70% a 100% da resistência dos blocos são mais recomendáveis (PINHEIRO, 2009).

Para alcançar um aumento de 20% na resistência de prismas não grauteados, por exemplo, a resistência da argamassa deve ser aumentada em 188%. Já para prismas grauteados, um aumento de 99% na resistência da argamassa resulta em acréscimo de apenas 8% na resistência do prisma (FREITAS, 2008 apud KHALAF et al., 1994).

A Figura 18 mostra as resistências dos elementos e sua influência na resistência da parede de alvenaria.

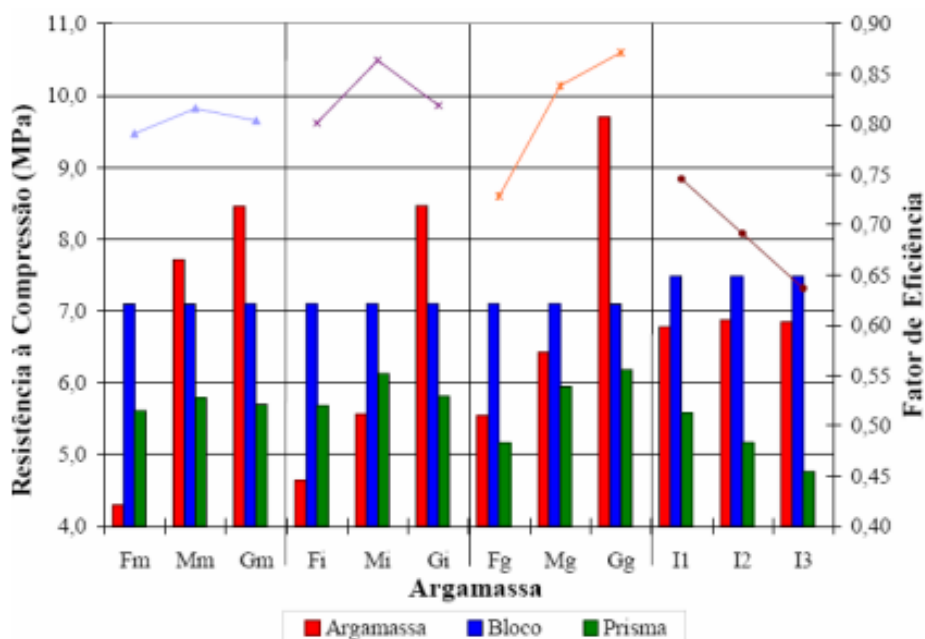


Figura 18 – Resistência à compressão dos elementos e do prisma
Fonte: Freitas (2008).

Uma argamassa que possui metade da resistência do bloco dificilmente apresentaria uma influência negativa para a parede e, quando a argamassa assume valores maiores que o dobro do resistido pelas unidades, o ganho de resistência para a parede pode ser considerado pouco. Argamassas muito resistentes podem trazer efeitos indesejáveis à parede, como a contribuição para uma ruptura frágil,

não havendo as devidas acomodações da estrutura diante dos esforços (RAMALHO e CORREA, 2003) (GOMES, 1983 apud FREITAS, 2008).

Quando um prisma é construído com argamassa de resistência muito inferior à dos blocos, pode haver, como consequência, o esmagamento localizado, que é uma associação de trincas verticais devido à concentração de tensões em alguns pontos. Nesse processo de ruptura, pode-se iniciar a perda de coesão da argamassa, o esmagamento da junta de argamassa e o esfacelamento da superfície inferior e superior do bloco conforme ilustra a Figura 19. Nesse caso a argamassa não suporta a tensão de compressão a qual é solicitada (MOHAMAD, LOURENÇO e ROMAN, 2008).

Prismas com argamassas mais fracas tendem a apresentar ruptura com deformação lenta, já que a argamassa tende a ser mais dúctil, por ter maior capacidade de absorver deformações plásticas. Já com argamassas mais rígidas, há ruptura explosiva, fissurando e rompendo subitamente.



Figura 19 – Fissura escalonada
Fonte: Bauer (2007) e Casali (2008), respectivamente.

O efeito gerado conforme exemplifica a Figura 19 pode levar o bloco a sofrer fendilhamento como também gerar o esmagamento da argamassa (PINHEIRO, 2009).

As fissuras escalonadas aparecem por meio de diversos fatores que geram tensões, podendo provocar o destacamento entre a argamassa e os blocos. A resistência à tração e cisalhamento da argamassa e dos blocos, além da aderência da argamassa ao substrato, intensidade da movimentação e propriedades elásticas dos materiais, podem contribuir ao aparecimento desse tipo de anomalia

(ABCI, 1990 apud RICHTER, 2007). Outros motivos que podem favorecer o aparecimento de fissuras nessa configuração são:

- Execução com técnicas inadequadas: adensamento inadequado da argamassa nas juntas verticais, correções realizadas após o início da pega da argamassa, utilização de elementos com poeira depositada nas faces de assentamento, entre outros;
- Blocos instáveis quanto a umidade: blocos com elevada absorção inicial de água ou elementos assentados excessivamente secos fazem que haja a rápida retirada de água da argamassa, impedindo a correta hidratação do cimento na interface com o componente de alvenaria;
- Emprego de argamassa inadequada: materiais excessivamente rígidos, com baixo poder de aderência ou elevados índices de retração.

Quando as cargas a que a parede está submetida são maiores que a resistida pela parede, de forma que a resistência à tração do bloco vazado de concreto é igual ou inferior à resistência à tração da argamassa, surgem fissuras que atravessam os blocos na vertical, conforme ilustra a Figura 20.

A configuração típica entre as duas patologias difere no modo em que os componentes da alvenaria agregam-se entre si. Para o caso da Figura 20, o comportamento apresentado pela fissura – predominantemente reta e ortogonal à direção dos esforços de tração –, configura-se por uma alvenaria homogênea, onde há boa aderência entre os elementos – bloco e argamassa, enquanto para a Figura 19, uma alvenaria heterogênea, com baixa aderência entre os componentes, tende a apresentar fissuras nessa interface, mostrando-se em linhas quebradiças ou acompanhando as fiadas (MAGALHÃES, 2004).

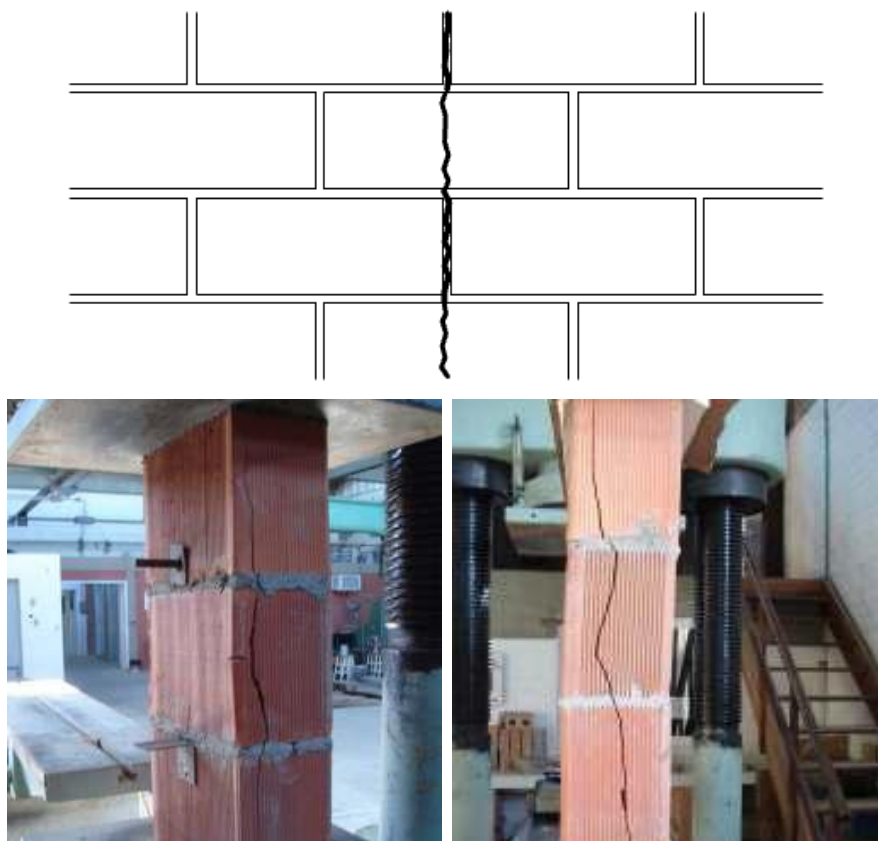


Figura 20 – Fissura Vertical devido à resistência inferior dos blocos
Fonte: Bauer (2007) e Pinheiro (2009), respectivamente.

2.4.4.2 Carregamento Excessivo de Compressão

Quando a estrutura de alvenaria é subdimensionada, ou seja, quando é solicitada por cargas superiores às previstas em projeto, a resposta da estrutura é usualmente caracterizada pelo surgimento de fissuras, mesmo sem atingir as cargas-limite de ruptura (SAMPAIO, 2010).

Esse evento de fissuração, devido à ação de cargas uniformemente distribuídas, é originado pela deformação transversal da argamassa de assentamento e da eventual fissuração de blocos ou tijolos por flexão local. Tipicamente, as fissuras aparecem em trechos contínuos e verticais. A Figura 21 apresenta a configuração dessa anomalia (BAUER, 2007). Essa configuração é semelhante ao que ocorre na Figura 20.

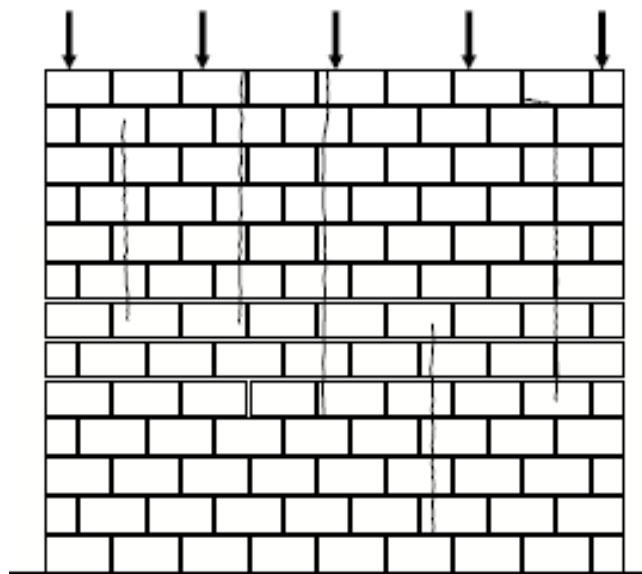


Figura 21 – Configuração das fissuras originadas pelo carregamento excessivo de compressão.
Fonte: Bauer (2007).

Com relação a cargas verticais concentradas, é necessário prever elementos que façam a distribuição desses esforços, de modo a deixar a estrutura com cargas mais homogêneas. A utilização de coxins, vergas e contravergas são exemplos de elementos que possuem essa característica.

Quando a distribuição não é realizada ou é executada de forma incorreta, poderão surgir sobrecargas suficientes para provocar esmagamento nesses pontos específicos, podendo produzir a ruptura dos componentes da alvenaria, propiciando a formação de fissuras inclinadas, iniciando a partir do ponto de sobrecarregamento.

Outra forma de sobrecarga localizada, ou carregamentos desbalanceados, pode ser observada devido à existência de sapatas corridas ou vigas de fundação muito flexíveis. A formação desse tipo de fissura pode ser observada na Figura 22.

As fissuras ainda podem ser oriundas do esmagamento da argamassa das juntas de assentamento. Apesar de não ser comum, o sobrecarregamento vertical que atua no plano axial da parede pode gerar fissuras oriundas do esmagamento da argamassa das juntas de assentamento (BAUER, 2007) e (SAMPAIO, 2010).

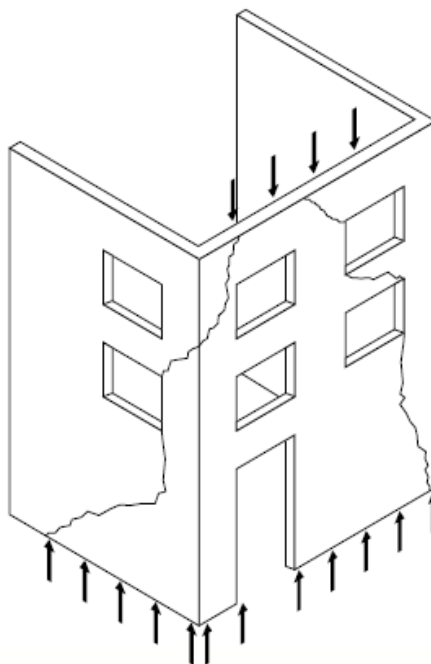


Figura 22 – Tipologia da fissuração originada pela sobrecarga localizada
Fonte: Bauer (2007).

Peitoris de janela são regiões onde comumente há concentração de tensões. Nessa região, devido a sobrecarga, pode haver a ocorrência de fissuras se manifestando de forma vertical conforme ilustrado na Figura 23 (SAMPAIO, 2010).

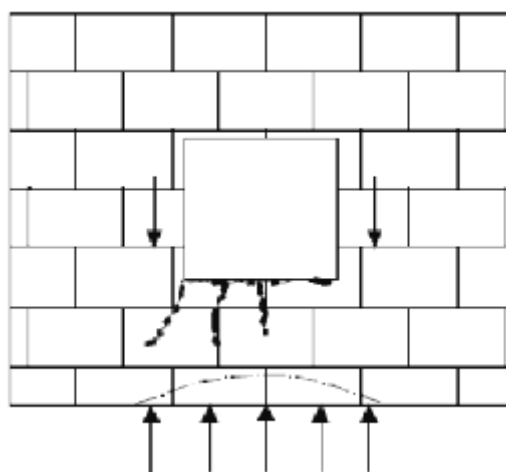


Figura 23 – Concentração de tensões sob abertura
Fonte: Thomaz (2001) apud Sampaio (2010).

2.4.5 Retração em Paredes

O efeito de variação volumétrica é tomado como agente patológico e merece cuidado especial, principalmente quanto ao efeito de retração. Os elementos da alvenaria assumem influências diferentes quando se trata da retração, apesar da retração da argamassa de assentamento comumente ser maior que a dos blocos, essa assume pouca influência na retração total da parede por ocupar apenas pequenos espaços na parede (PARSEKIAN et al., 2006).

Como a retração dos blocos exige maiores cuidados, é importante estudar quais as formas de retração existentes. Nos blocos ela assume três formas distintas, sendo devida a secagem ou a carbonatação:

- Por secagem inicial irreversível, com a perda da umidade não envolvida no processo de hidratação, logo nas primeiras horas e dias;
- Por secagem reversível, pela variação de umidade ao longo da vida;
- Por retração irreversível por carbonatação, também ao longo da vida.

Geralmente os blocos de concreto são caracterizados por serem compostos por um concreto seco e com baixa relação água/cimento. O processo de fabricação geralmente pode ocasionar a primeira situação, dependendo se a prensagem é de pequena ou grande energia (PARSEKIAN et al., 2006).

Algumas vezes a variação volumétrica sofrida pela parede não é impedida, assim são pequenos os efeitos sofridos por ela, havendo apenas a redução do seu tamanho, praticamente imperceptível a um observador. Entretanto, não é o que acontece na maioria das vezes nas construções em alvenaria estrutural. Geralmente o fato de haver intertravamento entre painéis de alvenaria ou pelo travamento superior ou inferior da laje produz uma restrição a essa variação, gerando o aparecimento de tensões de tração, conforme mostram as Figura 24 e Figura 25 respectivamente. Este travamento, combinado a fatores de resistência e deformação, pode trazer fissuras à estrutura.

A intensidade da fissuração dependerá dos módulos de deformação e resistência à tração. Para materiais com elevado módulo de deformação, pequenas deformações geram altas tensões. Com relação à tração, os elementos não apresentam bom comportamento, dessa forma qualquer pequena deformação pode

gerar tensões superiores à resistência à tração da alvenaria, levando ao aparecimento de fissuras.

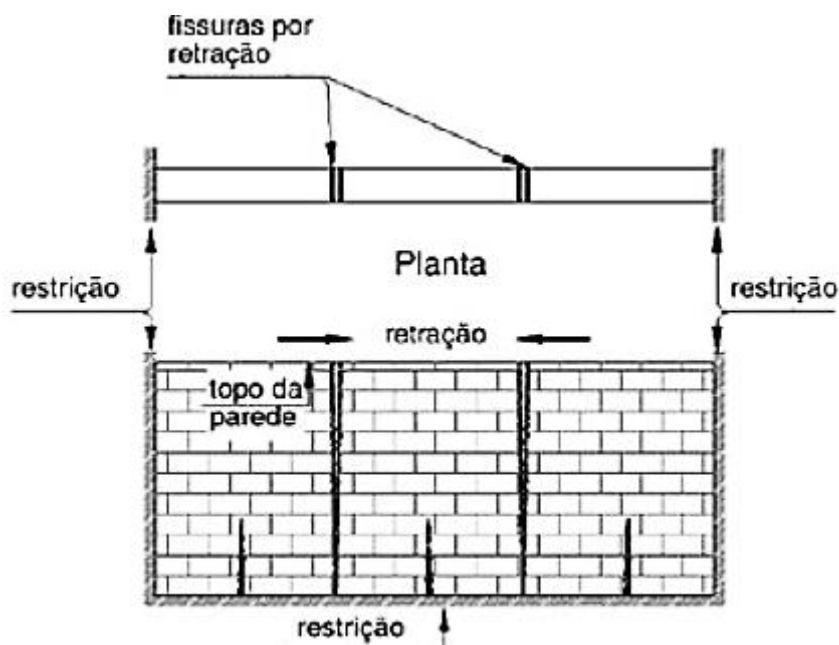


Figura 24 – Restrições à retração: intertravamento por painéis.
Fonte: Parsekian et al, (2006).

