



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL DO VALE DO TAQUARI/RS**

Sidinei João Hunemeier

Lajeado, Novembro de 2014

Sidinei João Hünemeier

**ESTUDO DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL DO VALE DO TAQUARI/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC), do Centro Universitário Univates, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Fernando Salvador.

Lajeado, Novembro de 2014

Sidinei João Hünemeier

ESTUDO DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL DO VALE DO TAQUARI/RS

Este trabalho foi julgado adequado e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: _____

Prof. Paulo Fernando Salvador, UNIVATES.

Doutor em Engenharia Civil pela UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

Banca Examinadora:

Prof. João Batista Gravina, UNIVATES.

Mestre em Administração pela UFRGS - Porto Alegre, Brasil.

Prof. Paulo Fernando Salvador, UNIVATES.

Doutor em Engenharia Civil pela UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

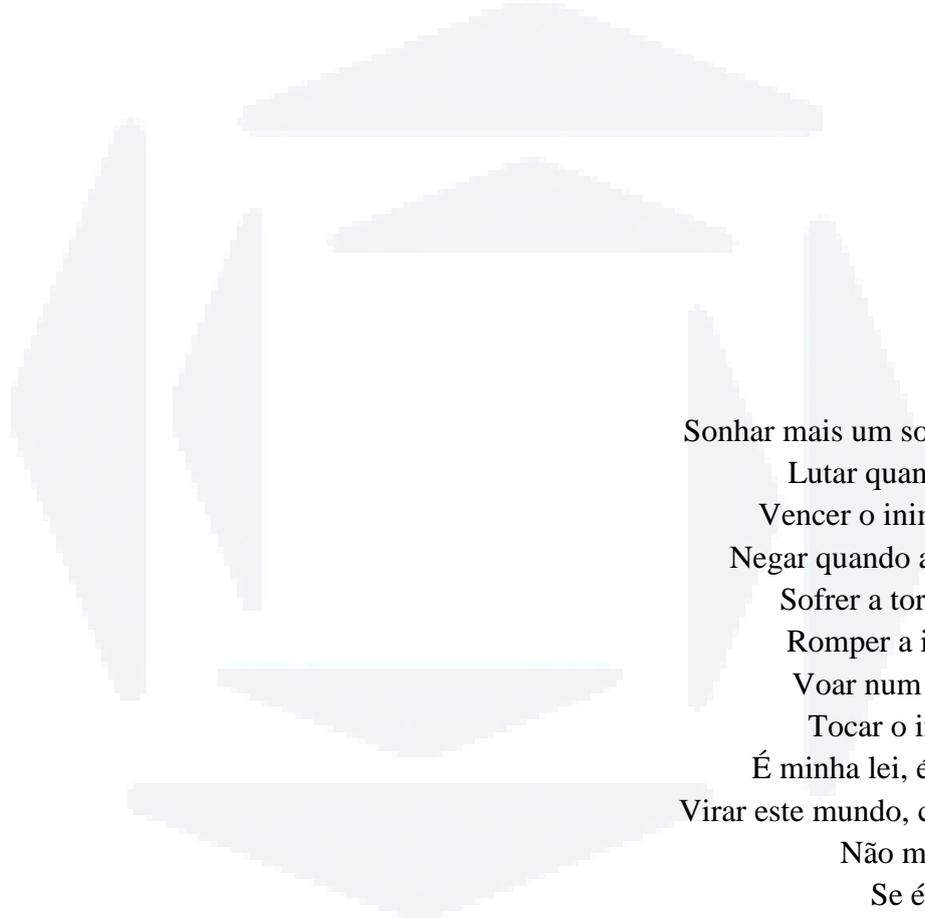
Arq. Claudio Roberto Bergesch, Empreendimentos Imobiliários C2B Ltda.

Arquiteto pela UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil: _____

Prof. Dr. Emanuele Amanda Gauer

Lajeado, 17 de Novembro de 2014.



Sonhar mais um sonho impossível
Lutar quando é fácil ceder
Vencer o inimigo invencível
Negar quando a regra é vender
Sofrer a tortura implacável
Romper a incabível prisão
Voar num limite provável
Tocar o inacessível chão
É minha lei, é minha questão
Virar este mundo, cravar este chão
Não me importa saber
Se é terrível demais
Quantas guerras terei que vencer
Por um pouco de paz
E amanhã se este chão que eu beijei
For meu leito e perdão
Vou saber que valeu
Delirar e morrer de paixão
E assim, seja lá como for
Vai ter fim a infinita aflição
E o mundo vai ver uma flor
Brotar do impossível chão.

(Homem de La Mancha)

RESUMO

A região do Vale do Taquari apresenta grande deficiência na identificação de patologias em edificações, tendo em vista que não existem estudos específicos que permitam o rastreamento das origens e causas de fissuras recorrentes. Neste sentido, o presente trabalho busca identificar a ocorrência e os principais motivos do surgimento de patologias, em especial do grupo de fissuras, e suas relações com obras que tenham ou não a qualidade como ferramenta de gestão. Busca-se analisar edificações de interesse social, na região do Vale do Taquari, constituídas em alvenaria estrutural de tijolos maciços, abrangendo estruturas mistas em concreto armado. Analisa-se as melhorias ocorridas no setor pela implantação dos sistemas da qualidade. Apresenta-se, ainda, uma descrição dos principais tipos de fissuras recorrentes nas alvenarias, mapeando suas origens, causas e possíveis soluções. Para a efetiva comprovação, foram realizadas visitas técnicas a empreendimentos construídos com e sem a aplicação de sistemas da qualidade, possibilitando a identificação de técnicas adotadas que afetaram o sistema construtivo. Por meio desta metodologia, foi possível identificar a redução da incidência de patologias em edificações com aplicação de sistemas da qualidade, uma vez que estes adotaram técnicas de execução e de projetos que minimizam a formação de fissuras e possibilitam um melhor desempenho do sistema construtivo, conferindo maior confiabilidade ao produto final.

Palavras-chave: Qualidade. Alvenaria Estrutural. Patologias.

ABSTRACT

The region Taquari Valley presents major deficiency in identifying pathologies in buildings, considering that there are no specific studies to trace the origins and causes of recurring cracks. In this sense, this paper seeks to identify the occurrence and the main reasons for the emergence of diseases, especially the group of cracks, and their relationship to construction that do not have or quality as a management tool. Seeks to analyze constructions of social interest in Taquari Valley, incorporated in solid brick masonry structural region encompassing composite structures in reinforced concrete. It analyzes the improvements that have occurred in the sector for the implementation of quality systems. It also presents a description of the main types of recurring cracks in masonry, charting its origins, causes and possible solutions. For effective proof, the technical projects built with and without the application of quality systems were visited, enabling the identification of techniques adopted that affected the building system. Through this methodology, it was possible to identify the reduction in the incidence of diseases in buildings with application of quality systems, since they have adopted performance techniques and designs that minimize the formation of cracks and provide better performance building system, providing greater reliability to the final product.

Keywords: Quality. Structural Masonry. Pathology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Somatório dos sistemas de qualidade	22
Figura 2: Amarração em "L" e "T" por interpenetração	35
Figura 3: Junta de dilatação e Junta de controle	36
Figura 4: Elevação de alvenaria com blocos contrafiados	38
Figura 5: Sequência de execução de alvenarias.....	42
Figura 6: Configurações básicas de fissuras em alvenarias.....	45
Figura 7: Armazenamento inadequado de tijolos maciços.....	47
Figura 8: Deficiência de amarração de paredes.....	48
Figura 9: Diagrama de fissura Horizontal	50
Figura 10: Diagrama de fissura Vertical.....	51
Figura 11: Diagrama de fissura inclinada.....	53
Figura 12: Fissura por sobrecarga de compressão.....	56
Figura 13: Fissura horizontal por sobrecarga	57
Figura 14: Fissuras em aberturas por sobrecargas.....	58
Figura 15: Fissura horizontal por dilatação	59
Figura 16: Fissura inclinada por dilatação.....	59
Figura 17: Fissura horizontal por dilatação da laje de cobertura.....	60
Figura 18: Fissura interna.....	60
Figura 19: Fissuras verticais de dilatação.....	61
Figura 20: Fissura vertical em platibanda.....	61
Figura 21: Fissuras horizontais por retração.....	62
Figura 22: Fissura vertical por vinculação dos elementos.....	63
Figura 23: Fissura vertical por execução de dutos	63