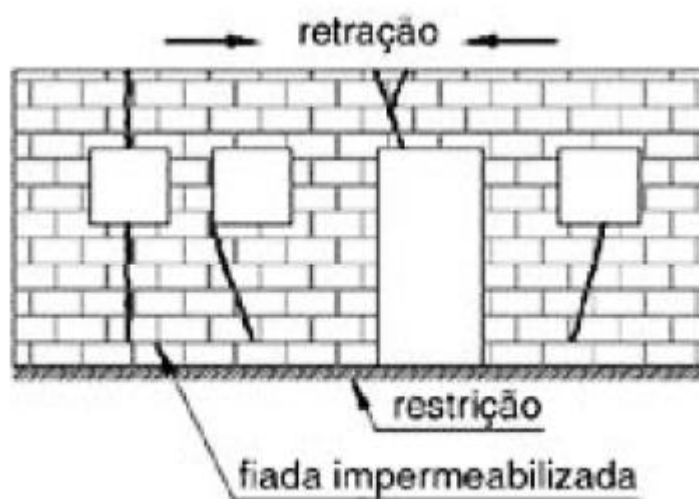


Figura 25 – Restrições à retração: intertravamento pela laje inferior.
Fonte: Parsekian et al. (2006).

2.4.6 Influência de vãos abertos na manifestação de patologias

Painéis de alvenaria que possuem aberturas possuem pontos de concentração de tensões, geralmente no contorno dos vãos. Por esse motivo é

notória a importância da execução de vergas e contravergas, de modo a garantir a correta absorção das tensões (BAUER, 2007).

Essa concentração de tensões pode ser observada através da Figura 26(a), que representa a simulação de um painel de alvenaria estrutural sem elemento de distribuição dos esforços sobre o vão.

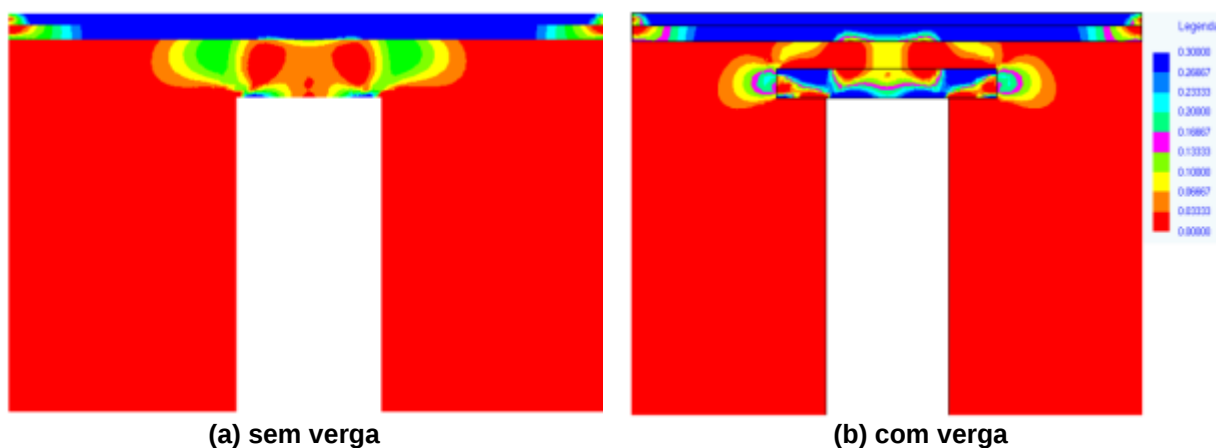


Figura 26 – Distribuição de Tensão de tração sobre porta
Fonte: Sampaio (2010).

Observando a Figura 26 e Figura 27, o que se verifica é que as laterais das aberturas não sofrem com a concentração de tensão de tração, sendo nula nessa localidade (SAMPAIO, 2010).

A Figura 26 (b) e a Figura 27 (b) apresentam também representação da absorção das tensões de tração pela verga e contraverga, que permite observar melhor distribuição das tensões.

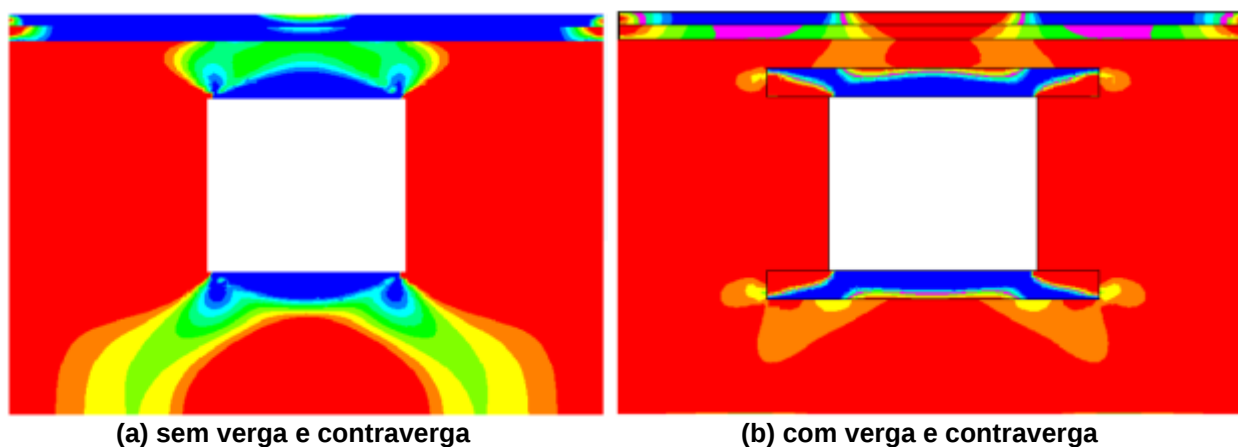


Figura 27 – Distribuição de Tensão de tração no entorno da janela
Fonte: Sampaio (2010).

Em casos onde há inexistência de vergas e contravergas ou mesmo o seu subdimensionamento, os painéis podem estar suscetíveis ao aparecimento de fissuras. As fissuras se desenvolvem a partir dos vértices das aberturas, geralmente adquirindo a forma diagonal (SAMPAIO, 2010). A configuração típica de fissuras originadas devido a sobrecarga nos pontos de abertura é apresentada na Figura 28.

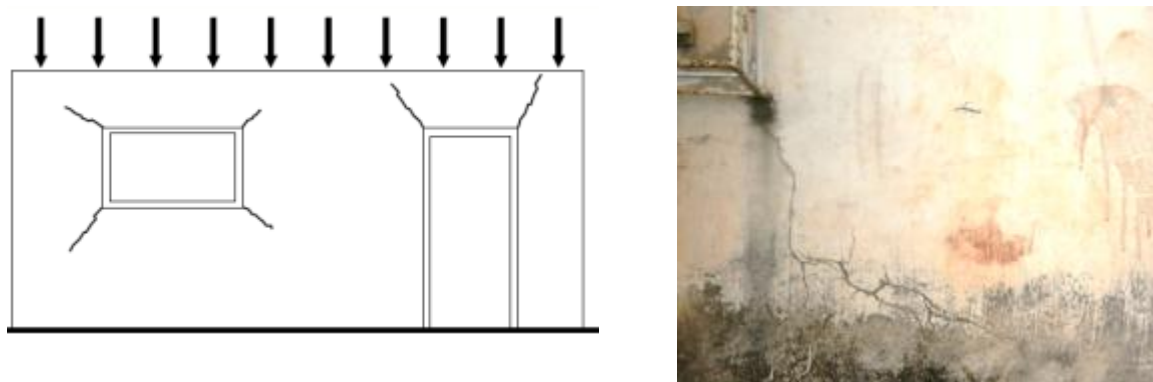
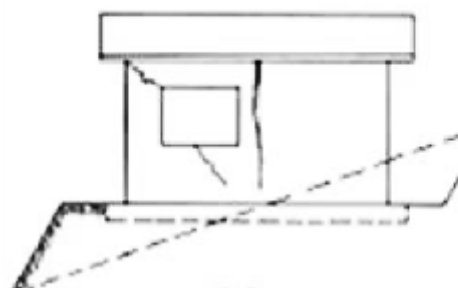


Figura 28 – Fissuras oriundas da concentração de tensão no entorno dos vãos
Fonte: Bauer (2007) e Menezes e Forte (2009), respectivamente.

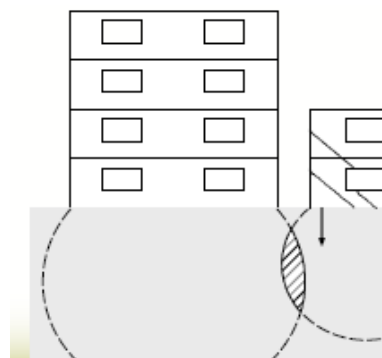
2.4.7 Efeitos externos: Recalque diferencial

São diversos os motivos que podem originar os recalques nas estruturas, por exemplo, acomodação de fundação em cortes e aterro, influência das tensões de fundações vizinhas, assentamento devido à heterogeneidade do solo, compactação diferenciada de aterros, rebaixamento de lençol freático, falhas de projeto, entre outros (THOMAZ, 2011 apud SAMPAIO, 2010).

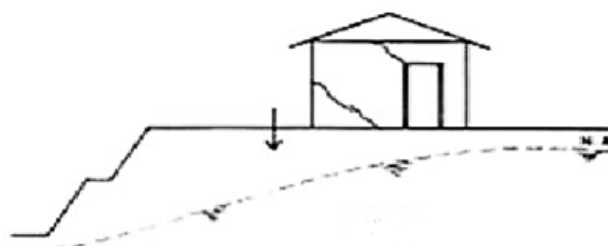
Esses recalques promovem o aparecimento de fissuras geralmente inclinadas ou verticais que costumam se localizar próximas ao primeiro pavimento da edificação, em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque (SAMPAIO, 2010). A Figura 29 ilustra diferentes formas de origem do recalque.



(a) acomodação de fundações



(b) influência de fundações vizinhas



(c) rebaixamento de lençol freático

Figura 29 – Recalque produzido por movimentação das fundações
 Fonte: Bauer (2007) e Thomaz (2001) apud Sampaio (2010).

A fissuração devido ao recalque poderá se prolongar através dos pavimentos, de forma tão intensa quanto no primeiro, conforme mostra a Figura 30. A ascensão dessas manifestações patológicas dependerá da gravidade do recalque e do tipo de construção. Quando o recalque ocorre de forma intensa as tensões de cisalhamento resultantes podem provocar esmagamentos localizados e em forma de escamas (SAMPAIO, 2010).

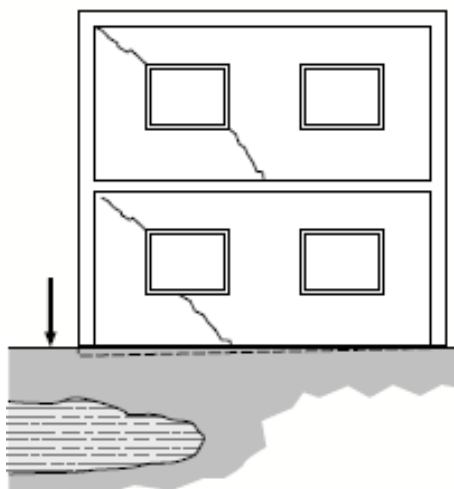


Figura 30 – Ascensão das fissuras de recalque pelos pavimentos.
 Fonte: Bauer (2007).

Especialmente nos casos de recalques, as alvenarias estruturais apresentam patologias comumente verticais ou diagonais, com a variação da abertura ao longo do seu comprimento. Em função do tipo e local do recalque, surgirão diferentes patologias, conforme ilustra a Figura 31..

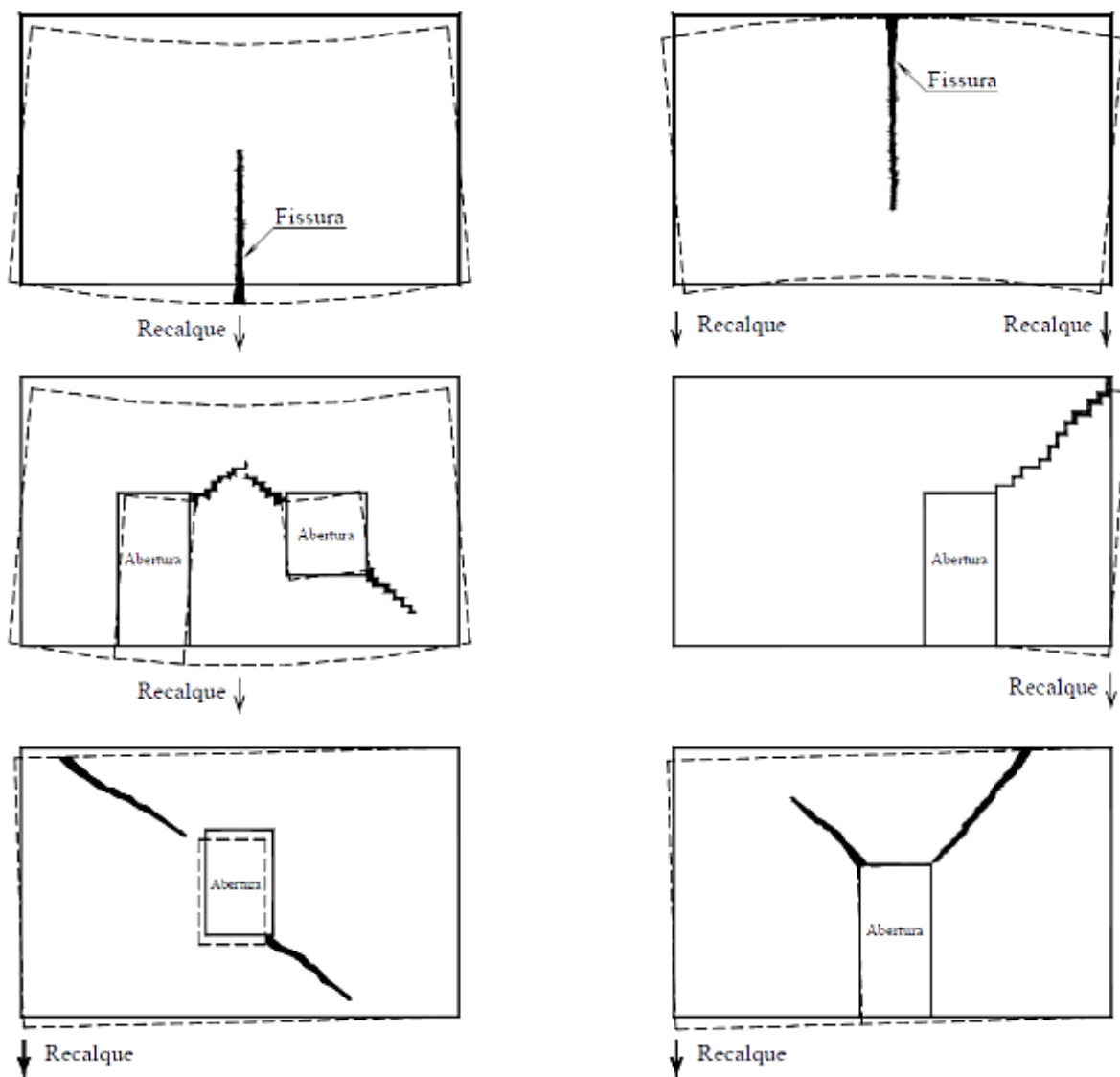


Figura 31 – Diversos tipos de fissuras causadas por recalques
Fonte: Grimm (1988) apud Júnior (2002).

Comumente, os danos causados pelas fissuras oriundas dos recalques não são estruturais, sendo apenas funcionais e arquitetônicos. Entretanto, em alguns casos, onde a alvenaria não é armada, os recalques provocam uma configuração deformada da fundação com concavidade para baixo, podendo haver o colapso por não existir barreira que impeça a propagação da fissura (HOLANDA JÚNIOR, 2002).

De forma geral, as fissuras geradas por recalque assumem diferenciados aspectos em função do apoio deslocado. Para painéis de alvenaria sem aberturas, as fissuras ocorrem comumente conforme mostra a Figura 32.