Figura 24: Fissuras por deformação em estruturas de concreto armado	64
Figura 25: Fissuras causadas por deformação do apoio e viga superior	64
Figura 26: Fissuras em balanços.....	65
Figura 27: Fissuras por efeito de placa em lajes de cobertura.....	66
Figura 28: Fissura vertical por ruptura das fundações.....	67
Figura 29: Fissuras em alvenarias por acumulo de tensões.....	68
Figura 30: Fissura vertical por deficiência de amarração.....	69
Figura 31: Fissura por sobrecarga na alvenaria do 1º pavimento.....	85
Figura 32: Fissura por movimentação térmica	88
Figura 33: Fissura por retração na argamassa de revestimento	91
Figura 34: Fissura por deformação da viga de apoio.	92
Figura 35: Falha na execução de contravergas.....	95
Figura 36: Fissura na base da janela por falta de contraverga.....	97
Figura 37: Fissura de destacamento de alvenarias.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dificuldades do setor de projetos	25
Tabela 2: Dimensões nominais.....	32
Tabela 3: Resistência mínima a compressão em relação à categoria	33
Tabela 4: Resumo das patologias	69
Tabela 5: Recomendações técnicas para a execução de alvenarias.....	73
Tabela 6: Identificação das obras	79
Tabela 7: Levantamento quantitativo de fissuras	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Incidência de fissuras por grupo.....	82
Gráfico 2: Incidência das patologias em empreendimentos com e sem aplicação de sistemas da qualidade.....	83
Gráfico 3: Fissuras por número de unidades visitadas	84
Gráfico 4: Fissuras causadas por sobrecargas.	86
Gráfico 5: Incidência de fissuras horizontais, verticais e inclinadas.	87
Gráfico 6: Fissuras causadas por movimentações térmicas.....	88
Gráfico 7: Origem das fissuras por movimentação térmica	89
Gráfico 8: Fissuras causadas por expansão e retração.....	90
Gráfico 9: Incidência de fissuras causadas por expansão e retração.	91
Gráfico 10: Fissuras causadas por deformações em estruturas de concreto armado.....	93
Gráfico 11: Incidência das fissuras por deformações em estruturas de concreto armado.	93
Gráfico 12: Fissuras causadas por recalque de fundações.....	94
Gráfico 13: Fissuras causadas por detalhes construtivos.....	96
Gráfico 14: Tipos de falhas construtivas e sua influência.	97

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCI	Associação Brasileira de Construção Industrializada
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIRIA	Construction Industry Research Information Association
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PBQPH	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PSQ	Programa Setorial da Qualidade
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos.....	17
1.2. Justificativa.....	18
1.3. Estrutura do trabalho	18
1.4. Delimitações deste trabalho.....	19
2. QUALIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.1. Qualidade.....	20
2.2. Qualidade na construção civil	21
2.3. Qualidade aplicada ao projeto	23
2.4. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat.....	27
2.5. Gerenciamento das obras.....	28
2.6. Dificuldades de implantação de sistemas de qualidade.....	28
3. ALVENARIA ESTRUTURAL	30
3.1. Alvenaria	30
3.2. História da Alvenaria.....	30
3.3. Elementos Constituintes	31
3.4. Alvenaria Estrutural.....	34
3.5. Recomendações técnicas para execução da Alvenaria Estrutural	40
3.6. Patologias das edificações	43
3.7. Fissuras em alvenarias	44
3.8. Mecanismos de formação das fissuras.....	44

3.9. Diagrama de causa e efeito.....	46
3.10. Classificação das fissuras.....	54
3.11. Ações de melhoria e recomendações	72
4. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	76
5. RESULTADOS.....	80
5.1. Detecção de falhas nas visitas técnicas.....	80
5.2. Análise dos resultados	82
5.3. Análise das patologias identificadas.....	84
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS.....	101

1. INTRODUÇÃO

Quando comparada a outros setores de produção, a construção civil mostra-se um processo com técnicas e materiais que não acompanharam as demais linhas de produção. Este fato se deve à crença de que a industrialização de processo somente é possível com a introdução de sistemas complexos e profundas mudanças (PENTEADO, 2003).

Para o mesmo autor, a construção civil apresenta baixo índice de repetitividade de seus produtos, dessa forma, para cada obra, é necessário especificar seus critérios de desempenho e características próprias, impondo gradativamente a necessidade da adoção de processos mais industrializados, fundamentados ainda, na escassez de mão de obra e materiais disponíveis.

Com difusão de técnicas construtivas inovadoras, materiais industrializados, aliados aos frequentes problemas patológicos das edificações, houve a necessidade da adoção de métodos que possibilitassem a avaliação destes sistemas construtivos, levando em consideração o conceito de desempenho adotado.

Amplamente difundido entre o meio técnico, o conceito de desempenho, vem sendo tratado como sendo “as exigências do usuário”, e interpretado como o conjunto de necessidades dos usuários a serem atendidas pela edificação, para que esta desempenhe corretamente seu papel. De modo geral, as empresas não se preocupavam com a gestão da qualidade e se mantinham fiéis à cultura do improviso, da tentativa e erro, ficando a encargo do cliente prejuízos com o retrabalho causado. Vieira e Andery, (2002), destacam ainda, que os consumidores não aplicavam a este produto, as mesmas exigências de qualidade e desempenho aplicadas a produtos industrializados de produção seriada por exemplo.

Na década de 90, entretanto, a baixa competitividade das empresas existentes e os elevados ganhos financeiros estimularam o surgimento de muitas organizações, dando origem a uma nova realidade de mercado. Em função disso, as empresas despertaram para a necessidade de modificarem suas práticas gerenciais, pela adição de sistemas de gestão e garantia da qualidade. (ANDERY e VIEIRA, 2002). Neste período, houve significativo aumento na implantação de sistemas da qualidade em empresas construtoras. As empresas buscam por meio dos sistemas de qualidade atender a um mercado cada vez mais exigente e competitivo, onde se praticam margens de lucro reduzidas aliadas ao melhoramento contínuo do atendimento aos seus clientes. (MELHADO 20--).

Franco (1992) enfatiza que dentre os fatores responsáveis por esta mudança, está o crescimento da competitividade no setor. Picchi (1991) destaca que o mercado da construção civil, torna-se cada vez mais competitivo, e que empresas que oferecem resistência à adequação a nova realidade podem sofrer restrições por parte dos consumidores.

Para Cunha, Souza e Lima (1996), as patologias podem ser oriundas de qualquer uma das atividades envolvidas no processo genérico chamado de “construção civil”, processo este que os autores dividem em três etapas: concepção, execução e utilização da obra. Podemos ainda, observar falhas de origem humana, sendo estas, a falta de capacitação dos profissionais envolvidos no processo executivo, qualidade dos materiais empregados, fadiga dos materiais devido a ação do tempo e seu uso, e ainda, por ações externas, como impactos, ataques químicos, físicos e biológicos do ambiente ao qual a edificação está inserida.

Nas palavras de Franco (1992), o projeto merece destaque nesse contexto, pois nesta fase são tomadas decisões cruciais, que influenciarão diretamente na qualidade do produto final, seu custo e durabilidade.

Gehbauer (2004), afirma que a execução de obras está condicionada a equipes individualizadas, com objetivos particulares. Segundo Souza e Melhado (2003), não é possível a obtenção de resultados satisfatórios através da execução de uma edificação por um conjunto de pessoas com meras tarefas a serem cumpridas. Torna-se necessária a integração entre estes profissionais, e a união destes, em prol de um objetivo singular. Dessa forma, a integração entre equipes de execução e profissionais projetistas, calculistas e gestores de obras é de suma importância para a obtenção de bons resultados.

Conforme o mesmo autor, os erros, ou pontos não previstos em projetos, assim como erros na fase de execução, geram adaptações imprevistas no orçamento da edificação, concertos com custos complementares, entre outros. Destaca ainda, que a conformidade da execução com as especificações técnicas adequadas constitui-se de um bom método para evitar retrabalhos e custos imprevistos. A busca por novas metodologias que propiciem maior agilidade, qualidade e eficiência na construção civil, ocasionou a importação e ainda a concepção de projetos construtivos inéditos. Para o âmbito da construção de moradias de interesse social, a predominância se deu em prol da Alvenaria Estrutural (FRANCO, 1992).

Ainda nas palavras de Franco (1992), o conceito de Alvenaria Estrutural está associado ao fato desta ser constituída de elementos, como por exemplo, lajes, paredes (pré-dimensionadas), sendo que, as paredes de alvenaria, desempenham a função simultânea de vedação e suporte estrutural para a edificação. O processo é de fácil execução e são obtidos bons resultados, proporcionando inúmeras vantagens, possibilitando ainda a racionalização deste processo. Entretanto, deve-se adotar um processo racionalizado, que permita a modulação dos ambientes e paredes, a fim de otimizar o processo construtivo.

A execução de empreendimentos de interesse social, beneficiados pelo Programa Minha Casa Minha Vida, condicionados regionalmente a estruturas de Alvenaria Estrutural, está interligada a empresas que possuem sistemas de qualidade implantados. Tais sistemas efetivam controles sobre materiais, métodos executivos, entrega de produtos e garantias futuras.

Gehbauer (2004) afirma que a racionalização dos processos de execução nos canteiros de obra são importante fonte de redução de retrabalhos, e patologias que possam se manifestar durante e após a conclusão da obra. Dentre estes, o autor cita as modificações de projetos, defeitos nos materiais, falhas executivas ou de entrega dos materiais, além de movimentações repetitivas destes dentro do canteiro. Dessa forma, com a adoção dos sistemas de qualidade, monitoramento das etapas da produção de uma obra, monitoramento de planejamento e execução, espera-se a redução de patologias, através da identificação precoce, minimizando seus efeitos.