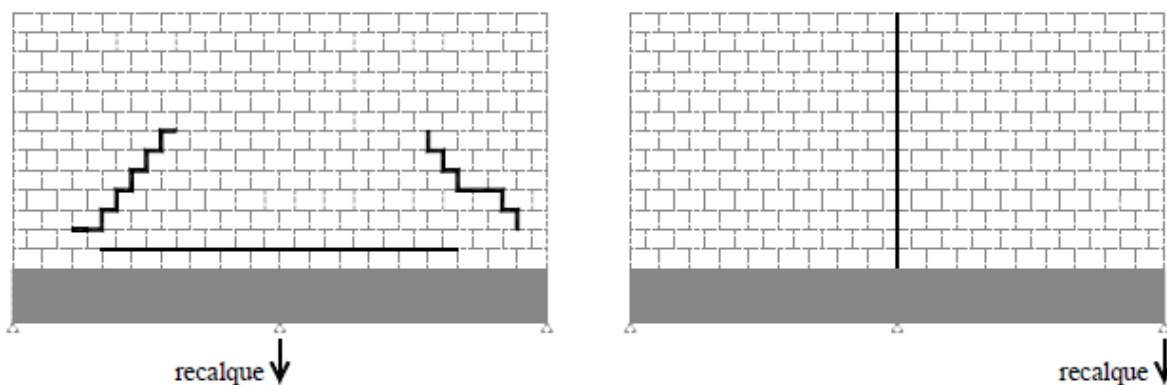


Figura 32 – Aspecto provável das fissuras de recalque em painéis sem abertura
Fonte: Holanda Júnior (2002).

Já para painéis com aberturas, a configuração básica apresentada pela fissura é conforme mostra a Figura 33, observando que não há diferença em função do apoio que houve o recalque.

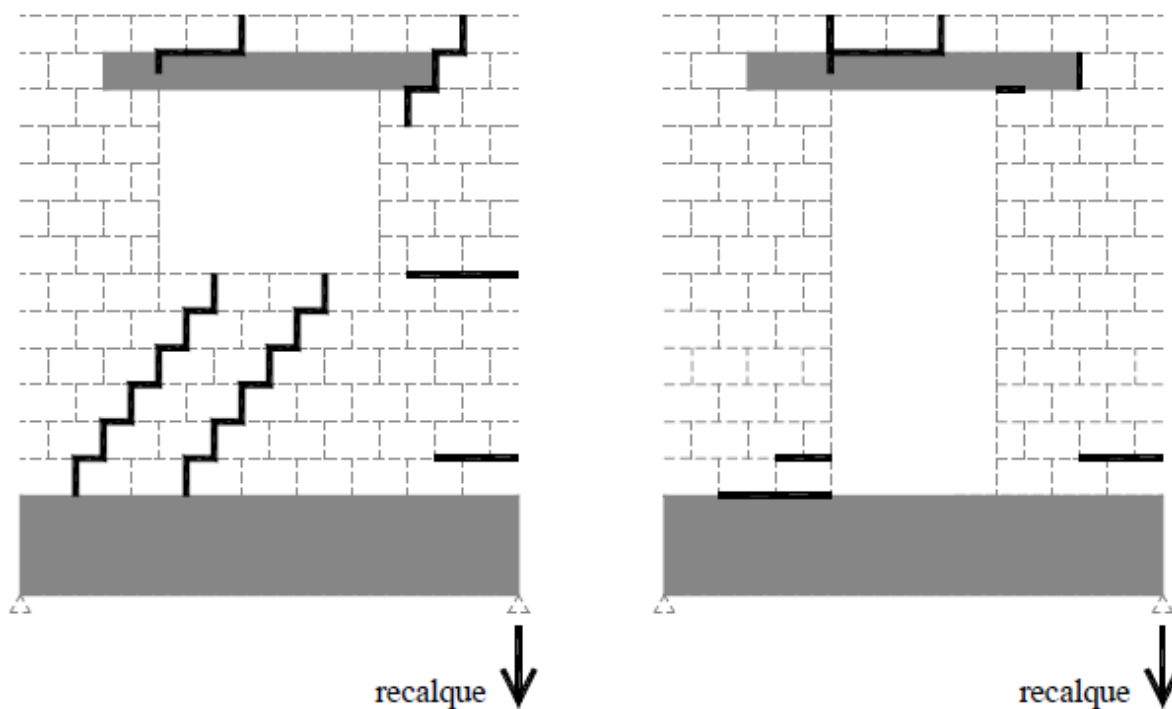


Figura 33 – Aspecto provável das fissuras de recalque em painéis com abertura.
Fonte: Holanda Júnior (2002).

2.4.8 Expansão das lajes

Como resposta às variações de temperaturas, a laje pode comportar-se de duas formas distintas: provoca variações dimensionais no plano da laje e também a curvatura da superfície da laje. Essa movimentação imposta pela laje pode, dependendo da forma de ancoragem com as paredes, induzir tensões de tração e de cisalhamento às paredes, completando seu mecanismo de ruptura (BASSO et al., 1997 apud MAGALHÃES, 2004, p. 47).

Quando lajes ancoradas às paredes deformam-se excessivamente, as paredes passam a ser solicitadas à flexão lateral que, dependendo da intensidade podem gerar fissuras horizontais próximas às lajes. A Figura 34 ilustra as fissuras horizontais que aparecem quando há o esmagamento da argamassa devido ao sobrecarregamento de esforços de flexo-compressão (SAMPAIO, 2010).

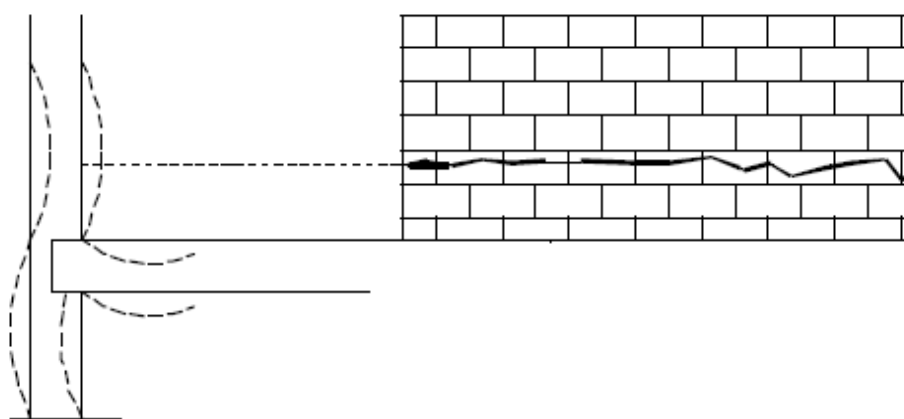


Figura 34 – Fissuração Horizontal oriunda da expansão das lajes
Fonte: Sampaio (2010).

A deformação excessiva das lajes caracteriza outra manifestação patológica muito comum, principalmente nas lajes de cobertura. As lajes de concreto são mais suscetíveis a exposição solar do que as paredes, principalmente por ter o coeficiente de dilatação cerca de duas vezes maior que o das alvenarias de blocos cerâmico, gerando movimentos diferenciados entre esses elementos, o que pode resultar na fissuração (MAGALHÃES, 2004).

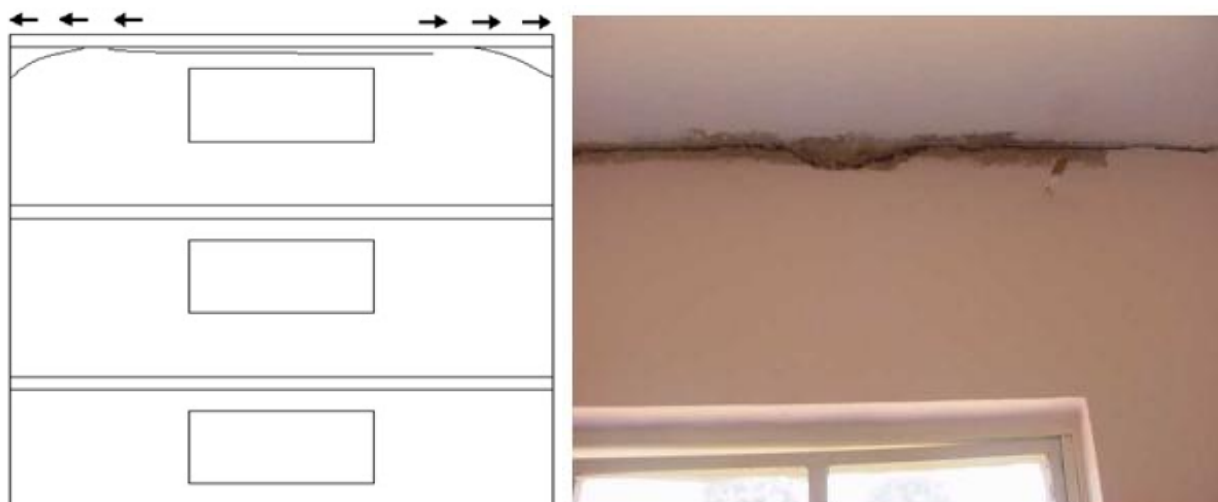


Figura 35 – Fissura horizontal causada pela movimentação da laje de cobertura
Fonte: Werle (2012) e Menezes e Forte (2009) respectivamente.

Nesse caso, as fissuras, que comumente assumem a configuração horizontal, aparecem na interface laje/alvenaria ou ligeiramente abaixo, paralelamente a laje conforme é mostrado na Figura 35 (BASSO et. al., 1997 apud MAGALHÃES, 2004, p. 50).

Outro tipo de fissura que pode ocorrer devido às restrições impostas pelas paredes à laje, é a fissura em forma de escamas - horizontais com componentes inclinados, conforme mostra a Figura 36 (MAGALHÃES, 2004).

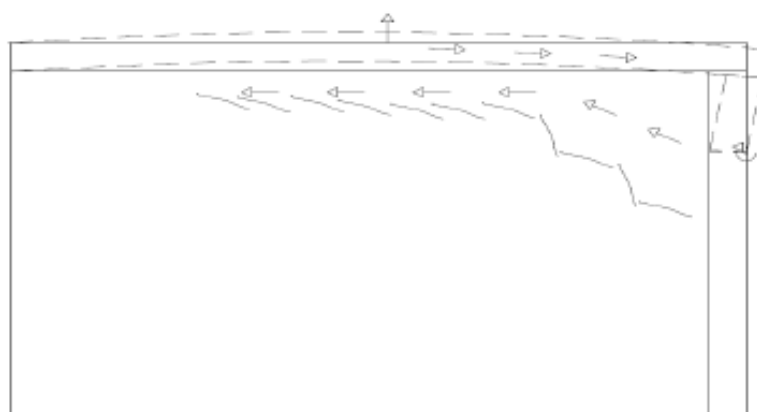


Figura 36 – Movimentação térmica da laje
Fonte: Eidt (2010).

Além das fissuras horizontais, podem ocorrer fissuras diagonais em função da movimentação térmica das lajes. Dependendo de fatores como as dimensões da laje, restrições exercidas pela alvenaria, a constituição própria da laje e mesmo a presença de aberturas pode originar fissuras conforme ilustra a Figura 37.

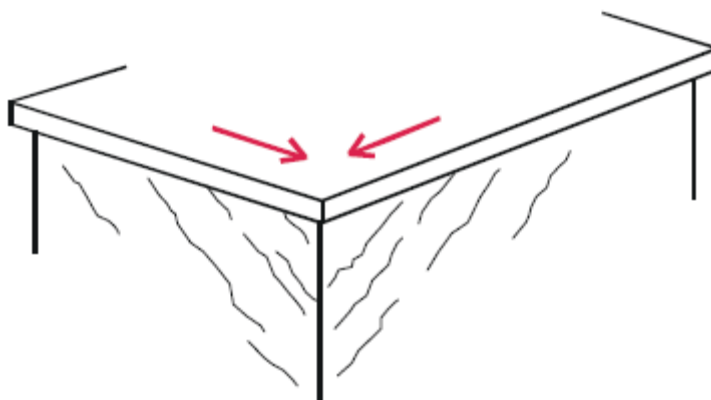


Figura 37 – Fissuras diagonais originadas pela movimentação da laje no encontro de paredes
Fonte: Magalhães (2004).

As paredes paralelas à dimensão da laje que tem maior deformação também podem sofrer pela ação de manifestações patológicas (perpendicular às fachadas). As fissuras originadas nesse caso costumam vir acompanhadas de outras manifestações comuns referentes à movimentação da laje, como as descritas anteriormente. Comumente apresentam-se em 45° em direção à laje do teto, podendo ainda, devido a fraca aderência bloco-argamassa, apresentar-se de forma escalonada, conforme pode ser observado na Figura 38.

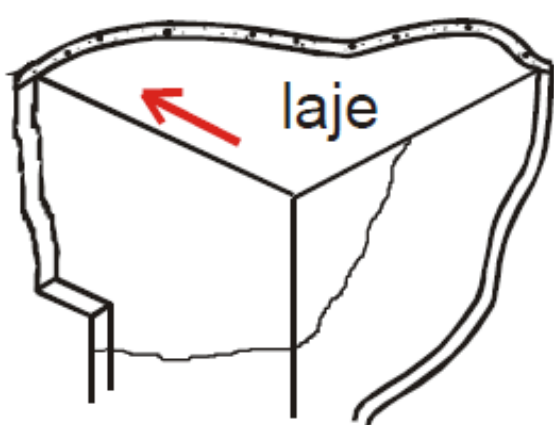


Figura 38 – Fissuras em paredes paralelas ao sentido da deformação predominante da laje
Fonte: Magalhães (2004).

Essas paredes podem ainda apresentar outro tipo de patologia, devido ao aparecimento de tensões de tração horizontais à parede que, como consequência, podem causar a fissura vertical. Como característica, tendem a apresentar uma

maior abertura conforme a proximidade com a laje. Essa anomalia pode ser observada na Figura 39.

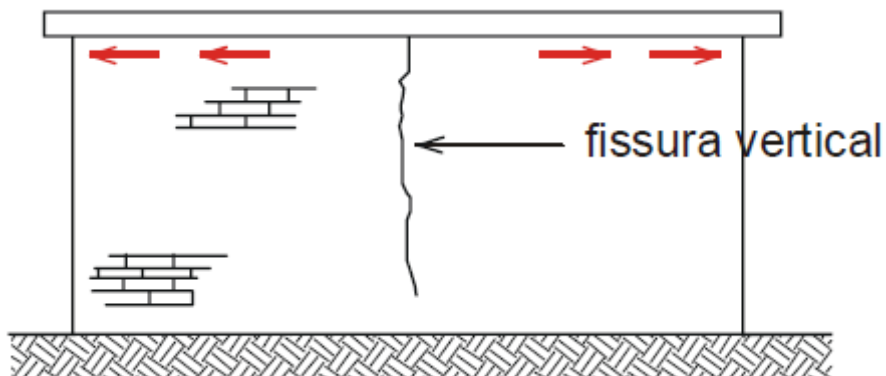


Figura 39 – Fissura vertical oriunda das tensões de tração horizontal geradas pela movimentação da laje
Fonte: Magalhães (2004).

3 AGENTES PATOLÓGICOS E TRATAMENTO

Grande parte das edificações está suscetível a sofrer por algum efeito patológico ao longo de sua vida. Comumente esses problemas são associados a deficiências de projeto, emprego de métodos inadequados, inexistência ou precária manutenção ou pela utilização indevida (TAUIL, 2010).

As características dos componentes da alvenaria estrutural têm grande contribuição para o aparecimento de fissuras, pois as matérias-primas com que esses elementos são fabricados baseiam-se essencialmente em elementos de baixa resistência à tração e, sendo a alvenaria um composto desses materiais, também assume essas características. A interface bloco-argamassa também é um local de baixa resistência à tração e é bastante suscetível a separação, explicando porque o aparecimento de fissuras nas alvenarias é um evento tão comum (HOLANDA JÚNIOR, 2002).

Além do baixo desempenho à tração, a alvenaria estrutural em geral não tem bom comportamento quanto a solicitações de flexão e de cisalhamento, o que torna mais comum o aparecimento de fissuras. Além disso, outra influencia para o aparecimento de patologias é a suscetibilidade das paredes às distorções e deformações excessivas, exigindo que se tomem cuidados especiais tanto nas etapas de definições em projeto e cálculo da estrutura quanto na execução da mesma (OLIVEIRA, 2001).

Para que uma estrutura afetada por patologias receba um tratamento adequado para correção das falhas, alguns critérios precisam ser respeitados para a correta análise da patologia, causa e efeito. Esses parâmetros são:

- O profissional responsável pelo diagnóstico precisa conhecer certos critérios para a vistoria dessas estruturas;
- Reconhecer a configuração que as patologias assumem e as frequências com que ocorrem, bem como os efeitos que elas trazem para as estruturas;
- Possibilidade de diagnosticar as origens dessas anomalias (TAUIL, 2010).

A escolha do método corretivo a ser utilizado baseia-se essencialmente na causa/efeito da patologia, dessa forma é indispensável o conhecimento das origens e consequências que a mesma pode trazer para a estrutura.

As manifestações patológicas ou os danos imprevistos nas estruturas são formas que a estrutura usa para demonstrar não ser capaz de resistir aos esforços a qual é solicitada. Dessa maneira, é preciso entender o comportamento mecânico da estrutura e os mecanismos típicos de ruptura a que está imposta, para que assim seja possível entender a existência dos danos, evitando-os ou quando necessário estudando as formas mais adequadas para o reparo das estruturas problemáticas (CHAGAS, 2005).

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES PATOLÓGICOS

O diagnóstico das patologias pode ser obtido a partir da associação entre as características físicas e construtivas da edificação e as patologias identificadas durante a vistoria/inspeção. O critério para a escolha do tratamento de uma patologia deve levar em consideração o agente causador da falha, a disponibilidade local da obra, e o julgamento ou critério escolhido pelo responsável (TAUIL, 2010).

A análise das causas das manifestações patológicas ainda é considerada um estudo complicado, pois, em geral, uma anomalia é resultado da combinação de mais de uma causa. Isso pode ser verificado, por exemplo, pela falta de qualidade dos blocos, pelo manuseio inadequado, ou pela falta de juntas de movimentação. Outra dificuldade encontrada é que as patologias podem mostrar-se muito semelhantes fisicamente enquanto que as causas que levaram as mesmas podem ser totalmente divergentes, exigindo do profissional, além de treinamento, certa experiência para que seja possível a identificação através apenas da inspeção visual (CORSINI, 2010).

3.1.1 Projeto

A definição da distribuição das paredes estruturais é uma etapa importante que deve ser realizada em relação a função que se deseja obter com a alvenaria estrutural, e também com as condições que apresenta o local da obra, como o tipo de solo, clima, etc. Há uma vasta gama de arranjos estruturais

possíveis, que diferirão em função, principalmente, dos esforços que deverão suportar (ROMAN et al., 2007).

O responsável pelo projeto estrutural deve conhecer tanto as teorias básicas de dimensionamento da estrutura, quanto as manifestações patológicas comuns a esse método construtivo, para que o projeto contemple características que garantam condições de prevenir as causas desses problemas, sendo responsabilidade do projetista incorporar detalhes eficazes na eliminação ou na redução do aparecimento das patologias (ROMAN et al., 2007).

As paredes de alvenaria estão submetidas, geralmente, a diversas condições de carregamento e a falha pode ocorrer de diversas maneiras. Principalmente, os carregamentos decorrentes de forças gravitacionais e horizontais são tomados com maior cautela, e considerados atuando simultaneamente em função de projeto. Em função da combinação de carregamentos, os modos de falha que comumente ocorrem nas estruturas em alvenaria são observados na Figura 40.

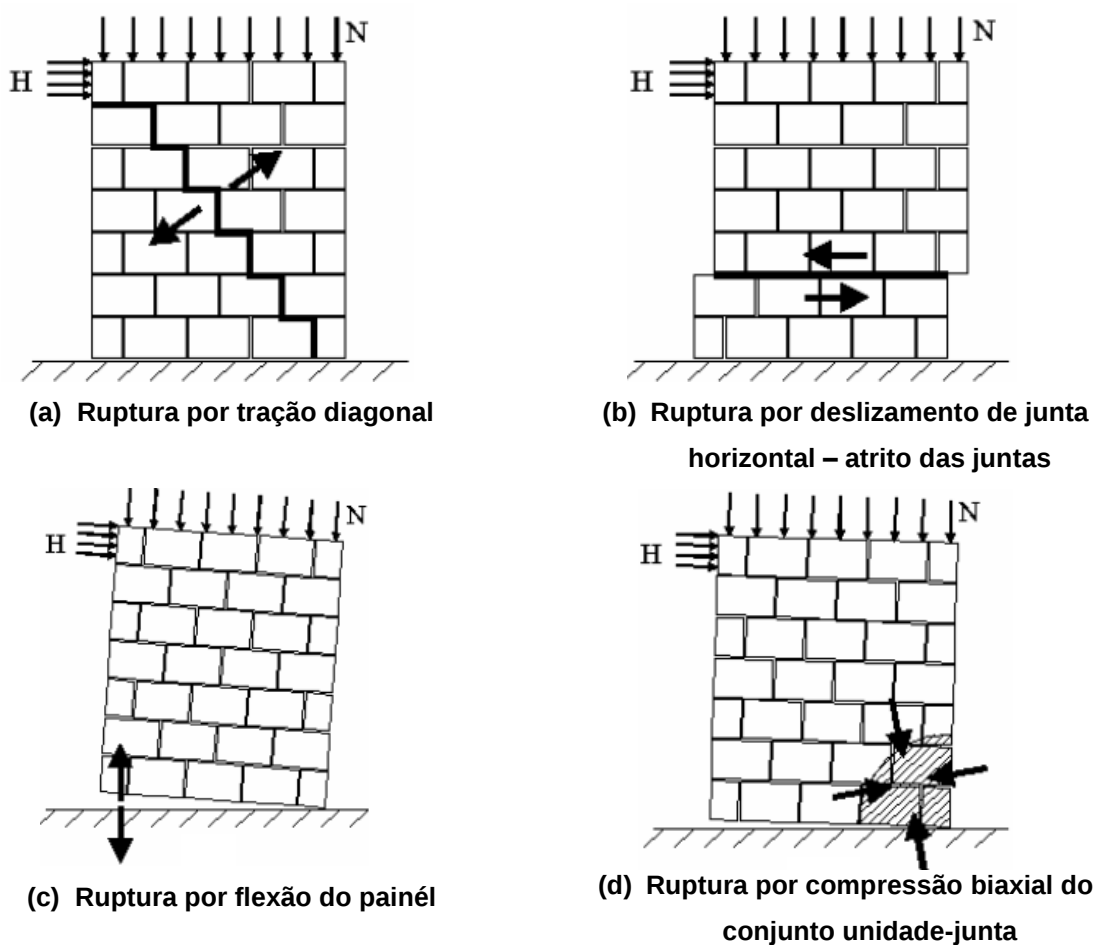


Figura 40 – Modos de Falha da Alvenaria Estrutural
 Fonte: Ramirez (2007).

Através da análise das tensões que atuarão na estrutura em alvenaria é possível prever elementos que garantam a sua integridade estrutural, principalmente quando há pontos de concentração de tensões de tração, sendo necessário utilizar dispositivos adequados que sejam capazes de absorver esses esforços. Todas essas definições fazem parte das etapas iniciais do projeto e são necessárias para que se atinja um bom desempenho na alvenaria (ROMAN et al., 2007).

A integridade das alvenarias estruturais muitas vezes só é atingida ou aumentada quando se utilizam outros elementos além das paredes. As lajes, por exemplo, podem ser exploradas para aplicar as cargas verticais nas paredes, fazer a amarração da estrutura e ainda a distribuição das cargas horizontais. Outros elementos como escadas, poços de elevadores e de condução de dutos podem ser utilizados para produzir a rigidez lateral (ROMAN et al., 2007).

O projeto de uma estrutura em alvenaria deve prever alguns mecanismos para evitar que, a partir de algum dano acidental, haja o colapso da estrutura. As recomendações feitas pela NBR 15961-1: Alvenaria Estrutural - Blocos de Concreto. - Projetos, indicam a utilização de três ações complementares que podem ser utilizadas em conjunto (ASSOCIAÇÃO...,2011). São elas:

- Proteção contra a atuação das ações excepcionais por meio de estruturas auxiliares;
- Reforço com armaduras construtivas que possam aumentar a ductilidade;
- Consideração da possibilidade de ruptura de um elemento, computando-se o efeito dessa ocorrência nos elementos estruturais da vizinhança (PARSEKIAN, 2012).

Mesmo quando a estrutura apresenta todos os mecanismos necessários para que se garanta a sustentação de todas as ações a que é solicitada, o aparecimento de patologias pode estar ligado ao conteúdo dos projetos. Ou seja, à falta de informações que, estando ausentes, podem favorecer equívocos no momento da execução.

A etapa de detalhamento tem grande importância na eficácia do projeto. O projeto de alvenaria estrutural deve apresentar os desenhos técnicos necessários de todas as plantas de fiadas diferenciadas, elevações também são essenciais para o entendimento adequado. A Figura 41 mostra um tipo de erro de execução, devido a falta de informações de projeto.



Figura 41 – Falta de detalhamento pode levar ao imprevisto na execução
Fonte: Roman et al. (2007).

Amarrações das paredes, pontos grauteados e as respectivas armaduras, quando necessário, são itens que precisam estar perfeitamente indicados nos desenhos, assim como os devidos posicionamentos, configurações e especificações. Os locais de posicionamento de juntas, espaçamento e o material de preenchimento das mesmas também devem ser apresentados nos projetos conforme a NBR 15961-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2011).

Segundo a NBR 15961-1, o projeto necessariamente deve indicar as resistências à compressão dos elementos – blocos, argamassa e grautes –, assim como também as especificações dos aços que deverão ser utilizados: classe e bitola. A resistência dos blocos é outra informação que deve aparecer nos projetos para que a resistência de prismas seja garantida (ASSOCIAÇÃO..., 2011).

A Figura 42 exemplificada um resumo de materiais e especificações, informações necessárias para projeto.

RESUMO DE MATERIAIS

Blocos: fbk variável por pavto.

Argamassa: tipo iii (1:1:5)

Graute: 1:3:2 (ci:a:pe)

Prismas: fp variável por pavto.

fp' refere-se ao prisma sem graute

fp'' refere-se ao prisma grauteado

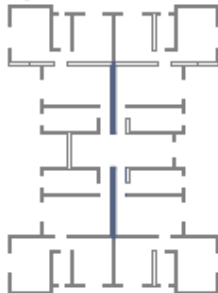
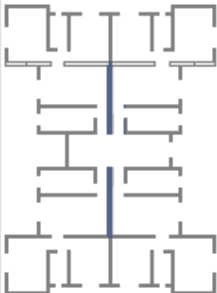
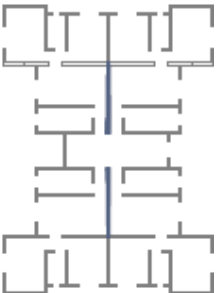
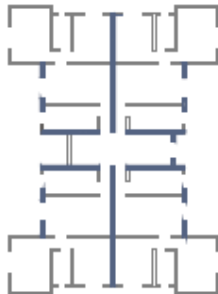
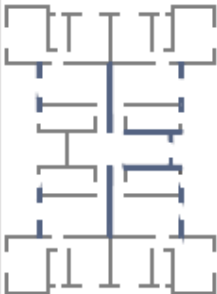
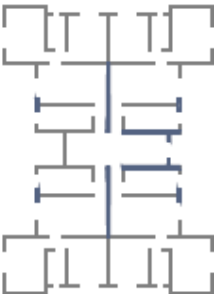
4º pavto. fbk = 6,0 MPa fp' = 3,54 MPa fp'' = 4,87 MPa 	5º pavto. fbk = 6,0 MPa fp' = 4,01 MPa fp'' = 4,01 MPa 	6º pavto. fbk = 6,0 MPa fp' = 3,27 MPa fp'' = 3,27 MPa 
1º pavto. fbk = 9,0 MPa fp' = 5,42 MPa fp'' = 7,36 MPa 	2º pavto. fbk = 6,0 MPa fp' = 4,60 MPa fp'' = 6,54 MPa 	3º pavto. fbk = 6,0 MPa fp' = 3,74 MPa fp'' = 5,71 MPa 

Figura 42 – Detalhamento geral que deve constar em projeto
Fonte: Roman et al. (2007).

A Figura 43 apresenta um exemplo dos desenhos que podem compor a prancha de paginação das paredes.

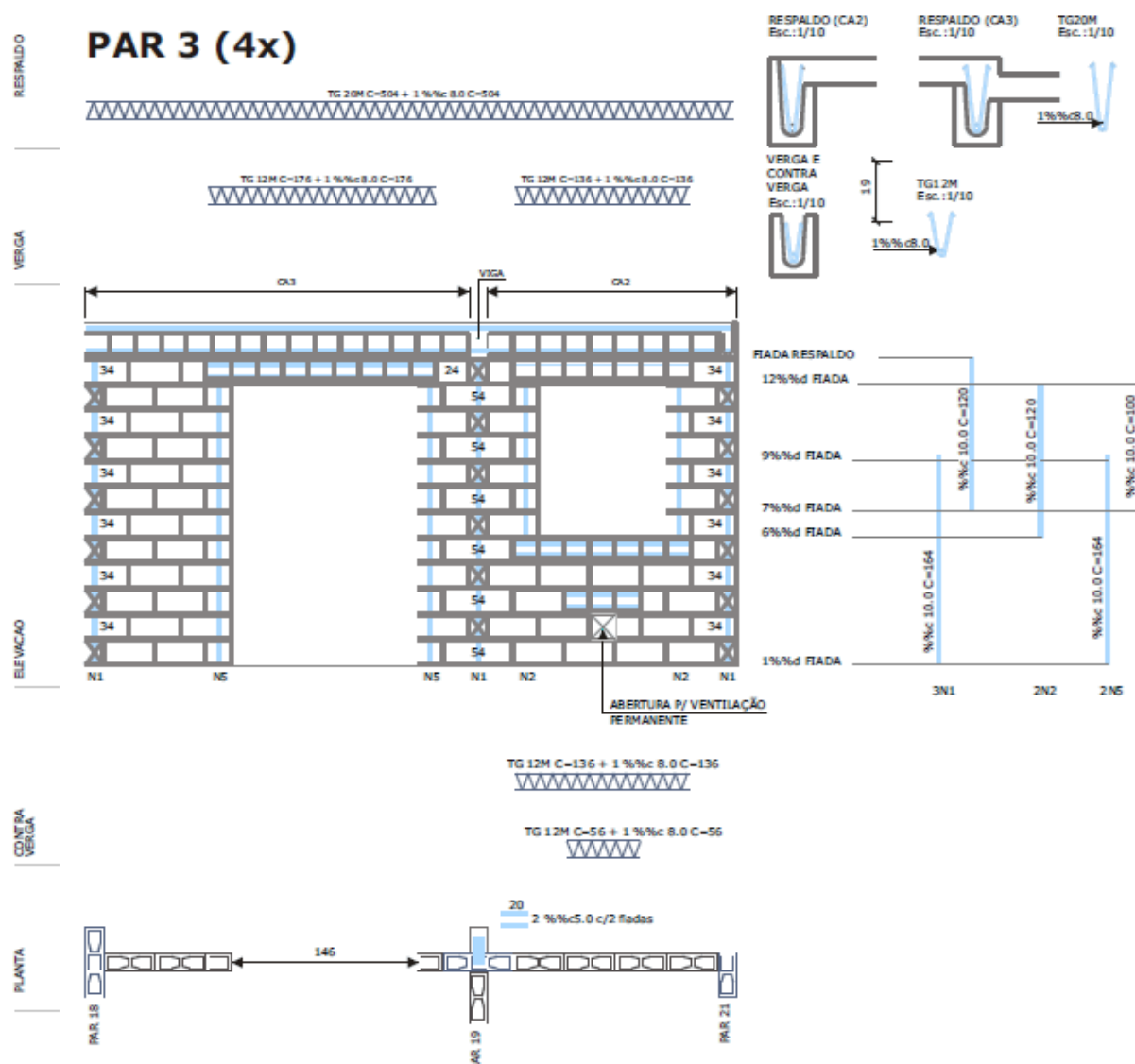


Figura 43 – Exemplo dos detalhes de um projeto de paginação
Fonte: Roman et al (2007).

A Figura 44 mostra como pode ser feito o detalhamento das amarrações entre paredes.

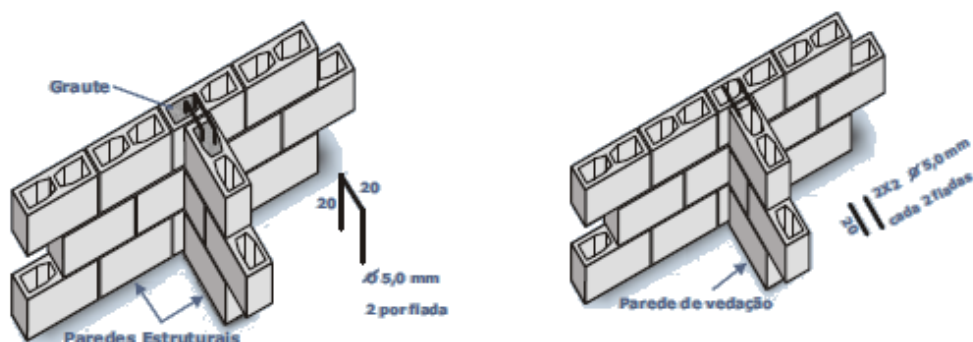


Figura 44 – Detalhe da amarração entre paredes por meio de grampos em aço
Fonte: Roman et al. (2007).

3.1.2 Execução

A alvenaria estrutural, considerado um material heterogêneo, é executada através do assentamento dos blocos, uns sobre os outros, unidos por juntas de argamassa. A técnica executiva proporciona ao material, ou ao conjunto de materiais, características anisotrópicas que influenciam diretamente no comportamento mecânico da alvenaria, o qual ainda é uma resposta das características e propriedades dos componentes e das suas interações (RAMIRES, 2007).

A alvenaria estrutural assume características não só em função do projeto escolhido ou dos materiais que serão utilizados, mas dos procedimentos construtivos adotados. Esse tem grande influência, tanto com relação à técnica construtiva em si quanto à qualidade da mão de obra designada a execução (ROMAN et al., 2007).

A Figura 45 mostra um exemplo de falta de cuidado durante a execução, o que pode levar ao aparecimento de patologias. Nesse caso houve o desrespeito do projeto durante a execução, esquecendo-se de executar um elemento de grande importância: a contraverga.