Neste trabalho é apresentado um estudo acerca dos empreendimentos construídos com a aplicação de sistemas da qualidade, comparando-os aos empreendimentos executados sem sistemas da qualidade. Através de visitas técnicas são identificadas as patologias existentes

nos dois tipos de obras, estabelecendo padrões comparativos para identificar a influência dos sistemas da qualidade no desempenho do produto final. O trabalho traz ainda, um estudo dos principais tipos de patologias recorrentes em estruturas de alvenaria, buscando identificar suas origens, causas. Possibilitando assim, a definição de seu tratamento e caso possível, métodos e ações que previnam seu surgimento.

1.1. Objetivos

Este trabalho possui como objetivo principal, identificar as principais patologias em edificações de Alvenaria Estrutural, executadas com e sem a aplicação de sistemas da qualidade. Busca-se avaliar a eficácia dos sistemas de qualidade, através da comparação de obras construídas com e sem aplicação destes sistemas, identificando as patologias apresentadas.

1.1.1. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar revisão teórica sobre a implantação de sistemas de qualidade em empresas construtoras, observando as dificuldades encontradas, assim como os pontos de melhoria nos processos de execução e projeto.
- ✓ Estudar os principais tipos de patologias encontradas em edificações, com ênfase nas fissuras em alvenarias.
- ✓ Realizar visitas técnicas a edificações executadas com e sem sistemas da qualidade, já em fase de uso, visando identificar patologias incidentes, destacando sua origem e possíveis soluções.
- ✓ Determinar a influência de sistemas da qualidade no desempenho final da edificação.

1.2. Justificativa

Tendo em vista os processos utilizados na construção civil, a grande margem de desperdícios e retrabalhos ocorridos na produção de edificações de interesse social, focando as fissuras nas estruturas de alvenaria, o presente trabalho visa analisar as vantagens e melhorias proporcionadas pela adoção de sistemas de gestão da qualidade por parte de empresas construtoras e profissionais da área da construção civil, contribuindo para o desenvolvimento de edificações de maior desempenho e qualidade, evitando manifestações patológicas na sua fase de utilização pelos clientes.

1.3. Estrutura do trabalho

O presente trabalho tem em seu segundo capítulo, uma revisão teórica de conceitos inerentes à qualidade na construção civil. Destacando aspectos importantes, tais como fatores de desempenho e definições de padrões de qualidade.

O terceiro capítulo apresenta a revisão teórica da Alvenaria Estrutural, com pontos positivos e negativos, destacando sua origem, componentes, entre outros aspectos. Menciona também, as principais fissuras inerentes a esta. Ao fim do capítulo é elaborado um quadro resumo dos principais tipos de fissuras bem como suas causas.

Apresentando a metodologia adotada no trabalho, o quarto capítulo descreve a forma de execução do trabalho, como foram realizadas as visitas técnicas nas obras para levantamento e identificação das fissuras.

O quinto capítulo apresenta os resultados das visitas técnicas as edificações. Por meio da elaboração de gráficos e tabelas comparativas, são analisadas as fissuras identificadas, agrupando-as de acordo com sua origem, conforme a bibliografia consultada, permitindo a identificação da incidência de patologias em obras com sistemas da qualidade e obras sem sistemas da qualidade. Apresentando dessa forma, os efeitos da aplicação de sistemas da qualidade na construção civil regional.

O sexto capítulo é constituído das considerações finais do trabalho e constatações sobre as visitas técnicas às edificações de alvenaria estrutural do Vale do Taquari.

1.4. Delimitações deste trabalho

Este trabalho aborda aplicação de sistemas da qualidade na construção civil, tendo seu foco direcionado para edificações de interesse social, beneficiadas pelo Programa Federal Minha Casa Minha Vida. Visa identificar patologias das edificações restringindo-se as fissuras, as quais são facilmente observadas pelos usuários.

Sendo o sistema construtivo predominante para esse tipo de moradias, o trabalho possui seu foco nas patologias em sistemas de Alvenaria Estrutural, podendo apresentar, eventualmente, casos de patologias nas interfaces de estruturas de concreto armado com alvenaria, em edificações de estrutura mista de concreto armado e alvenaria.

Para estabelecer padrões de comparação serão analisadas edificações de quatro a cinco pavimentos, localizadas no Vale do Taquari, construídas invariavelmente em alvenaria estrutural de tijolos cerâmicos maciços, podendo ter ainda, um andar estruturado com pilares e vigas destinado ao uso de estacionamento.

2. QUALIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1. Qualidade

Ainda que seja tema de inúmeras discussões, não se tem atualmente uma definição clara do termo qualidade. Dessa forma, várias interpretações são válidas para definir seu conceito, sendo estas, adaptadas ao ponto de vista de quem faz sua descrição. Podemos ainda, encontrar na literatura, definições contraditórias e opostas entre si. (FRANCO, 1992).

Internacionalmente conhecida, a norma ISO, define qualidade como: “a totalidade de aspectos e características de um produto ou serviço, que o tornam capacitado a satisfazer necessidades implícitas ou explícitas”. A mesma norma, ainda faz observações, quanto ao emprego do termo qualidade, destacando-se: Dependendo do ambiente de utilização, o termo precisa ser identificado e definido, podendo ainda, com o passar do tempo, as necessidades sofrerem alterações, tornando necessária uma revisão das especificações.

Com base nas observações da ISO, devemos entender o termo “Qualidade”, de forma mais ampla, devendo este ser adaptado a cada setor industrial (FRANCO, 1992).

Na Inglaterra, a “*Construction Industry Research Information Association*” (CIRIA), define qualidade como: “a totalidade de aspectos e características de um produto ou serviço que o conduz à capacidade de satisfazer uma dada necessidade, [...] ou, em termos mais simples, a aptidão de atender uma finalidade” (CIRIA *apud* FRANCO, 1992).

Nas palavras do mesmo autor, “qualidade”, constitui-se do conjunto de características do bem construído, que contemplem as necessidades dos usuários. Afirma ainda, que tais características podem ser representadas por requisitos, sendo que, para a área de construção civil, os mais importantes são critérios de segurança, habitabilidade, durabilidade, estética e adequação ambiental.

Neste trabalho, qualidade de um edifício será definida como a aptidão da edificação de atender aos requisitos de desempenho e durabilidade, satisfazendo as necessidades dos usuários dessa forma.

2.2. Qualidade na construção civil

Na busca por soluções para o supracitado adota-se, em vários casos, a implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade. Entretanto, essa máxima ainda não possui unanimidade no que tange qual a metodologia que deve ser empregada, ou ainda, qual o sistema da qualidade que deverá ser implantado, sendo que em alguns casos, ainda é colocado em questão a sua eficácia (SANTOS, 2003).

No setor da construção civil a influência das mudanças decorrentes das preferências dos clientes pode ser verificada através da mudança de concepção de empresas construtoras, uma vez que se busca oferecer produtos com valores acessíveis, que proporcionem uma solução de vida aos clientes, e sobretudo, melhore a qualidade de vida. Para atingir tal meta, as empresas do setor são condicionadas à redução de seus lucros.

Através da melhoria na gestão da produção, empresas buscam ampliar sua capacidade produtiva, tornando a empresa mais competitiva frente ao mercado consumidor. Dessa forma, a redução de custos, diretos e indiretos, torna-se ferramenta fundamental para a produção de produtos com valores acessíveis, mantendo a qualidade (CARDOSO, 1998).

Com o objetivo de satisfazer as necessidades da construção civil a nível nacional, vários programas baseados nas definições da ISO 9000 foram elaborados, estando entre eles o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional, (PBQP-H).

Iniciado no ano de 1998, sendo concebido a partir de um programa nacional mais amplo, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, o PBQP-H, possui como principal objetivo, a modernização da construção civil nacional (SOUZA, 2003). No ano 2000, o PBQP-H passou por uma reestruturação, e foi transformado no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat, sendo em 2003, ligado ao Ministério das Cidades.

Por intermédio da aplicação dos sistemas de gestão, objetiva-se a eliminação, redução da incidência de problemas. Contudo, não está sendo devidamente considerado o engajamento dos participantes. Tomando por base, uma situação, de um empreendimento, onde todos os seus participantes possuam sistemas de gestão da qualidade, podemos concluir que a certificação individual de cada participante, não se constitui de garantia para um produto final com qualidade. Fato decorrente, do desconhecimento dos prestadores do empreendimento como um todo, necessitando-se de métodos que proporcionem a integração de equipes e o conhecimento destas da obra global (SOUZA, 2003).

Comumente, empresas adotam sistemas de gestão com o objetivo de organização interna e relacionamento com seus clientes diretos. No entanto, sob a ótica do empreendimento, a situação pode ser adversa, possibilitando o surgimento de deficiências na interação entre equipes. Comprovando que a qualidade final do produto não está condicionada ao somatório dos sistemas de qualidade de seus colaboradores (Figura 1).

Figura 1: Somatório dos sistemas de qualidade



Fonte: Adaptado de Souza (2003).