Figura 45 – Descuido na execução
Fonte: Roman et al. (2007).

Segundo Roman et al (2007), alguns fatores influenciam diretamente nas características da alvenaria estrutural e precisam de cautela, como as juntas, condições climáticas, forma de assentamento e ritmo da construção.

As juntas tem influente contribuição na resistência da alvenaria e assim, para que se atinja o desempenho esperado em projeto, é preciso que o preenchimento das juntas seja executado corretamente para se evitar perdas de resistência imprevistas. Juntas horizontais quando não preenchidas por completo podem reduzir a capacidade resistente à compressão da alvenaria enquanto as juntas verticais podem reduzir, além da resistência à compressão a resistência ao cisalhamento e a flexão da parede. Quando as juntas tem espessuras variáveis durante o painel de alvenaria ou apresentam-se muito espessas, problemas também poderão aparecer – vide a Figura 46.



Figura 46 – Variação na espessura das juntas
Fonte: Roman et al. (2007).

As condições climáticas durante a execução das alvenarias estruturais devem ser observadas, principalmente quanto ao calor excessivo. Deve-se impedir que ocorra a perda excessiva de umidade por evaporação, pois assim se evita interferências na hidratação do cimento e por consequência a redução da resistência da argamassa.

O traço da argamassa deve seguir criteriosamente as recomendações em projeto evitando-se qualquer alteração do mesmo para que sejam melhoradas características como trabalhabilidade, por exemplo. Qualquer alteração pode representar a diminuição da resistência da argamassa, modificando as características estruturais da alvenaria.

O assentamento das peças deve ser realizado com cuidado e qualquer ajuste no posicionamento do mesmo deve ser feito no exato momento em que se assenta a peça. A movimentação das unidades após o posicionamento pode

propiciar a perda de aderência entre argamassa e bloco, alterando a resistência final do painel além de favorecer o aparecimento de fissuras no local.

O ritmo de andamento do assentamento dos blocos é um fato que deve ser controlado. Quando se assentam grande número de camadas sobre uma argamassa fresca, que ainda não adquiriu as características adequadas, a mesma pode sofrer deformações que trarão deficiências no posicionamento dos blocos, tanto no prumo quanto no alinhamento da parede.

Todos os fatores citados anteriormente tem completa relação com a qualidade da mão de obra e sua adequada qualificação. A falta de alinhamento e prumo nas obras também esta diretamente relacionada à resistência das paredes e assim ao aparecimento de patologias nas estruturas.

3.1.3 Materiais

A qualidade de uma alvenaria estrutural só é passível de ser alcançada através da utilização de materiais de boa qualidade. Deficiências em materiais, na maioria das vezes, resultam em problemas na execução, como falta de prumo, nível e alinhamento além de poderem não conferir às paredes as características resistentes especificadas em projeto (ROMAN et al., 2007).

A dosagem inadequada de argamassas e a utilização de materiais de qualidade insuficiente podem ser propulsores de vários problemas encontrados nas alvenarias, em especial nas alvenarias estruturais.

O módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson das argamassas são características de grande influencia para o comportamento da alvenaria estrutural. Esses índices são determinados experimentalmente e variam de acordo com o traço utilizado para a argamassa. Em função do traço utilizado, há uma tendência de redução no valor do coeficiente de Poisson com relação ao aumento de resistência da argamassa.

Outra característica observada na argamassa é que conforme aumenta-se a relação água/cimento ocorre um aumento nos valores de absorção de água e índice de vazios internos da argamassa, mostrando a grande influencia que o traço e as características dos materiais empregados têm na característica final da argamassa (MOHAMAD et al., 2009).

A retração de uma alvenaria tem direta ligação com a retração dos blocos que a compõe. Assim, a qualidade de fabricação dos blocos influenciará na maior ou menor retração das paredes (PARSEKIAN et al., 2006).

Os blocos, após assentados, precisam ter a menor retração possível para reduzir o potencial de retração de uma parede. Nos blocos de concreto, o potencial de retração pode ser definido pela qualidade na produção dos mesmos, isso porque quando a fábrica produtora utiliza uma elevada energia de vibroprensagem é possível que se controle melhor o traço dos blocos, especialmente quanto a quantidade de cimento: para atingir a mesma resistência utilizando menor energia do processo de vibroprensagem o traço precisa ser mais rico em cimento, o que consequentemente apresenta uma maior taxa de retração.

Já, quanto à cura, o processo interfere diretamente na aceleração das reações iniciais do cimento, fazendo com que grande parte da parcela da retração irreversível do bloco ocorra nos primeiros dias após a fabricação.

Garantida a qualidade de produção dos blocos, os cuidados essenciais são apenas em função das condições de assentamento dos blocos, já que se os mesmos forem submetidos à alta umidade inicialmente, quando entrarem em equilíbrio, ocorrerá a retração reversível. Esse fato explica o porquê de se evitar o assentamento de blocos úmidos.

O recomendado, segundo a NBR 8798: Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural, é que os blocos sejam assentados com idade superior a 21 dias, evitando-se além da retração irreversível a retração hidráulica inicial. Todavia, blocos produzidos sobre maior controle podem ser utilizados dentro de 14 dias, desde que sejam apresentados os ensaios de retração (ASSOCIAÇÃO..., 1985).

3.1.4 Movimentação da Estrutura

As condições climáticas aliadas às características dos materiais que constituem os painéis de alvenaria exigem das construções a capacidade de se movimentar. Grandes dimensões de estruturas aumentam o nível de movimentação das estruturas, o que pode gerar elevadas concentrações de tensões. Quando não contidos, esses pontos de concentração originam micro-fissuras, que podem levar ao surgimento de fissuras e trincas.

A configuração das movimentações varia em função das características dos materiais utilizados. Diferente da alvenaria de blocos de concreto, onde a tendência é de que ocorra a retração reversível, na alvenaria cerâmica a principal causa de movimento é a expansão por variações de umidade e temperatura.

Para minimizar ou impedir os efeitos gerados pela movimentação excessiva, juntas de movimentação ou controle devem ser previstas em projeto, que por função, limitarão as dimensões dos painéis evitando que ocorram elevadas concentrações de tensão oriundas das deformações excessivas, reduzindo as manifestações de patologias referentes à movimentação da estrutura.

A movimentação da estrutura é controlada em função da sua extensão e através de restrições. Para evitar o elevado grau de restrições, boas práticas recomendam a inclusão das juntas, em casos específicos, como mostra a Figura 47 (VILATÓ e FRANCO, 1998).

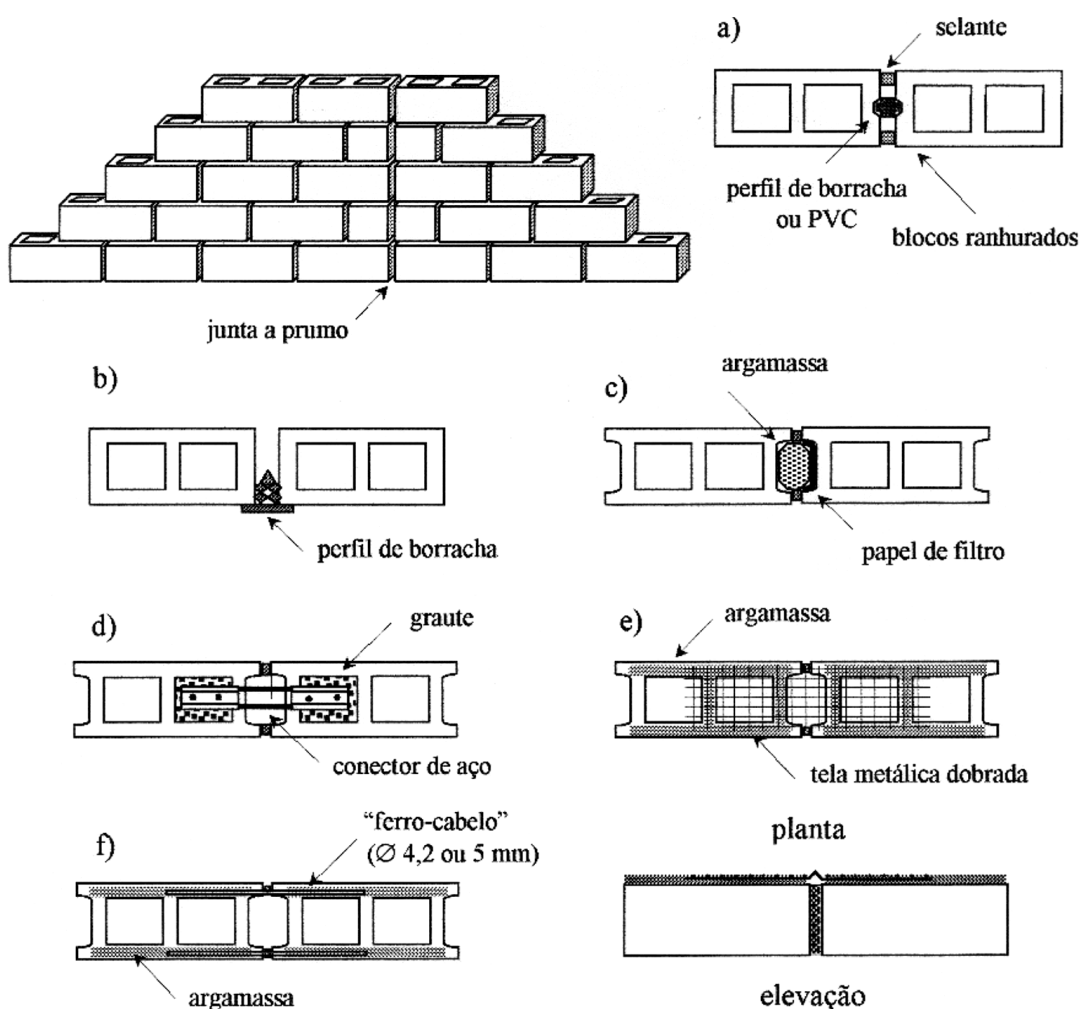


Figura 47 – Tipos de juntas de movimentação
Fonte: Vilató e Franco (1998).

Além das juntas de controle, que de acordo com a NBR 8798 são usualmente verticais e interrompidas, seccionando todos os elementos, em alguns casos juntas de dilatação também são necessárias, seccionando todos os componentes estruturais, isolando trechos da construção. A configuração dessas juntas pode ser observada na Figura 48 (ASSOCIAÇÃO..., 1995).

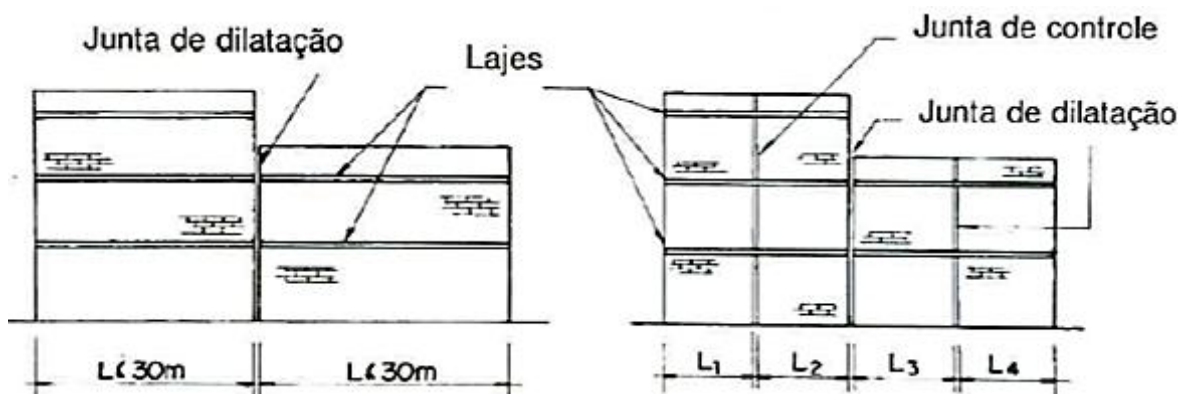


Figura 48 – Comparação entre juntas de dilatação e de controle
 Fonte: Duarte (1999) apud Richter (2007,p. 49).

Em alguns casos, a alta exposição de certas fachadas à radiação solar, faz com que seja necessária a implantação de juntas, evitando a concentração de tensões nas fachadas transversais devido à dilatação térmica, conforme mostra a Figura 49.



Figura 49 – Função das Juntas de Controle
 Fonte: Eidt (2010).

Nessa situação podem ser utilizadas duas formas de controle para evitar que patologias se manifestem nessas regiões: através das juntas de controle, onde é liberada a movimentação; ou por meio da restrição, com a colocação de armaduras horizontais na alvenaria reforçadas com graute. No último caso,

entretanto, o caso deve ser estudado para que não haja a concentração exagerada de tensões, gerando fissuras internas (EIDT, 2010).

Uma das formas de evitar a concentração de tensões é utilizando a técnica mostrada na Figura 50 e Figura 51.

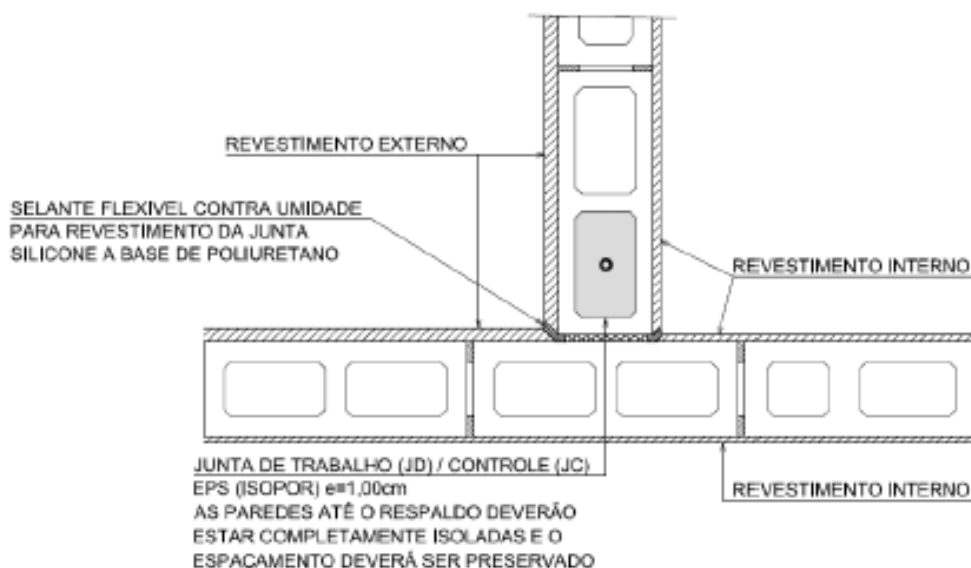


Figura 50 – Junta de controle no encontro de paredes

Fonte: Eidt (2010).

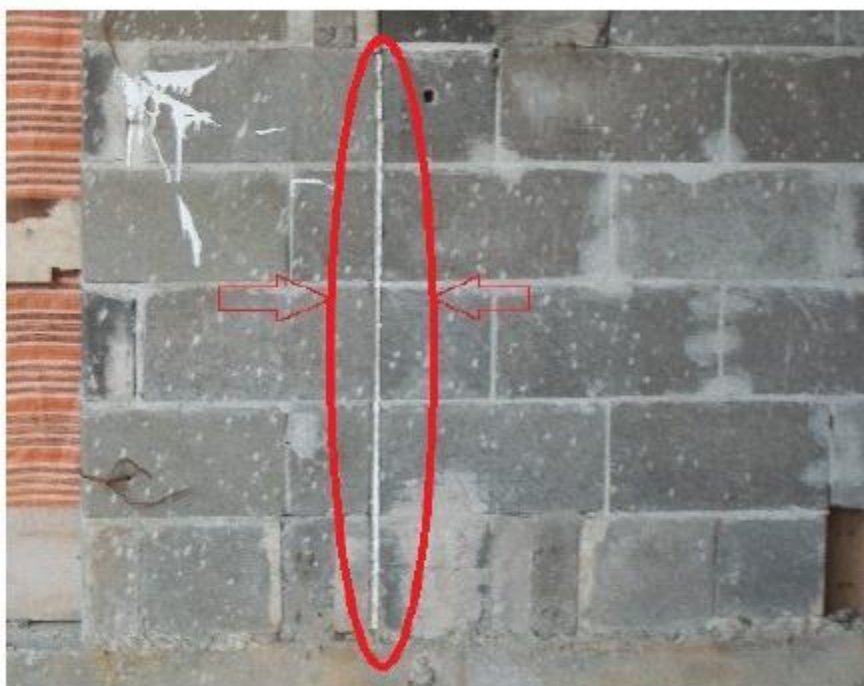


Figura 51 – Junta de trabalho entre panos de alvenaria

Fonte: Eidt (2010).

As lajes, especialmente de cobertura, podem gerar fissuras causadas pela dilatação térmica, especialmente causadas pela inexistência de detalhes apropriados na ligação entre parede e laje. O cintamento excessivamente rígido ou um sistema de apoio deslizante que propicie a liberação da movimentação da laje são formas de evitar ou minimizar a ocorrência dessas manifestações patológicas (OLIVEIRA, 2001).

A disposição de juntas de dilatação na laje, por separar a estrutura em duas ou várias, pode reduzir o valor da tensão de cisalhamento nas paredes. Outra forma de conter o aparecimento de fissuras é a colocação de papel betumado sobre as paredes que apoiam a laje, reduzindo significativamente o coeficiente de atrito entre a laje e a parede (VILATÓ e FRANCO, 1998).

A Figura 52 mostra a configuração de uma junta de dilatação separando paredes de alvenaria estrutural.

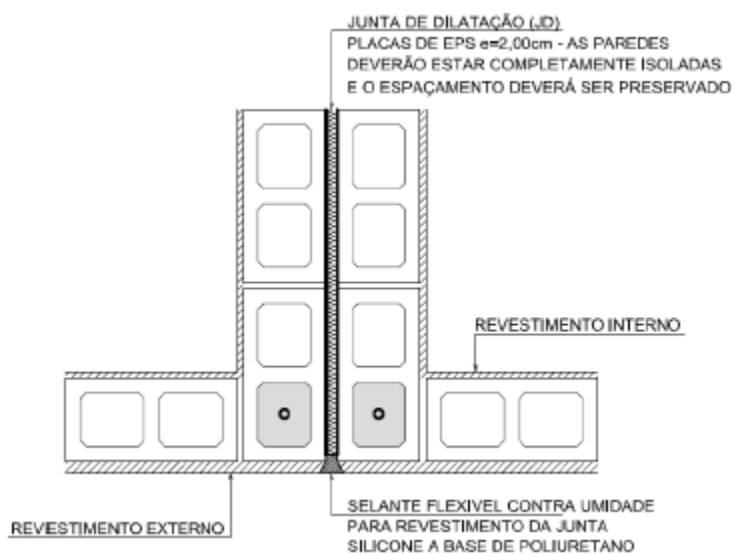


Figura 52 – Junta de Dilatação - Laje de Cobertura (Detalhe em planta)
 Fonte: Eidt (2010).

Ainda pode-se utilizar a desvinculação de movimento, com a utilização de aparelhos de apoio de borracha extrudada ou uma manta asfáltica, permitindo a livre movimentação da laje, conforme mostra a Figura 53 (VILATÓ e FRANCO, 1998).

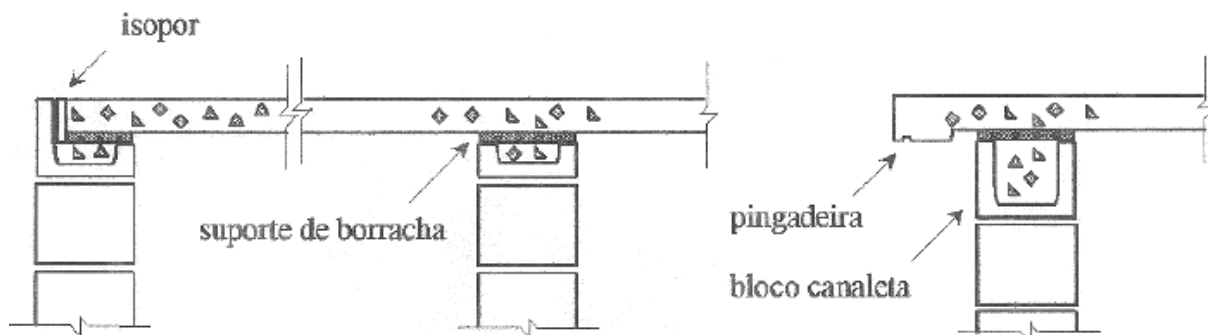


Figura 53 – Juntas horizontais de desvinculação da laje com as paredes de alvenaria
Fonte: Vilató e Franco (1998).

Outro agente patológico responsável pelo aparecimento de grandes problemas patológicos é a interação da fundação e da alvenaria estrutural. A alvenaria estrutural é um sistema estrutural com pequena ductilidade, apresentando grande impacto a interferência das estruturas sobre o qual se apoia. Por esse motivo, mesmo pequenos deslocamentos nas fundações podem gerar grandes danos para a estrutura de alvenaria, sendo, portanto, necessário conhecer os limites que a estrutura pode admitir e as consequências que as movimentações da fundação trarão para a superestrutura (HOLANDA JÚNIOR, 2002).

Segundo Skempton & MacDonald (1956) apud Holanda Júnior (2002, p.25), o principal responsável pelo aparecimento de fissuras é fator do raio de curvatura do recalque. Além do recalque, deslocamentos horizontais e rotações também exercem grande influencia no comportamento de estruturas de alvenaria, principalmente próximos à fundação.

A Figura 54 apresenta uma análise das solicitações sofridas pelas paredes de alvenaria estrutural em função do local onde ela sofre o recalque.

Nesses casos, duas ações poderiam ser tomadas para minimizar a probabilidade de ocorrerem problemas relativos à movimentação das fundações: a adoção de juntas de movimentação com uma estrutura capaz de acomodar certos níveis de recalques diferenciais ou impedir que a estrutura sofra por esse efeito, investindo grandes quantias nas fundações.

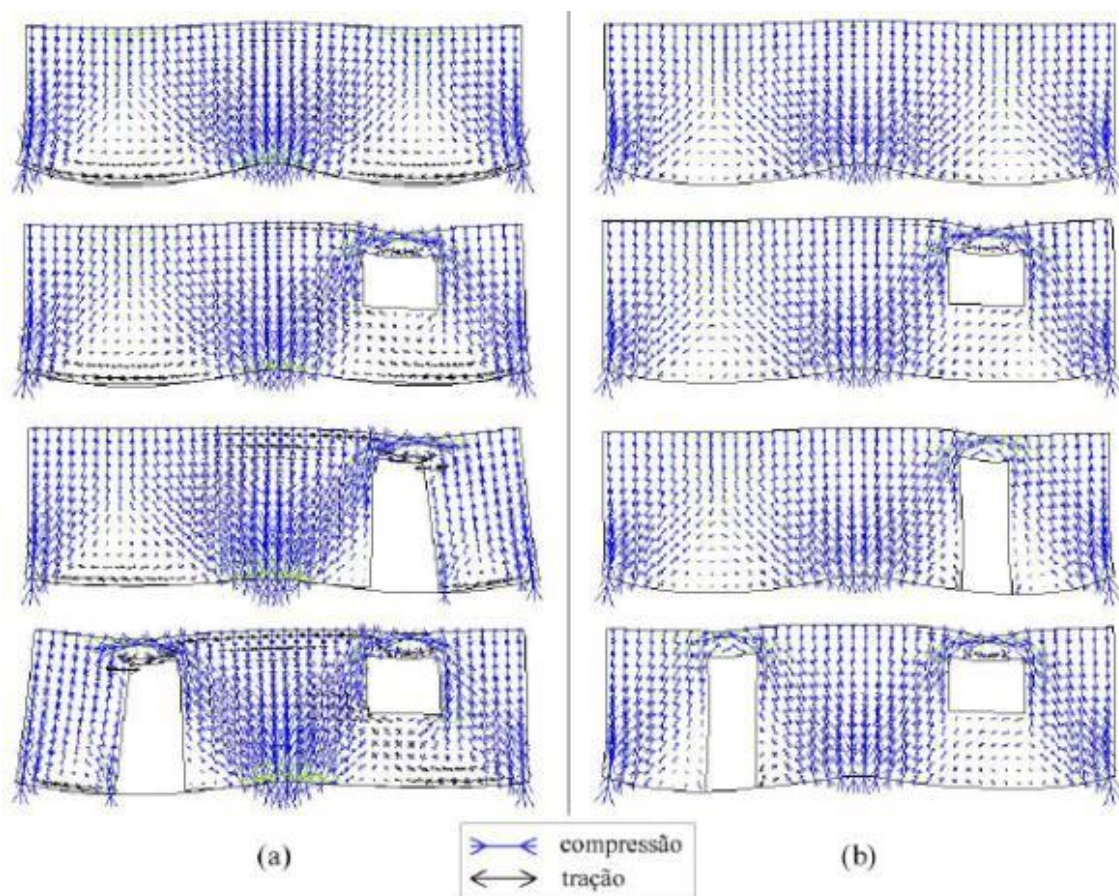


Figura 54 – Análise das tensões em paredes de alvenaria sujeitas a recalques
Fonte: Júnior (2002).

O aumento da ductilidade das paredes de alvenaria também pode ser uma solução para minimizar o aparecimento das fissuras, como a adição de armadura horizontal nas juntas (HOLANDA JÚNIOR, 2002).

3.2 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO OU SOLUÇÕES

As estruturas em alvenaria podem sofrer intervenção de diversas formas segundo o objetivo a que se pretende na estrutura:

- Proteção;
- Reparação;
- Restauração;
- Reforçada;
- Reformulação Estrutural;

Geralmente para a reabilitação das paredes afetadas por patologias, utiliza-se uma ou várias etapas combinadas, desde a eliminação das anomalias, substituição dos elementos e/ou materiais, ocultação das anomalias, proteção contra agentes agressivos, eliminação das causas das anomalias, reforço das características funcionais. A escolha da estratégia a ser utilizada vai variar em função do tipo de patologia, da facilidade do diagnóstico e das condições técnicas, econômicas e viáveis de tais procedimentos (ARAÚJO, 2010) (SILVA, 2002).

Após a análise dos mecanismos patológicos, identificando principalmente se o motivo da falha tem relação com o comportamento estrutural, é possível verificar a melhor solução, seja ela reforço ou reabilitação (SAMPAIO, 2010)

Para trincas, os tratamentos convencionais diferem com relação às trincas “vivas” (em fase de desenvolvimento) e “mortas” (estabilizadas). Para trincas vivas, comumente utilizam-se terapias com aplicação de materiais elásticos, como poliuretanos, siliconados, polissulfetos e resinas acrílicas. Já para as trincas mortas, convencionalmente utilizam-se tratamentos com massa de resina epóxicas ou selantes rígidos. Para os dois casos, o modo de aplicação também é diferente: enquanto que para trincas vivas é utilizado a injeção dos materiais, para o segundo caso pode ser feita apenas uma colmatação – cobrimento superficial (OLIVEIRA, 2001).

3.2.1 Argamassa Armada e Reboco Armado

Para conter as trincas e fissuras oriundas de problemas estruturais, a alvenaria estrutural pode ser reforçada utilizando a técnica de argamassas armadas, que consiste na introdução de armaduras chumbadas com argamassa rica em cimento e posicionadas perpendicularmente à fissura (OLIVEIRA, 2001).

Essa técnica é utilizada também para tratamento de estruturas de concreto, apresentando características de melhoria na resistência e ductibilidade e também a durabilidade das estruturas tratadas. Quando aplicada a técnica corretamente, os painéis revestidos mostram um aumento na carga de ruptura, até duas vezes maior.

A técnica geralmente consiste na aplicação do revestimento armado por toda a superfície das paredes, não só recuperando a trinca, mas reforçando a

alvenaria como um todo. Assim, além do aumento das características já citadas, a técnica pode ser utilizada em situações onde há necessidades estruturais especiais como reservatórios, muros de arrimo, etc. (OLIVEIRA, 2001).

Para os casos de recuperação, inicialmente deve-se fazer o preenchimento das fissuras com pasta de cimento, para que então a parede receba um revestimento de argamassa reforçada com tela de aço disposto nas duas faces da parede. O revestimento deve ter espessura pequena, mas deve apresentar o cobrimento necessário para que não haja a deterioração da armadura (± 30 mm). A Figura 55 mostra a colocação de telas em paredes de alvenaria estrutural para testes.



Figura 55 – Utilização de telas de aço para reforço da alvenaria
Fonte: Cyrino (2012).

Outra possibilidade é a aplicação do revestimento sem que haja o reparo prévio da patologia. A argamassa é projetada por meio de uma bomba sobre as duas faces da parede, onde foram previamente posicionadas telas de aço, conforme mostra a Figura 55 (OLIVEIRA, 2001).



Figura 56 – Jateamento da argamassa sobre as telas metálicas
Fonte: Elgawady et al.(2004) apud Araújo (2010, p.32).

O revestimento das paredes através de argamassa armada além de propiciar o aumento da capacidade resistente, aumenta a sua rigidez, e em certas ocasiões pode, inclusive, aumentar a ductilidade da estrutura. (CYRINO, 2012).

O aumento das propriedades e resistência da parede varia em função da espessura do revestimento, da resistência da argamassa e da taxa de armadura utilizada (JABAROV et al., 1985 apud OLIVEIRA, 2001, p. 36).

3.2.2 Substituição de Elementos Degradados e Fechamento de Juntas

Através da remoção parcial, a argamassa danificada deve ser substituída por outra que apresenta características melhoradas, como uma de maior durabilidade apresentando também, melhor desempenho quanto às propriedades mecânicas. Essa ação é indicada em casos de fendilhamento, esforço excessivo de compressão, recalques, ações térmicas, entre outros. Para melhorar as características, pode-se incluir, junto à argamassa de assentamento horizontal, armaduras de reforço (ROQUE, 2002 apud SAMPAIO, 2010, p. 32).

3.2.3 Injeção de Graute ou Resina Epóxi Expansiva

A injeção de graute nas paredes é uma técnica convencional, utilizada para dois casos distintos: para preenchimento de rachaduras e trincas; e para preenchimento dos furos dos blocos.

Para o primeiro caso, além de graute, podem-se preencher as fissuras com outros materiais, como a resina epóxi expansiva. A utilização do graute é comum para fissuras de maior abertura enquanto que a resina é empregada no preenchimento de aberturas pequenas, com dimensão menor que 2mm (CHAGAS, 2005 apud SAMPAIO, 2010, p. 51).

O segundo caso, convencionalmente utilizado em alvenarias com blocos maciços ou blocos estruturais com alinhamento de furos na vertical, por meio de furos verticais (Figura 57), o graute é injetado ao longo de toda a altura. Esse método exige o controle das propriedades físicas do graute, de modo que essas características se mostrem o mais próxima possível das da alvenaria, a fim de evitar deformações diferidas no sólido resultante (ARAÚJO, 2010) (SAMPALIO, 2010).



Figura 57 – Injeção de Graute nas paredes de alvenaria estrutural
Fonte: Tomazevic (1993) apud Araújo (2010, p.28).

Além de aumentar a resistência à compressão, melhora as características a solicitação quanto a flexão e ao cisalhamento, sendo utilizado tanto para reforços e reabilitação quanto para obras novas (SAMPALIO, 2010).

3.2.4 Protensão ou atirantamento

Para casos mais graves de problemas estruturais, como por exemplo o aparecimento de fissuras causadas por recalques intensos de fundações, pode-se recorrer à utilização de tirantes de aço na alvenaria. O método baseia na utilização de tirantes que transmitem os respectivos esforços através de placas de aço chumbadas em superfície regularizada com argamassa (OLIVEIRA, 2001).

Todo o tirante, nesse caso, deverá ser protegido com impermeabilizante: corpo, extremidades e até mesmo placa e porcas de fixação. No momento em que se for apertar as porcas, é recomendado que os tirantes estejam aquecidos, para que quando resfriados produzam a contração e por consequência a compressão da alvenaria (OLIVEIRA, 2001). A Figura 58 mostra a utilização de tirantes em paredes de alvenaria estrutural fissuras.

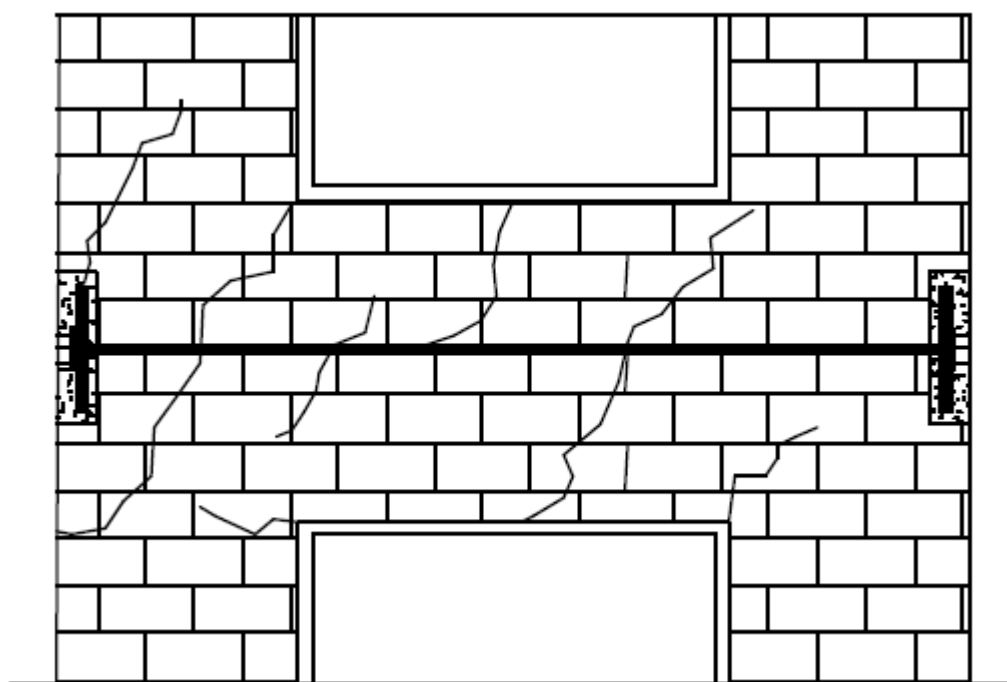


Figura 58 – Reforço de alvenaria com tirante de aço
Fonte: Oliveira (2001).