2.3. Qualidade aplicada ao projeto

Franco (1992) define o projeto como:

A fase de concepção, na qual se incluem os estudos preliminares, anteprojeto e projeto, exerce papel determinante na qualidade, tanto do produto como do processo construtivo. Assim, um grande avanço na obtenção de melhor qualidade da construção por ser alcançado a partir de melhoria da qualidade dos projetos. Além disso, muitas medidas de racionalização e praticamente todas as medidas de controle da qualidade dependem de uma clara especificação na sua fase de concepção, isto é, não é possível controlar uma atividade ou produto, se suas características não se encontram perfeitamente definidas (FRANCO 1992 p 116).

A falta de qualidade dos projetos, conforme Melhado et al;(2003), é o principal fator limitante do avanço tecnológico e organizacional da construção civil. Frente ao exposto, a adoção de sistemas da qualidade para empresas de projeto tem sido reconhecida como boa alternativa para a melhoria dos produtos e serviços.

Dentre as principais dificuldades para a melhoria da qualidade dos projetos podemos citar o excesso de retrabalho oriundo das alterações de projeto, deficiência nos mecanismos de captura das necessidades dos clientes, falta de coordenação entre projetistas, entre outros. A constante exigência por melhor qualidade na construção civil não se limita apenas as fases de execução da obra civil propriamente dita. Empresas construtoras buscam aplicar padrões de qualidade as suas obras desde a fase de projeto, minimizando falhas e reduzindo gastos desnecessários.

Considerando a evidente importância do projeto, ainda é fácil constatar enormes carências no setor, com estudos superficiais, os quais não representam a realidade da obra. Pesquisas tem constatado o potencial que sistemas da qualidade apresentam para proporcionar a melhora dos projetos. Entretanto, neste setor, ainda existem grandes barreiras a serem superadas, uma vez que, cada empresa de projeto possui características próprias e peculiares em relação às demais (OLIVEIRA, 2004). A fase de projeto demanda dos profissionais, a capacidade de síntese e organização das informações, aliada a capacidade de resolução de problemas e adequações de soluções para os empreendimentos.

Em geral, o projeto de um empreendimento define suas características físicas, permitindo a redução de problemas patológicos e adoção de soluções tecnológicas, visando garantir características da qualidade, racionalidade e construtibilidade do empreendimento. O

objeto deve promover a segurança dos trabalhadores envolvidos na sua execução, preservar o meio ambiente na fase de execução, bem como no seu uso final (OLIVEIRA, 2004).

Para permitir a aplicação destes conceitos, fez-se necessária uma mudança de metodologias de elaboração de projetos, transformando significativamente a atividade de elaboração do projeto. Para Oliveira (2004), a etapa de projeto deve receber atenção especial, seguindo o exemplo de indústrias de produção seriada, com maiores prazos para estudos e desenvolvimento de soluções inerentes à execução do produto, buscando eliminar improvisações na produção e agregar maior confiabilidade para a execução da obra civil.

2.3.1. Problemas no processo de projeto

As deficiências de projetos podem causar sérios problemas para os processos construtivos, podendo, em alguns casos, inviabilizar o empreendimento. Para Melhado e Violani (1992), constantemente é verificada a discordância entre o projeto e a obra civil, sendo o projeto relegado a nível documental, cumprindo apenas as funções burocráticas e legais à exemplo de aprovações em órgãos competentes, prefeituras e afins, sendo dessa forma, as decisões postergadas para a etapa de execução. Afirmam ainda, que os projetos de diferentes especialidades, como projetos elétricos, arquitetônicos, hidráulicos, prevenção de incêndio, são comumente desenvolvidos por profissionais distintos, em escritórios separados fisicamente, dando maior espaço para incompatibilidades e discordâncias entre os mesmos.

Formoso e Fruet (1993), destacam que os principais problemas de projetos encontrados são oriundos de erros de cotas, níveis e alturas, incompatibilidade entre projetos, falhas ou mesmo especificações incompletas, detalhes inadequados ou mesmo ausência destes. Os problemas de projeto podem ser divididos em macro grupos, sendo estes: desenhos das plantas (erros de desenho, discrepâncias); programação (falta de informações básicas, necessidade de desenhos complementares); Concepção do projeto (erros e mudanças de projeto); Especificações (falta, erro ou mudança de especificações de detalhes construtivos).

Conforme definido pelo Programa Setorial da Qualidade (PSQ) – Setor de projetos, os principais problemas surgem da falta de integração entre a elaboração do projeto e sua execução, aliado ainda, a ausência de metodologias adequadas para a gestão da qualidade na

elaboração do projeto. Na tabela a seguir, estão sintetizadas as principais dificuldades enfrentadas.

Tabela 1: Dificuldades do setor de projetos

Dificuldades de caráter sistêmico	<ul style="list-style-type: none"> - Defasagem do ensino, em relação às necessidades do mercado. - Exercício ilegal da profissão - Falta de incentivo à pesquisa - Baixa exigência de clientes quanto à qualidade do projeto - Oscilações de demanda no mercado
Dificuldades de caráter estrutural	<ul style="list-style-type: none"> - Setor pulverizado com grande número de profissionais, e fragmentação do processo de projeto. - Inexistência de metodologia de acompanhamento da demanda por projetos - Falta de integração entre projeto e processo de produção.
Dificuldades de caráter Setorial	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de metodologia adequada para gestão da qualidade no processo de projeto - Falta de capacidade de investimento no aperfeiçoamento do processo de produção - dificuldade de manutenção de equipes - Baixo grau de integração entre profissionais integrantes do projeto - Dificuldade de acompanhamento da evolução tecnológica construtiva - Falta de integração entre os detentores da tecnologia - Falta de padronização de procedimentos entre clientes - Falta de normatização técnica baseada em requisitos de desempenho do edifício e suas partes.

Fonte: Adaptado de PSQ (1997).

Para Oliveira (2004), com base nas necessidades e informações oriundas de clientes, deve-se projetar empreendimentos que atendam estas necessidades, que sejam exequíveis e viáveis do ponto de vista econômico. O mesmo autor define este processo como “Projetar com Qualidade”.

Dessa forma, as informações e necessidades oriundas dos clientes devem ser transformadas em parâmetros de entrada para o processo de projeto. Os dados de saída, sendo estes o projeto final, devem fornecer soluções para o proposto, permitindo a produção do edifício com as características solicitadas.

2.3.2. Tendência de evolução do processo de projeto.

Com o simples objetivo de atender a exigências para a certificação da qualidade, várias empresas elaboram documentos e padronizações apenas formalmente, não aplicando tais procedimentos em seu trabalho diário, encarando o sistema de qualidade como um processo de documentação formal e necessário para fins contratuais (MELHADO, 20--). Ainda para o atendimento das exigências de programas de certificação como por exemplo, o PBQP-H, empresas estabelecem metas de curto prazo. Entretanto, o programa prevê que haja um aprimoramento contínuo dos processos estabelecidos e impõe exigências para a qualificação dos projetistas.

Para completar o ciclo da qualidade, por meio da utilização de força contratual, empresas tem exigido um maior comprometimento com a qualidade de seus projetistas. Obrigando os escritórios de projeto a apresentarem projetos dentro dos padrões de qualidade, definindo ainda, a forma de apresentação das soluções técnicas, além de exigir assistência necessária para a aplicação das informações expostas em projeto.

Tem-se observado em escritórios de projeto a incompreensão dos conceitos de qualidade exigidos, alegando que a “certificação de qualidade nos projetos impõe sua padronização, limitando a criatividade” ou ainda que, “o escritório não pode assumir uma forma de trabalho tão formal”.

Entretanto, a crescente adoção de sistemas de qualidade por empresas do setor público assim como do setor privado, obriga os escritórios de projeto a se adequarem aos sistemas de qualidade, sob pena de serem privados de fornecer projetos para estas empresas (MELHADO, 20--).

2.4. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

Programas de qualidade específicos para a construção civil só foram desenvolvidos a partir da segunda metade dos anos 90. Com o objetivo de apoiar a modernização e melhorar a qualidade e produtividade do setor da construção civil, o Governo Federal, em Dezembro de 1998, instituiu o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat, PBQP-H.

Em 2002 passou a adotar os princípios das NBR ISO 9001:2000. Por meio desta normativa o programa passou a exigir de empresas construtoras a qualificação gradual e sucessiva, impondo ainda diferentes níveis de certificação.

No ano de 2000 a Caixa Econômica Federal passou a exigir a certificação da qualidade como requisito para a obtenção de financiamentos habitacionais. Esse fato ocasionou profundas mudanças em diversas empresas construtoras, pois passaram a ter a qualidade como postura, prevenindo não conformidades, integrando inclusive sua visão estratégica. (VIEIRA e ANDERY, 2002).

2.4.1. Princípios e Regimento

Uma das bases propulsoras do PBQP-H é o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC), que tem como objetivo avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade, considerando as características específicas da atuação dessas empresas na construção civil, e tendo por referência a série de normas ISO 9000.

O Sistema busca contribuir para a evolução da qualidade do setor, envolvendo especialidades técnicas de execução de obras, serviços especializados de execução de obras, gerenciamento de obras e de empreendimentos e elaboração de projetos.