Já a protensão vertical consiste na inserção de barras de aço dentro dos furos dos blocos estruturais ao longo da alvenaria ou nos locais convenientes, grauteando apenas a base onde as barras foram posicionadas, fazendo a protensão

das barras na vertical e deixando a alvenaria livre para se deformar (SAMPAIO, 2010).

3.2.5 Adição de elementos em aço (vigas ou colunas)

Quando é necessário aumentar a resistência de uma estrutura, pode-se fazer o reforço da mesma por meio da utilização de elementos em aço. A forma de utilização vai variar em função de que esforços se pretende conter na alvenaria. Quando o objetivo é aumentar a resistência ao carregamento vertical, o aço pode ser utilizado de três formas distintas:

- Reforço de colunas em alvenarias danificadas por meio do encamisamento com perfis verticais em aço;
- Reforço por meio da inclusão de perfis em aço dentro da alvenaria (em furos adequados) ou pela adição de colunas colocadas lateralmente a alvenaria;
- Inclusão de pórticos ou de vigas em aço nos locais enfraquecidos pelas aberturas.

Já nos casos onde se pretende obter o aumento da resistência à esforços laterais, pode-se utilizar elementos em aço na forma de contraventamentos, ligando transversalmente paredes principais ou fazendo o enrijecimento da parede (CAMPOS, 2006).



Figura 59 – Contraventamento de parede de alvenaria
Fonte: Campos (2006).

3.2.6 Reforço com materiais compósitos FRP

Convencionalmente, os materiais mais empregados no reforço ou recuperação de danos patológicos nas alvenarias estruturais são o aço e o concreto. Entretanto, atualmente a inclusão de novos materiais a essa lista vem ganhando espaço, como os compósitos poliméricos, por exemplo.

Além de causar transtornos aos usuários, as soluções usuais consomem tempo e adicionam um peso relativamente grande a estrutura, o que pode sobrecarregar especialmente as fundações, exigindo muitas vezes o reforço da mesma (CHAGAS, 2005).

Por definição, um material compósito (ou composto) é composto por dois ou mais materiais (matriz + fibra) e tem por finalidade melhorar determinada propriedade específica ou reabilitá-la. A matriz comumente é uma resina que tem por função envolver as fibras permitindo a transmissão dos esforços entre as fibras e tornando uma estrutura consolidada. A fibra possui alta resistência e rigidez e sua

função é reforçar a estrutura. A correta manipulação das fibras permite aos compósitos de alto desempenho, o controle de altas tensões mecânicas de maneira segura (RANGEL et al., 2012) (CHAGAS, 2005).

Os materiais utilizados nesses compósitos são tipicamente fibras de vidro, carbono, ou aramida, na forma de filamentos contínuos, ou tecidos, e as resinas utilizadas são poliéster, epóxi e resinas fenólicas (HOLLAWAY e HEAD, 2001 apud CHAGAS, 2005).

A utilização do FRP do inglês - *Fiber Reinforced Polymer* pode oferecer vantagens como o aumento da vida útil da estrutura, redução de problemas causados por agentes corrosivos, baixo tempo de instalação e baixo peso e aumento da confiabilidade do sistema (NYSTROM et al., 2003 apud CHAGAS, 2005, p. 40).

As técnicas de reforço com compósitos podem ser executadas de duas maneiras: através de laminados ou de barras de FRP. A utilização de barras de FRP consiste em executar um rasgo na superfície a ser reparada e inserir nesse espaço uma barra previamente preparada. A barra precisa ser totalmente envolvida por uma pasta epóxi ou cimentícia, permitindo a correta transmissão dos esforços entre a estrutura danificada e a barra.

O local e o sentido de inserção das barras na alvenaria está ligado ao tipo de esforço com o qual irão contribuir:

- Rasgos Verticais: Aumento da resistência a esforços aplicados fora do plano da parede, como os momentos;



Figura 60 – Aplicação de compósitos em barras com rasgos na vertical
Fonte: Tumialan et. Al., (2002) apud Chagas (20005, p. 49).

- Rasgos Horizontais: Aumento da capacidade de resistir aos esforços de cisalhamento aplicados no seu próprio plano (Figura 61).



Figura 61 – Aplicação de compósitos em barras com rasgos na horizontal
 Fonte: Tumialan et. Al., (2002) apud Chagas (20005, p. 49).

- Rasgos Verticais embutidos na base da alvenaria: Agindo como ancoragem, aumenta a resistência a flexão, conforme ilustra a Figura 62.

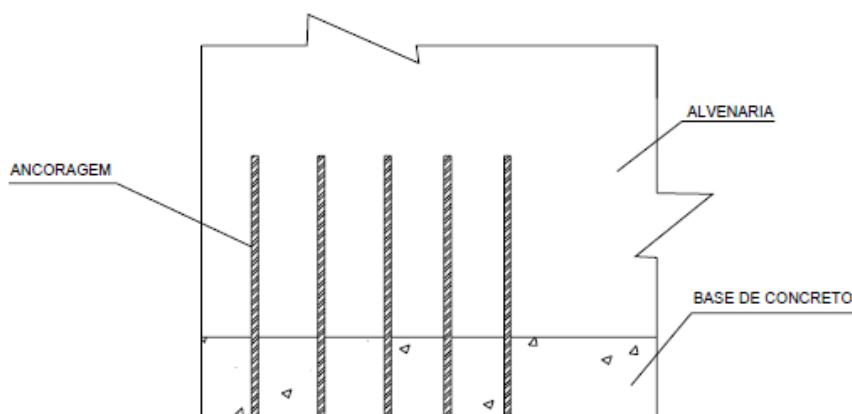


Figura 62 – Barras de FRP posicionadas junto a base da alvenaria
 Fonte: Fonte: Tumialan et. Al., (2002) apud Chagas (20005, p. 49).

3.2.7 Outras Soluções

Os problemas que comumente ocorrem nas lajes de coberturas, afetadas pela excessiva deformação devido às movimentações térmicas, podem ser resolvidos com a desvinculação da laje com as paredes de alvenaria. É preciso que a última junta de assentamento seja removida, fazendo o escoramento da laje ou, quando não for possível, raspando a junta, removendo aproximadamente 10mm.

Esse local deve ser preenchido por um material deformável, um selante flexível, conforme ilustra a Figura 63 (OLIVEIRA, 2001).

Além da liberação do movimento, outros cuidados devem ser tomados para evitar que ocorram problemas. Como a laje sofre pelo efeito térmico, cuidados como sombreamento, ventilação e isolamento térmico adequada da laje de cobertura podem minimizar a ocorrência de problemas evitando as patologias (PARSEKIAN, 2012).

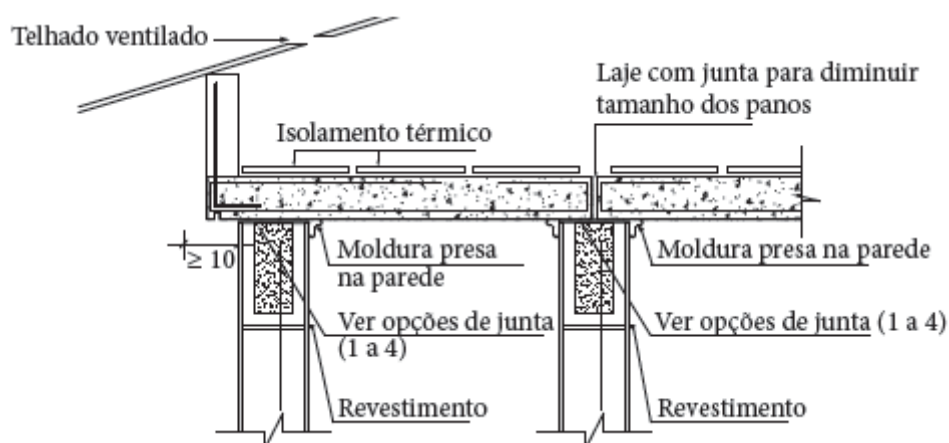


Figura 63 - Soluções em laje de último pavimento com platibanda
Fonte: Parsekian (2012).

Para compor a junta deslizante, que separa a laje das paredes em alvenaria estrutural, pode-se utilizar algumas das opções de juntas deslizantes indicadas pela Figura 64.

Quando não for possível utilizar a junta horizontal e a opção for enrijecer a ligação, é necessário que seja previsto um sistema de proteção térmica sobre a laje, que pode ser realizado da seguinte maneira (PARSEKIAN, 2012):

- Aplicação de argila expandida ou similar sobre a laje em, no mínimo, 5 cm;
- Assentamento de blocos de concreto celular de pelo menos 15 cm da espessura sobre a laje.

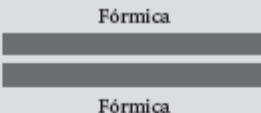
Opção	Tipo de junta deslizante	Detalhe	Observação
1	Manta + manta + manta	 Manta asfáltica (3 mm) Manta asfáltica (3 mm) Manta asfáltica (3 mm)	Manter o filme plástico da manta. Pode haver problema de durabilidade da manta.
2	Manta + PVC + manta	 Manta asfáltica (3 mm) PVC Manta asfáltica (3 mm)	Manter o filme plástico da manta na face do PVC. Pode haver problema de durabilidade da manta.
3	Fórmica + fórmica	 Fórmica Fórmica	Manter as faces de fórmica para dentro (fórmica em contato com fórmica).
4	Perfil de borracha		Deve-se conhecer o esforço na parede para verificar o perfil. Exemplo de fabricante: Borindus®.
5	Lona preta + PVC + lona preta + PVC + lona preta		

Figura 64 - Opções de Juntas deslizantes sob laje de cobertura
Fonte: Parsekian (2012).

A Figura 65 exemplifica como pode ser feita essa proteção.

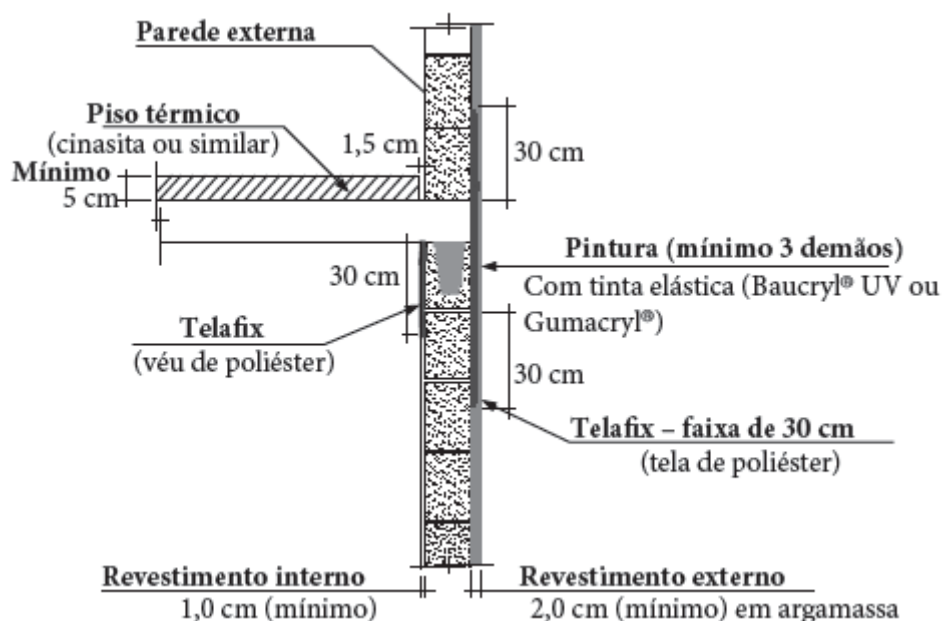


Figura 65 – Exemplo de Proteção Térmica sobre a laje de Cobertura
Fonte: Escritório Pedreira de Freitas (S.A.) apud Parsekian (2012, p. 54).

As juntas horizontais (ou deslizantes) são recomendadas para todas as lajes de edifícios em alvenaria estrutural, especialmente para as do último pavimento. Essa solução também é usual quando há problemas com o sobrecarregamento vindo da deformação dos componentes estruturais (RICHTER, 2007).

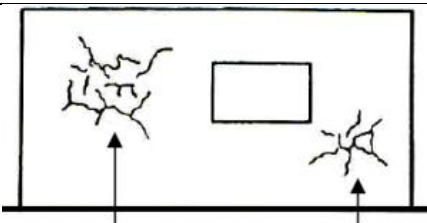
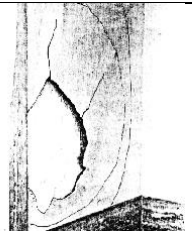
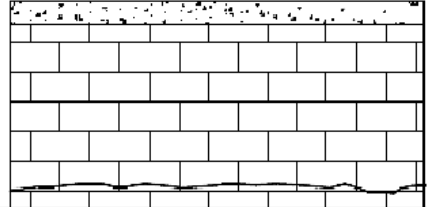
4 QUADRO DE PATOLOGIAS, DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO

O conhecimento das patologias, suas causas e consequências pode proporcionar, além do levantamento correto do incidente que levou aos problemas, a terapia adequada para a correção dos mesmos. Também pode contribuir para que durante as etapas de concepção de novos projetos em alvenaria estrutural, alguns elementos sejam incluídos ou adaptados a fim de estabelecer medidas preventivas ante ao aparecimento de problemas patológicos.

Todas as informações necessárias para que esse reconhecimento seja possível é alcançada através de estudos técnicos dos modos de ruptura das alvenarias estruturais, do contato com formas usuais de tratamento e da experiência e intimidade com esses problemas.

Assim, para que as patologias sejam diagnosticadas corretamente e para que recebam a adequada intervenção, é preciso que se conheçam vários aspectos na alvenaria estrutural. De forma a facilitar o diagnóstico desses problemas comuns às estruturas de alvenaria, elaborou-se um quadro sistemático onde apresenta além da configuração básica de patologias mais encontradas em alvenarias estruturais, a descrição genérica das mesmas, incluindo suas características e efeitos que as mesmas geram nas paredes. Também é apresentado uma síntese da forma como as patologias se desenvolvem e por fim, sugere-se um tratamento para que a patologia seja corrigida e não volte a ocorrer.

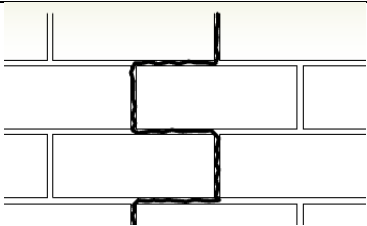
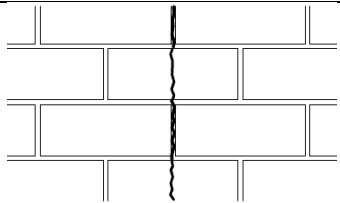
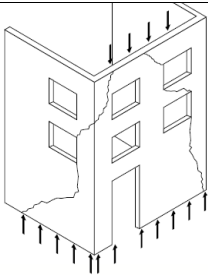
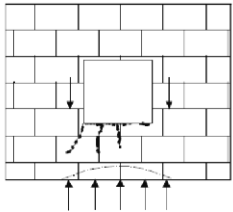
Os resultados podem ser observados no Quadro 1 e Quadro 2.

Anomalia	Ilustração	Configuração Típica e Alteração Visível	Desenvolvimento Típico	Tratamento
Retração da argamassa de revestimento		Fissuras mapeadas, espalhadas por todo o revestimento com linhas ortogonais que se cruzam	Retração da argamassa pelo excesso de finos na composição ou condições inadequadas na execução	Renovação do revestimento e pintura
Descolamento		Partes em desagregação, quebradiças	Perda de aderência do revestimento com a base	Remoção e renovação do revestimento, renovando a camada de chapisco
Bolor		Revestimento em desagregação com manchas esverdeadas ou brancas. Pode conter pó esbranquiçado depositado na superfície	Provocação de manchas devido a presença de umidade em regiões de baixa insolação	Eliminação da infiltração da umidade, remoção da superfície com alteração e reparo do revestimento
Eflorescência		Manchas esbranquiçadas causadas pelo depósito de sais.	Teor de sais junto a umidade durante reações pode depositar-se na superfície	Limpeza da superfície com solução diluída de ácido muriático, enxaguando após
Expansão diferencial		Fissura horizontal próxima a base, estendendo-se por todo o comprimento. Além das aberturas das fissuras, geralmente é acompanhada de eflorescência	Através da umidade há expansão diferenciada das fiadas provocando tensões de cisalhamento suficientes para haver o aparecimento das fissuras	Reforçar a região com grauteamento

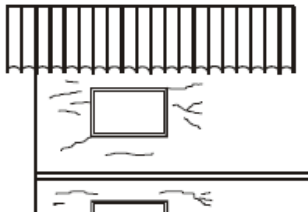
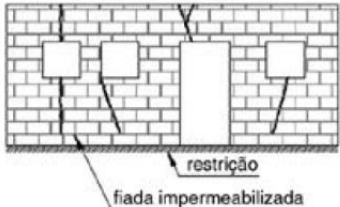
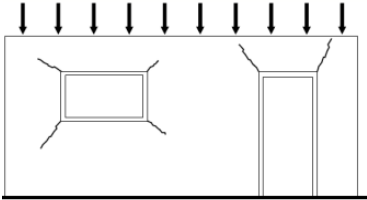
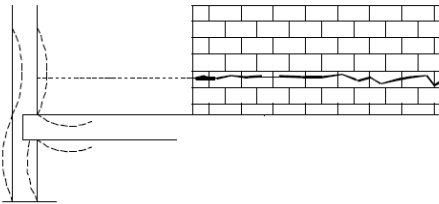
Quadro 1 - Principais anomalias nos revestimentos, formas de identificação e intervenção recomendada

Fonte: Autoria Própria.