2.5. Gerenciamento das obras

A implantação de um empreendimento demanda cada vez mais itens, que incluem as soluções arquitetônicas, estruturais e gerenciais para a execução da obra. O gerenciamento de obras é definido como sendo a função de liderar e mobilizar esforços, atribuir responsabilidades, motivar, debater, transformar grupos em verdadeiras equipes com um objetivo comum. Dessa forma, a função de superar as dificuldades encontradas, intermediar conflitos, é dos encarregados pelo gerenciamento da obra. Deve-se ainda, buscar a integração e o desenvolvimento, aperfeiçoando projetos, suprimentos, tecnologias adotadas, organizar a produção e a mão de obra.

No gerenciamento de projetos é imprescindível a adoção de critérios, favorecendo-se soluções técnicas. Já na fase de projeto, que busquem a qualidade, redução de custos e prazos da obra.

Durante a fase de execução, os processos produtivos materializam o empreendimento. Portanto, a execução dos serviços, aliada a qualidade destes, interfere diretamente na qualidade do produto final (PENTEADO, 2003). Esta qualidade está associada aos materiais empregados, equipamentos disponíveis, controle de recebimento e dos materiais, assim como da capacitação da mão-de-obra.

2.6. Dificuldades de implantação de sistemas de qualidade

Embora imprescindível a implantação de sistemas da qualidade no setor da construção civil, alguns aspectos ainda sofrem grande resistência por parte dos profissionais e empresas da construção civil. Santos (2003), afirma que de maneira geral, as empresas brasileiras tendem a estabelecer metas e decisões que garantam sua sobrevivência imediata, restando poucas com planejamentos e metas de longo prazo para consolidação de sua estrutura.

Inúmeros profissionais defendem a teoria de que planejamento possui data e hora para ser definido, e que este, não deva sofrer alterações. Essa metodologia não pode ser adotada para a construção civil, pois demanda a necessidade de adaptações e alterações em planejamentos já definidos previamente.

Ainda que haja resistência por parte dos profissionais e empresas, a modernização da construção civil passa pela adoção de sistemas da qualidade, que garantam a padronização do processo construtivo, conferindo maior qualidade e agilidade às edificações. Esses sistemas ainda atuam na prevenção de patologias que se manifestam na fase de uso da edificação, adotando processos de execução, soluções técnicas que evitem o surgimento de fissuras nas alvenarias.



3. ALVENARIA ESTRUTURAL

3.1. Alvenaria

A definição de alvenaria é dada por Senna Valle (2008), como sendo um conjunto de unidades (Tijolos, Blocos, pedras, entre outros), unidos por material ligante, que possui capacidade de suportar cargas e desempenhar a função de estrutura em construções.

O sistema construtivo de Alvenaria Estrutural é resultado de métodos empíricos de aprendizagem, tendo como essência a resistência de suas unidades e fraca ligação destas, fazendo com que as cargas assumam trajetórias de tensões oriundas da compressão sofrida pelos componentes. Pelo fato de apresentar fraca ligação entre suas unidades, a alvenaria apresenta facilidade de manutenção, além de comprovadamente resistir à ação do tempo, a exemplo de estruturas seculares executadas em alvenaria (SENNA VALLE, 2008).

3.2. História da Alvenaria

Até o final do século XIX, a alvenaria era um dos principais materiais de construção utilizados pelo homem. As construções da época eram erguidas segundo regras puramente empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos. A alvenaria constituía-se em sua maioria, de blocos de barro secados ao sol, conhecidos como *adobe* ou *adobo* (SAMPAIO, 2010).

Com o surgimento do aço e do concreto armado no início do século XX, uma revolução veio abalar a forma de construir. Juntamente com os novos materiais, que possibilitaram a construção de obras de maior porte e arrojo, surgiram também novas técnicas construtivas com embasamento científico que se desenvolveram rapidamente. Em meio a isso, a alvenaria foi relegada a um segundo plano, passando a ser usada quase que exclusivamente como elemento de fechamento (LOPEZ, 1998).

Ainda nas palavras de Lopez (1998), em meados do século XX, a necessidade do mercado em buscar novas técnicas e alternativas de construção, redescobriu a alvenaria. Em consequência, inúmeras pesquisas foram desenvolvidas em muitos países, permitindo que fossem criadas normas e critérios de cálculo, baseados em métodos racionalizados.

Na Europa e Estados Unidos a evolução das pesquisas em Alvenaria Estrutural tem permitido a elaboração de normas modernas, contendo recomendações para o projeto e execução dessas obras, fazendo com que se tornem competitivas com as demais técnicas existentes (SAMPAIO, 2010).

Richter, Masuero e Formoso (2010), afirmam que a ampla aplicação da alvenaria é consequência de suas vantagens frente a outros métodos construtivos. Tais vantagens são definidas pela incorporação facilitada da coordenação modular e redução de custos frente a estruturas de concreto armado. Embora apresente limitações em sua aplicação, estas são desconsideráveis em empreendimentos de baixa renda, ampliando suas vantagens e, por conseguinte, ampliando sua aplicação nestes empreendimentos.

3.3. Elementos Constituintes

O sistema construtivo denominado de Alvenaria Estrutural é composto por unidades, sendo estas denominadas de Blocos, Argamassa, eventualmente, Graute e armaduras, podendo estas serem construtivas ou para a eliminação de tensões de tração.. A combinação destes elementos formam paredes, pilares, vergas, coxins, entre outros.

3.3.1. Blocos ou tijolos.

Quando composta por blocos, a Alvenaria Estrutural permite sua modulação e consequente redução de desperdícios na obra, evitando cortes em blocos e possíveis danos causados à estrutura devido aos cortes para encaixes de peças.

Observa-se que, no Vale do Taquari, a alvenaria estrutural constituída de tijolos maciços é amplamente empregada. Esta não possui modulação específica, sendo os ajustes executados “in loco”. Canaletas e passagens de dutos são executadas posteriormente à execução da parede propriamente dita.

Usualmente a Alvenaria Estrutural apresenta boa resistência à compressão, entretanto, para que tal característica seja atingida, alguns fatores são essenciais. A resistência das unidades e argamassas, a qualidade da mão de obra, assim como a geometria dos elementos, possuem influência direta e significativa na resistência final apresentada pela alvenaria (SAMPAIO, 2010).

- ✓ Tijolos cerâmicos.

Moldados em formas metálicas com barro comum, os tijolos cerâmicos maciços apresentam arestas vivas e retilíneas, sendo sua queima realizada em fornos específicos, à temperaturas em torno de 1000°C (KALIL, 2007).

A fabricação e regulamentação destes componentes se dá através da norma NBR 8041 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões.

Tabela 2: Dimensões nominais

Comprimento	Largura	Altura
190	90	57
190	90	90

Fonte: Adaptado de NBR 7170 (1983).

Para serem considerados como maciços, os blocos cerâmicos devem apresentar área vazada inferior a 25 % de sua área líquida. Devem ainda apresentar faces planas, sendo permitida apenas a presença de rebaixos em uma das faces de maior área (KALIL, 2007).

A NBR 7170 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, subdivide os tijolos de acordo com a resistência apresentada por estes, deve ainda ser definida de acordo com o padrão estabelecido pela NBR 6460 – Tijolo maciço para cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão.

Tabela 3: Resistência mínima a compressão em relação à categoria

Categoria	Resistência à compressão (mpa)
A	1,5
B	2,5
C	4,0

Fonte: Adaptado de NBR 7170 (1983).

✓ Blocos cerâmicos.

A conformação dos blocos cerâmicos se dá sob forma de extrusão da cerâmica vermelha, seu material constituinte. Podem ainda, apresentar furos verticais, cilíndricos ou prismáticos. Sua cura é realizada em fornos de secagem, onde toda a umidade é expelida e a matéria orgânica é queimada, ocorrendo a vitrificação com a fusão dos gases de sílica. (KALIL, 2007).

3.3.2. Argamassas

Sendo essencialmente composta por agregados granulares, a argamassa possui a função de unir as unidades (Blocos ou tijolos), para a perfeita transmissão de tensões e esforços resultantes das solicitações as quais a estrutura está submetida, devendo ainda, absorver pequenas deformações (SAMPAIO, 2010).

Conforme o mesmo autor, para atingir estes objetivos, a argamassa deve apresentar características tais como trabalhabilidade, capacidade de retenção de água, possuir resistência adequada, entre outros.

3.4. Alvenaria Estrutural.

Na fase de projeto de uma edificação, diferentes sistemas estruturais podem ser adotados para atender ao uso ao qual a edificação se propõe, custos de construção projetados, assim como para o conforto dos clientes (KALIL, 2007).

Composto por elementos manuseáveis, edifícios de Alvenaria Estrutural utilizam peças industrializadas em sua confecção, unindo-as com argamassa, gerando um conjunto monolítico.

Nas palavras de Kalil (2007), no dimensionamento de estruturas de alvenaria, as paredes recebem todas as cargas do edifício, absorvendo todas as solicitações. Para que seja possível a remoção de paredes em determinado andar da obra, deve ser realizado criterioso estudo estrutural, a fim de verificar a necessidade de reforços. Neste sistema construtivo, as paredes acumulam duas funções: resistência às cargas e vedação de ambientes. A estrutura dos edifícios de alvenaria portante, pode ser dividida em 2 grupos.

3.4.1.1. Alvenaria Estrutural não armada.

Adotada em edificações com máximo de 8 pavimentos, o sistema de Alvenaria Estrutural não armada, possui normas de dimensionamento (NBR 10837 – Cálculo de Alvenaria Estrutural de blocos vazados de concreto), bem como para sua execução (NBR 8798 – Execução e controle de obras em Alvenaria Estrutural de blocos vazados de concreto).

No dimensionamento dos elementos de alvenaria em sistemas não armados, não deve haver forças e solicitações de tração em componentes da estrutura de alvenaria.

3.4.1.2. Alvenaria Estrutural armada.

Este sistema permite a execução e obra com até 20 pavimentos, tendo seu dimensionamento e execução controlados pelas mesmas normas citadas anteriormente.

Na fase de projeto são definidas, em função das ações atuantes na estrutura, pontos de reforço com graute e aço, constituindo elementos que absorvam em conjunto com a alvenaria,

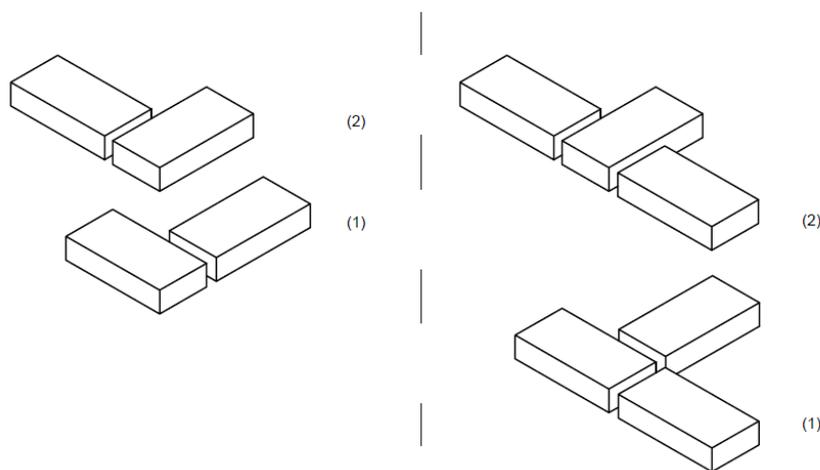
os esforços e deformações sofridas pela estrutura. Tomando por referência o item 2.3, o qual destaca a importância da elaboração de projetos qualificados, é verificado que algumas decisões na fase de projeto exercem influência direta no desempenho da alvenaria.

3.4.2. Amarração de paredes.

Ainda na fase de projeto, devem ser especificados os tipos de amarração a serem adotados na fase de execução da alvenaria.

Nas palavras de Sabbatini (2003), a intersecção de paredes deve ser realizada por interpenetração com blocos contrafiados. A Figura 2 exemplifica a amarração em forma de “L” e “T”, com blocos de largura e comprimento idênticos.

Figura 2: Amarração em "L" e "T" por interpenetração



Fonte: Adaptado de Sabbatini (2003).

Para o mesmo autor, em casos onde essa amarração não é possível, deve-se adotar reforços metálicos na união das alvenarias, desde que possibilite a distribuição dos esforços entre as paredes. Dessa forma, é possível a adoção de reforços em forma de grampos, em forma de “U”, imersos na argamassa de assentamento, ou ainda a colocação de telas de aço galvanizado eletrosoldado, igualmente posicionadas na junta de argamassa.

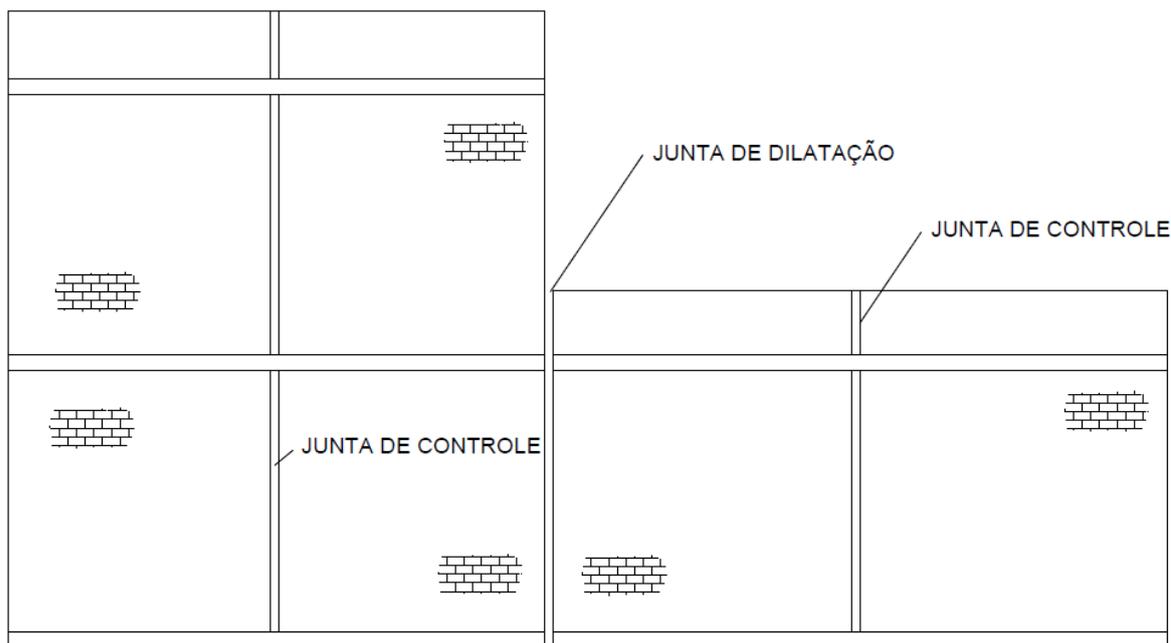
3.4.3. Juntas de controle ou movimentação

Em edifícios estruturados, é verificado o uso de juntas de dilatação em elementos contínuos de grande porte. No entanto, para Duarte (1999), o mesmo fato não é verificado em edificações de Alvenaria Estrutural, onde este tipo de junta recebe o nome de Juntas de Controle. Segundo o mesmo autor, as juntas de controle se diferem das juntas de dilatação por serem verticais, e executadas apenas em paredes de alvenaria, não interrompendo lajes ou vigas que sirvam de suporte para a alvenaria.

As juntas de controle são empregadas com a finalidade de limitar a dimensão dos painéis de alvenaria, evitando o acúmulo excessivo de tensões de deformação intrínsecas nos mesmos (VILATÓ e FRANCO, 1998).

A figura a seguir representa esquematicamente as juntas de controle.

Figura 3: Junta de dilatação e Junta de controle



Fonte: Adaptado de Duarte (1999).

Segundo Duarte (1999), as distâncias máximas entre juntas de controle são definidas em função da altura das paredes, e do tipo de unidade utilizado. O mesmo autor, divide as juntas de controle em 3 grupos:

✓ Juntas de contração ou retração

Estas são utilizadas para absorver movimentos de retração da alvenaria. Usualmente, são constituídas de argamassa com baixo teor de cimento, próximo as juntas, apresentando ainda baixo módulo de elasticidade, pois a maior parte das movimentações ocorre logo após o assentamento devido à perda de umidade. Ainda, para assegurar a estanqueidade das juntas é necessário considerar as deformações lentas sofridas pelas alvenarias, e deformações oriundas de variações térmicas.

✓ Juntas de Expansão

Amplamente empregadas em alvenarias de tijolos cerâmicos não revestidos externamente com argamassa, essas juntas absorvem as expansões sofridas pelo material devido à absorção de umidade e água da chuva. Com o objetivo de maximizar seu empenho, estas devem ser constituídas de material elástico que permita seu esmagamento.

As juntas de expansão podem ser dispensadas quando as alvenarias forem revestidas externamente, considerando que o revestimento externo limita absorção de água e umidade da chuva.

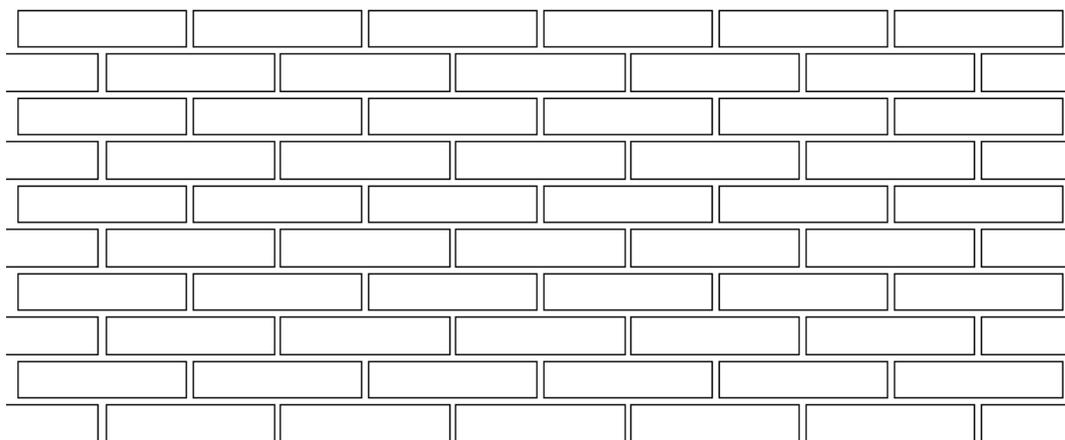
✓ Juntas Horizontais.