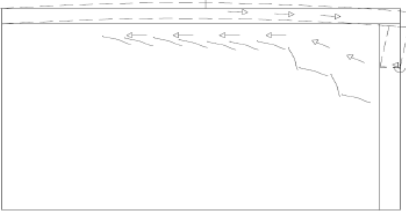
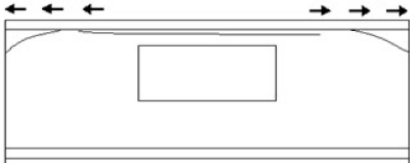
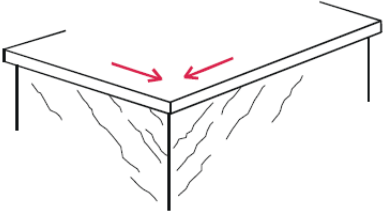
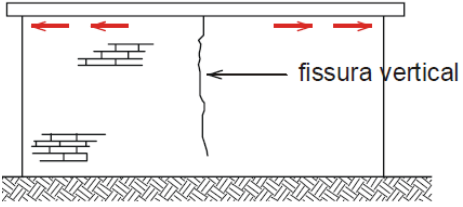
(continua)

Anomalia	Ilustração	Configuração Típica e Alteração Visível	Desenvolvimento Típico	Tratamento
Destacamento da argamassa no bloco		Fissuras escalonadas contornando a superfície de contato entre bloco e argamassa	Problemas nos materiais, assentamento inadequado ou resistência da argamassa	Preenchimento das fissuras e aplicação de argamassa armada
Problemas com a resistência à tração		Fissuras retas e axiais aos carregamento	Sobrecarga de compressão em alvenarias com boa aderência entre bloco e argamassa geram rompimento dos elementos por tração	Preenchimento das fissuras e aplicação de argamassa armada
Carregamento localizado		Fissuras inclinadas partindo do ponto de sobrecarregamento	Esmagamento localizado nos pontos de carregamento causando o rompimento dos elementos	Preenchimento das fissuras e reforço utilizando FRP
Sobrecarga gerada pela fundação		Fissuras distribuídas verticais abaixo da abertura	O trecho abaixo da abertura é solicitado a flexão o que quando subdimensionado pode gerar as fissuras	Posicionamento de barras de FRP na vertical desde a base

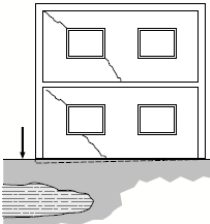
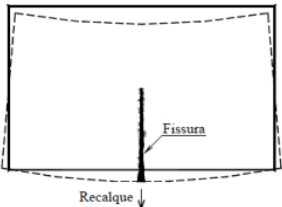
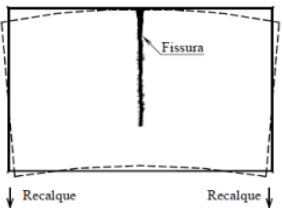
(continua)

Anomalia	Ilustração	Configuração Típica e Alteração Visível	Desenvolvimento Típico	Tratamento
Expansão da argamassa de assentamento		Fissuras horizontais que acompanham as juntas de assentamento	Reações químicas entre componentes da argamassa ou entre argamassa e substrato provocam a expansão da argamassa o impedida de movimentar-se gera as fissuras	Remoção da região degradada e aplicação de resina expansiva
Retração da parede		Fissuras verticais espalhadas pela parede próxima das restrições	A restrição da movimentação acarreta o aparecimento grandes tensões nas paredes o que gera fissuras	Utilização de telas metálicas e jateamento de argamassa resistente
Sobrecarga no contorno de aberturas		Fissuras inclinadas que partem dos cantos das aberturas	A falta de elementos capazes de distribuir a concentração de tensão no entorno das aberturas	Reforço da região com grauteamento
Interferência na movimentação da laje		Fissuras horizontais acima e próximas da laje	A forma de ancoragem das paredes com a laje pode restringir a movimentação gerando flexão lateral causando o esmagamento da argamassa	Tratamento das fissuras e aplicação de barras de FRP com rasgos na vertical.

(continua)

Anomalia	Ilustração	Configuração Típica e Alteração Visível	Desenvolvimento Típico	Tratamento
Restrição das lajes nos bordos		Fissuras na forma de escamas, seguindo alinhamento horizontal com componentes inclinados	A restrição causada pelas paredes de bordo	Desvinculação da laje com as paredes através de juntas deslizantes e preenchimento e correção das fissuras
Expansão das lajes de cobertura		Fissuras horizontais logo abaixo a laje que podem vir acompanhadas de fissuras inclinadas nos cantos	A movimentação diferenciada da laje gera tensões de cisalhamento na região de contato ou logo abaixo da laje	Desvinculação da laje com as paredes através de juntas deslizantes, preenchimento e correção das fissuras e proteção térmica das lajes
Movimentação da laje no encontro de paredes		Fissuras inclinadas distribuídas por toda a região no encontro de paredes	As dimensões das lajes podem gerar uma movimentação que em função das restrições impostas pode levar ao aparecimento das anomalias	Desvinculação da laje com as paredes através de juntas deslizantes e preenchimento e correção das fissuras
Movimentação diferenciada na laje		Fissuras verticais iniciando com abertura maior próxima a laje	O excesso de expansão da laje gera tensões de tração horizontais	Desvinculação da laje com as paredes através de juntas deslizantes e preenchimento e correção das fissuras

(conclusão)

Anomalia	Ilustração	Configuração Típica e Alteração Visível	Desenvolvimento Típico	Tratamento
Recalques diferenciais		Fissuras diagonais na direção do ponto de maior recalque e com espessura variável no comprimento. Podem atravessar pavimentos.	A movimentação de um apoio lateral gera tensões de cisalhamento que podem provocar o esmagamento localizado resultando nas fissuras	Reforço da fundação, remoção, substituição da argamassa por uma com melhores características e atirantamento
Recalques diferenciais		Fissura Vertical que inicia próximo ao apoio central que movimentou-se com abertura variável, sendo máxima próxima do local que ocorreu	A movimentação diferenciada do apoio central gera elevadas tensões de cisalhamento próximas à extremidade e tensões de tração na base (a) ou próxima a laje (b).	Reforço da fundação e utilização de barras de FRP com rasgos na horizontal
				

Quadro 2 - Principais anomalias na alvenaria estrutural, formas de identificação e intervenção recomendada.

Fonte: Autoria Própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As construções em alvenaria estrutural, assim como em outras técnicas construtivas, estão passíveis a sofrer, ao longo de sua vida útil, efeitos indesejáveis de manifestações patológicas, interferindo na qualidade do produto, seja apenas em questões estéticas, quanto funcionais e até mesmo estruturais, tornando-as vulneráveis ao colapso.

A alvenaria estrutural é o resultado da combinação de diversos materiais que possuem características diferentes. Apesar de desenvolver certas características de seus componentes, a alvenaria estrutural deve ser considerada em função da interação desses elementos e não um material homogêneo, considerando inclusive o efeito da interação físico-químico desses elementos.

Devido também a essas características, as fissuras assumem a principal forma de patologia. A configuração que adquirem varia em relação ao local e ao tipo de problema que ocasionou a patologia, podendo apresentar-se de forma horizontal, vertical, diagonal ou ainda uma combinação dessas, com abertura constante ou variável.

É fundamental para o correto reconhecimento das patologias, conhecer os sintomas visíveis que as mesmas assumem. Só a partir de um diagnóstico seguro é possível identificar os agentes patológicos responsáveis pelo surgimento e assim, selecionar a intervenção mais adequada para determinada situação.

Este trabalho teve por finalidade estudar o comportamento da alvenaria estrutural como resposta a problemas comuns que atacam essas estruturas, identificando, por meio de pesquisas bibliográficas, as manifestações patológicas que mais ocorrem. Como objetivo principal, essas anomalias foram apresentadas junto com as principais características e os agentes patológicos responsáveis pelo seu aparecimento. Foram identificadas também as formas de tratamento usuais na recuperação e reabilitação de alvenarias danificadas. Por fim, foi elaborado um quadro comparativo para a identificação dessas patologias, facilitando o diagnóstico de diversas situações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro. 1998.

_____. **NBR 8798: Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural**. Rio de Janeiro. 1985.

_____. **NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro. 1989.

_____. **NBR 15812-1: Alvenaria Estrutural - Blocos Cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro. 2010.

_____. **NBR 15961-1: Alvenaria Estrutural - Blocos de Concreto. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro. 2011.

ARAÚJO, Adelmo S. **Estudo do Reforço de Edifícios em Alvenaria Resistente por Perfis Metálicos**. Universidade Católica de Pernambuco. Recife, p. 215. Dissertação de Mestrado. 2010.

ASSUNÇÃO, José A. D. H. R. **Patologia e Terapia dos Edifícios do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 183. Dissertação de Mestrado. 2005.

BAUER, Roberto J. F. **Falhas em revestimentos, suas causas e sua prevenção**. São Paulo: [s.n.], 1996.

BAUER, Roberto J. F. **Patologias em Alvenaria Estrutural de blocos vazados de concreto**. **Prisma**, n. 13, p. 6, 2007.

BAUER, Roberto J. F. **Materiais de Construção**. Taubaté - São Paulo: [s.n.].

CAMACHO, Jefferson S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira. 2006.

CAMPOS, Luiz E. T. **Técnicas de Recuperação e Reforço Estrutural com Estruturas de Aço**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 105. Dissertação de Mestrado. 2006.

CHAGAS, Júnia S. N. **Investigação Experimental e Numérica sobre a reabilitação da Alvenaria Estrutural utilizando reforço em Compósitos Poliméricos**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 155. Dissertação de Mestrado. 2005.

CORSINI, Rodnei. Trinca ou Fissura. **Techne**, n. 160, p. 6, Julho 2010.

COSTA, Vitor C. D. C. **Patologia em Edificações - Ênfase em Estruturas de Concreto**. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, p. 38. Monografia de Conclusão de Curso. 2009.

CYRINO, Lucílio F. **Influência do Reboco e do Reboco Armado com Tela Soldada na Resistência de Alvenaria de Vedação Submetida à Compressão Simples**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 141. Dissertação de Mestrado. 2012.

EIDT, André L. **Manifestações Patológicas Provenientes de Movimentações em Alvenaria Estrutural de Blocos: Dispositivos de Prevenção utilizados na Região Metropolitana de Porto Alegre**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 73. Monografia de Conclusão de Curso. 2010.

FRASSON JR., Artêmio; DE OLIVEIRA, Alexandre L.; PRUDÊNCIO JR., Luiz R. Metodologia de dosagem para blocos de concreto empregados em alvenaria estrutural - Parte 1. **Prisma**, p. 8, ?

FREITAS, Alexandre A. D. **Análise numérica e experimental do comportamento de prismas e miniparedes submetidos à compressão**. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 168. Tese de Doutorado. 2008.

GRANATO, José E. **Patologias das Construções**. [S.l.]. 2002.

HOLANDA JÚNIOR, Osvaldo G. D. **Influência de Recalques em Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Universidade de São Paulo. São Carlos. p. 242. Tese de Doutorado. 2002.

HOLANDA, Osvaldo G.; RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. Análise Experimental e numérica de paredes de alvenaria estrutural submetidas a recalques diferenciais de apoio. **Prisma**, v. CT8, n. 23, p. 4, junho 2007.

INSTITUTO UNIEMP. **Inovação na Construção Civil**. São Paulo: [s.n.], 2006.

KYLES, Shannon. A Summary of Western Architecture. **Ontario Architecture**, 2002. Disponível em: <<http://www.ontarioarchitecture.com/ClassAmerican.htm>>. Acesso em: 2012 junho 27.

MAGALHÃES, Ernani F. D. **Fissuras em alvenarias: Configurações típicas e Levantamento de Incidências no Estado do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 180. Dissertação de Mestrado. 2004.

MENEZES, Eric C. D. N.; FORTES, Adriano S. **Fissuras em Edifícios de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto**. Universidade Católica de Salvador. Salvador, p. 20. 2009.

MILITO, José A. D. **Técnicas de Construção Civil**. De Milito Projetos e Construções. Campinas, p. 335. 2009.

MOCH, Tiago. **Interface Esquadria/Alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e proposta de soluções**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre - Rio Grande do Sul. p. 178. Dissertação de Mestrado. 2009.

MOHAMAD, G. et al. Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural – previsão e modo de ruptura. **Matéria**, v. 14, p. 824-844, 2009.

MOHAMAD, Gihad; LOURENÇO, Paulo B.; ROMAN, Humberto R. Juntas Verticais: Influência no comportamento mecânico da alvenaria estrutural. **Prisma**, v. 29, n. CT 14, p. 5, Dezembro 2008.

MOHAMAD, Gihad; RIZZATTI, Eduardo; RAMOS, Humberto. Modo de ruptura, deformabilidade e resistência de pequenas paredes estruturais. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC**, Porto Alegre, 31 Julho 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212011000300002&script=sci_arttext.

OLIVEIRA, Fabiana L. D. **Reabilitação de Paredes de Alvenaria pela Aplicação de Revestimentos Resistentes de Argamassa Armada**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 274. Tese de Doutorado. 2001.

PARSEKIAN, Guilherme A. **Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto**. São Carlos: EdUfSCar, 2012. 88 p.

PARSEKIAN, Guilherme A. et al. Retração em alvenaria de blocos de concreto. **Prisma**, v. CT4, n. 18, p. 9, março 2006.

PINHEIRO, Douglas G. **Estudo do Comportamento Mecânico de Blocos Cerâmicos com Diferentes Larguras**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 118. Dissertação de Mestrado. 2009.

PRUDÊNCIO JR., Luiz R.; DE OLIVEIRA, Alexandre L.; FRASSON JR., Artêmio. Metodologia de dosagem para blocos de concreto empregados em alvenaria estrutural - Parte 2. **Prisma**, p. 7, ?

RAMIRES, Lucas D. **Estudo Teórico-Experimental de Reforço para Construções de Alvenaria Empregando Revestimentos de Argamassa Armada**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 142. Dissertação de Mestrado. 2007.

RANGEL , George W. A. et al. Avaliação do Desempenho Estrutural de Painéis de Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto Reforçados com PRF. **XXXV Jornadas Sul Americanas de Alvenaria Estrutural**, Rio de Janeiro, p. 15, Setembro 2012.

RICHTER, Cristiano. **Qualidade em Habitações de Baixa Renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 180. Dissertação de Mestrado. 2007.

RICHTER, Cristiano; MASUERO, Ângela B.; FORMOSO, Carlos T. Manifestações Patológicas de Alvenaria: uma Análise de Causa e Efeito. **VI Congresso Internacional sobre Patología Y Recuperación de Estructuras**, Córdoba, Argentina, 2,3 e 4 Junho 2010. 12.

ROMAN, Humberto R. et al. **Análise de Alvenaria Estrutural**. Universidade Corporativa Caixa. Santa Catarina, p. 168. 2007.

ROSA, Celina C.; MARTINS, João G. **Reabilitação da Envolvente Vertical Opaca de Edifícios**. UFP. [S.I.], p. 87. 2005.

SAMPAIO, Mariane B. **Fissuras em Edifícios Residenciais em Alvenaria Estrutural**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos. p. 122. Dissertação de Mestrado. 2010.

SILVA, J. M. D. Alvenarias Não Estruturais: Patologias e Estratégias de Reabilitação. **Seminário sobre Paredes de Alvenaria**, Coimbra - Portugal, 2002. 20.

SILVA, Rodrigo F. D. **Estudo Teórico-Experimental da Distribuição das Ações Verticais entre Paredes de Edifício de Alvenaria Estrutural Cerâmica em Escala Reduzida**. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, p. 233. Dissertação de Mestrado. 2011.

TAUIL, Carlos A. Alvenaria estrutural: Vantagens para o construtor e a sociedade. **Concreto & Construções**, São Paulo, n. 57, p. 90, Jan-Fev-Mar 2010.

TAUIL, Carlos A.; MARTINS NESE, Flávio J. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

VILATÓ, Rolando R.; FRANCO, Luiz S. **As Juntas de Movimentação na Alvenaria Estrutural**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 15. 1998.

WERLE, Aldo. Patologia em Alvenaria Estrutural - Fissuração. Disponível em: <aldowerle.blogspot.com.br/2012/08/patologia-em-alvenaria-estrutural.html>. Acesso em: 17 Janeiro 2013.

ZAIDAN, Eduardo M. **Déficit Habitacional 2009**. São Paulo: Sinduscon, 2010.