Esse tipo de junta é recomendado especialmente nos pavimentos superiores das edificações, especialmente nas lajes de forro, uma vez que nestes se concentram esforços de dilatação e retração superiores aos pavimentos inferiores. Essas juntas são executadas na interface entre a alvenaria e a laje, permitindo a deformação e movimentações das lajes, não transmitindo os esforços para a alvenaria.

3.4.4. Juntas de assentamento

As juntas de assentamento, em amarrações da alvenaria, permitem e auxiliam na distribuição dos esforços ocasionados por cargas verticais, deformações estruturais e movimentações higrotérmicas (THOMAZ e HELENE, 2000). Para o mesmo autor, as paredes devem ser projetadas com blocos contrafiados, com sobreposição de meio bloco entre fiadas sucessivas, podendo ser aceitas sobreposições não inferiores a um terço do bloco.

Figura 4: Elevação de alvenaria com blocos contrafiados



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Ainda nas palavras de Thomaz e Helene (2000), a ausência de juntas verticais possui influência direta na resistência ao cisalhamento da alvenaria, à resistência ao fogo, desempenho termo acústico. Para Santos (2001), “o não preenchimento de juntas verticais com argamassa indica, claramente, que esta prática não contribui para a melhoria do desempenho estrutural das edificações em alvenaria”. Dessa forma, não é recomendada, sob hipótese alguma, a adoção de “juntas secas” em alvenarias estruturais (THOMAZ e HELENE, 2000). Conforme Duarte (1998), as juntas de assentamento devem possuir espessura de 10mm, podendo ter variações máximas de 3mm, devendo preencher completamente os espaços horizontais e verticais entre blocos.

3.4.5. Lajes

Sabbatini (2003) afirma que as lajes devem ser projetadas considerando-se o desempenho estrutural e os efeitos de suas deformações.

As lajes podem ser moldadas in loco, parcialmente pré-fabricadas ou totalmente pré-fabricadas. Em todos os casos deve ser adotada a execução de cintas de distribuição dos esforços. Duarte (1999), afirma que as lajes maciças, com armadura bidirecional, possuem vantagens significativas sobre as demais, pois distribuem de forma mais eficaz os esforços de cargas verticais.

3.4.6. Vergas e contravergas

Conforme Santos (1998), verga é considerada todo elemento sobreposto às aberturas com vãos superiores a 1,20 metros que possui a finalidade de transmitir cargas verticais para as laterais do vão. Para o mesmo autor, as contravergas possuem a mesma função, diferenciando-se pelo fato de serem colocadas na parte inferior da abertura, auxiliando na distribuição das cargas pontuais nas extremidades do vão e evitando a formação de fissuras.

Sabbatini (2003), afirma que estes elementos devem ser previstos e especificados no projeto executivo da obra, sendo que devem ultrapassar a lateral do vão em pelo menos 20% ou 30 cm, adotando-se o maior dos valores.

Ainda para Santos (1998), em vãos de 1,20 metros ou superiores, as vergas devem ser interpretadas como vigas, e dimensionadas para absorção e distribuição das cargas. No entanto, esse conceito torna-se arbitrário, tendo em vista a existência de vãos com dimensões inferiores a 1,20 metros submetidos a cargas elevadas.

3.4.7. Cintas

Conforme definido na NBR 10837 – Cálculo de Alvenaria Estrutural de blocos de concreto, devem-se prever cintas em todas as paredes externas da alvenaria, a fim de absorver cargas oriundas de ventos e empuxos por exemplo. A mesma norma afirma ainda que, as cintas devem ser previstas sob a laje, podendo ou não ser unidas as vergas em determinados casos.

3.4.8. Argamassa de assentamento

O traço de argamassa adotado deve ser estabelecido em função das propriedades desejáveis da argamassa em seu estado fresco e endurecido. Estas propriedades podem ser a plasticidade para assentamento, impermeabilidade da junta, módulo de deformação da argamassa, entre outros. (THOMAZ, HELENE, 2000).

O teor de cimento utilizado influencia diretamente na resistência da argamassa (CINCOTTO, 1995). Características tais como o aumento da plasticidade, retenção de água, coesão da argamassa, são obtidas através da adição de Cal Hidratada, que por sua vez possui componentes ativos (CaO e MgO), com níveis superiores a 88%. Entretanto estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), afirmam que a Cal Hidratada, comercializada no mercado brasileiro, não apresenta a qualidade esperada.

Cincotto (1995), afirma que a areia atua como agregado inerte na mistura da argamassa, sendo utilizada para aumentar o rendimento agregando volume à mistura. A granulometria influencia na resistência apresentada, sendo que areias grossas aumentam a resistência à compressão da argamassa. Areias finas proporcionam um aumento na aderência, melhorando sua aplicação em obras de Alvenaria Estrutural.

A água adicionada em argamassas, assim como nos concretos, influencia diretamente na sua resistência, sendo responsável pela principal característica das argamassas em estado fresco, a trabalhabilidade. Dessa forma, a água deve ser dosada em níveis adequados para atender aos requisitos estabelecidos sem permitir a segregação dos componentes da argamassa e diminuição da resistência (CINCOTTO, 1995).

Atualmente o mercado dispõe de argamassas industrializadas que são fornecidas a granel. Segundo Thomaz e Helene (2000), essas argamassas são compostas por cimentos, areias e aditivos plastificantes, entretanto, os resultados de aderência, trabalhabilidade, devem ser os mesmos.

3.5. Recomendações técnicas para execução da Alvenaria Estrutural

Sabbatini (2003), afirma que na fase de execução da alvenaria, inúmeros cuidados devem ser tomados a fim de garantir o desempenho e qualidade do produto final. Entretanto, alguns aspectos merecem enfoque especial devido a sua importância e influência nas características finais do produto.

3.5.1. Marcação da alvenaria.

Nas palavras de Santos (1998), a marcação da alvenaria possui importância fundamental na resistência, nivelamento, esquadro e planeza da alvenaria. Para demarcação da primeira fiada da alvenaria, deve-se ter em mãos o projeto de execução.

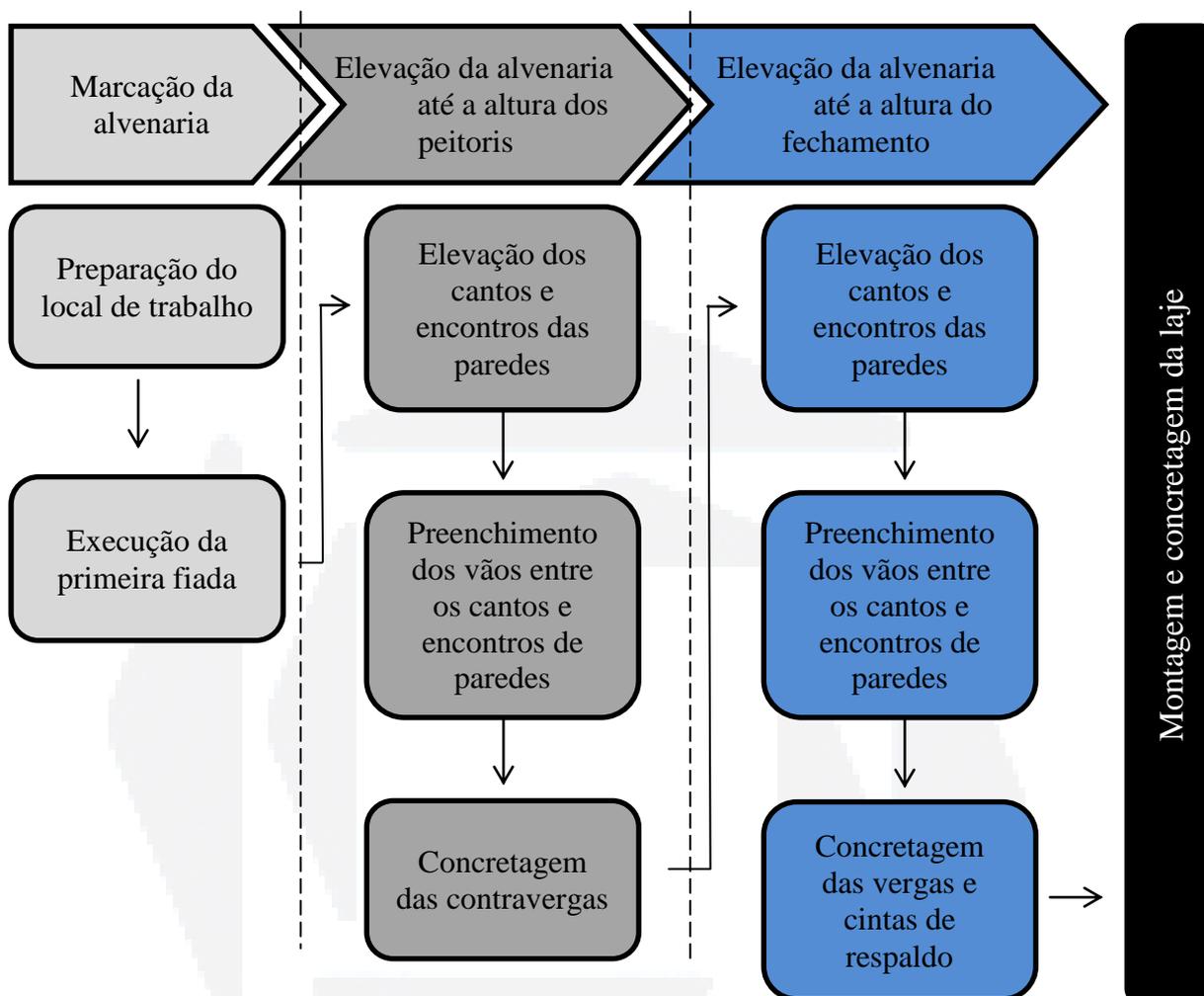
Para o efetivo início da marcação da primeira fiada, alguns fatores devem ser verificados, como por exemplo, o nivelamento da laje. Para o nivelamento da laje, conforme a NBR 8798 - Execução e controle de obras em Alvenaria Estrutural de blocos vazados de concreto, deve-se adotar critérios de aceitação com tolerância inferior a 5mm em 2,0 metros. Ainda para Sabbatini (2003), a marcação das fiadas somente pode ter início, 16 horas após a concretagem da laje.

3.5.2. Elevação da alvenaria.

A elevação da alvenaria é o passo mais importante para a garantia de um produto final de qualidade e desempenho satisfatório.

Para atingir os padrões de qualidade, o processo de execução da alvenaria deve ser interpretado como um processo racionalizado, com etapas definidas que devem ser cumpridas. A figura seguir representa a sequência de execução idealizada por Sabbatini, (2003); Thomaz e Helene, (2000); Santos, (1998).

Figura 5: Sequência de execução de alvenarias.



Fonte: Adaptado de Sabbatini (2003), Thomaz e Helene, (2000); Santos, (1998).

Pela Figura 5 verifica-se a divisão da execução da alvenaria em 3 etapas. A primeira é constituída da marcação da alvenaria, tendo nesta fase a preparação da base de assentamento e execução da primeira fiada. A seguir é realizada a elevação dos cantos e encontros entre paredes, permitindo dessa forma a execução de alvenarias com os blocos contra fiados (SABBATINI, 2003). Ainda na fase de elevação da alvenaria devem ser executadas as contra vergas. A seguir repete-se o processo de elevação dos cantos e encontros de paredes na altura acima dos peitoris das janelas, sendo que ao final desta, são executadas as vergas. Por fim, é realizada a montagem das cintas e laje para posterior concretagem.

Para Thomaz e Helene (2000), nesta fase deve-se ter atenção especial em relação ao esquadro e prumo da alvenaria, controlando-se a espessura das juntas e nivelamento das fiadas. Nas alvenarias de blocos cerâmicos, é de fundamental importância molhar as unidades

antes de seu assentamento definitivo, a fim de eliminar as patologias causadas por retração hidráulica excessiva.

3.6. Patologias das edificações

Conforme Teixeira (2011), o termo patologia significa falha, disfunção, defeito que altera a estética ou a função da edificação ou de qualquer parte constituinte. Nas edificações busca estudar os defeitos dos materiais, dos componentes, dos elementos ou da edificação de forma global, diagnosticando suas causas e estabelecendo seus mecanismos de evolução, formas de manifestação, medidas de prevenção e de recuperação.

Duarte (1998), define:

[...] as manifestações patológicas que mais preocupação causam aos leigos são as fissuras. A ocorrência de fissuras tem se tornado um incômodo que provoca crescente preocupação na construção civil, onde o nível de exigência dos usuários vem aumentando em função da própria mudança de mentalidade com a criação de novos paradigmas, tais como a qualidade e satisfação do cliente. (DUARTE, 1998)

Nas palavras de Marcelli (2010), quando se manifestarem trincas em elementos de concreto armado, estas devem ser analisadas com cuidado redobrado para sua identificação e solução adequada. O autor enfatiza que, algumas trincas menos relevantes podem ser desprezadas e solucionadas com métodos convencionais, outras no entanto, demandam um estudo específico, determinando através deste, sua causa, solução, ainda avaliação da necessidade de recuperação ou reforço da estrutura.

Thomaz (1989) adverte que à presença de fissuras deve ser atribuída relativa atenção, pois indica possíveis problemas estruturais, podendo comprometer a segurança da edificação e desconforto aos usuários.

Magalhaes (2004) acredita que o conhecimento das patologias das edificações é de suma importância, desenvolvendo, portanto, estudos a cerca do tema, visando a identificação das causas, soluções e métodos preventivos adotados, indicando que deva haver estudos de casos com identificação das patologias apresentadas, assim como de suas causas.

3.7. Fissuras em alvenarias

As fissuras são visualmente identificadas em uma obra de Alvenaria Estrutural, podendo ocorrer nas juntas de assentamento e próximo às aberturas feitas na alvenaria, além de seccionar os componentes da alvenaria. Conforme citação a seguir, podemos compreender a importância da determinação das fissuras.

As fissuras ocupam o primeiro lugar na sintomatologia em alvenarias estruturais de blocos vazados de concreto. A identificação das fissuras e de suas causas é de vital importância para a definição do tratamento adequado para a recuperação da alvenaria. A configuração da fissura, abertura, espaçamento e, se possível, a época de ocorrência (após anos, semanas, ou mesmo algumas horas da execução), servem como elementos para diagnosticar sua origem (CADERNO TÉCNICO, s.d., p. 3).

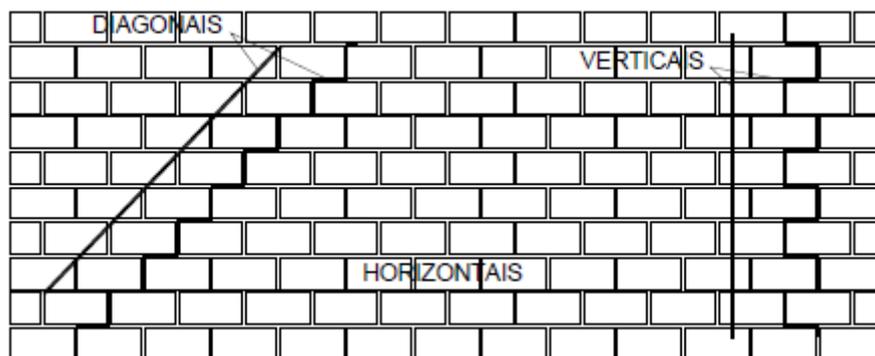
Segundo Duarte (1998), alguns fatores podem influenciar no aparecimento de fissuras na Alvenaria Estrutural:

- ✓ Qualidade dos blocos: dimensões incorretas, falhas na porosidade e acabamento superficial;
- ✓ Argamassa de assentamento: consumo de aglomerantes, retenção de água e retração;
- ✓ Alvenarias: geometria do edifício, esbeltez, eventual presença de armaduras, existência de paredes de contraventamento;
- ✓ Recalques diferenciais em fundações;
- ✓ Movimentações higroscópicas e térmicas.
- ✓ Deformações nas estruturas de concreto armado

3.8. Mecanismos de formação das fissuras

Para Sampaio (2010), a formação de fissuras pode ocorrer nas direções horizontais, verticais, diagonal, ou ainda, por uma combinação destas. Cada padrão de fissura apresenta por meio de sua orientação e tamanho da abertura, sua origem e causa, podendo assim ser diagnosticada e solucionada de forma adequada.

Figura 6: Configurações básicas de fissuras em alvenarias.



Fonte: Adaptado de Sampaio (2010).

Nas palavras de Teixeira (2011), as fissuras originam-se quando as cargas ultrapassam sua capacidade resistiva. Estas se formam por tensões de tração, com sentido ortogonal a solicitação. As tensões por sua vez, podem ser oriundas de esforços ortogonais de compressão, solicitações cisalhantes ou ainda, tração direta.

Deve-se ainda considerar, que os elementos constituintes das alvenarias apresentam variações em seu volume causadas por fatores internos ou externos do material, e a restrição a este movimento, resulta em fissuras. (MAGALHÃES, 2004).

Na interação entre os diversos elementos constituintes, ocorrem movimentações por transmissão de esforços ou cargas. Tal movimentação em vigas de concreto armado, conhecida como “*flecha*”, pode provocar a fissuração da alvenaria. Ainda, a interação vertical entre elementos de concreto armado, e alvenaria, constitui a maior fonte de fissuras de alvenarias. (BRICK INDUSTRY ASSOCIATION, 1991).

Em suma, portanto, as fissuras em alvenarias podem ser causadas por movimentações próprias ou das estruturas de sustentação, tais como, pilares, vigas, lajes, elementos constituintes das fundações, coberturas, entre outros. (MAGALHÃES, 2004).

As movimentações dos elementos constituintes das alvenarias são originadas por diversos fatores, entre os quais podemos citar: sobrecargas, variações de temperatura, retração, expansão por umidade, recalques de fundação, recalques diferenciais, detalhes construtivos, ações do vento, ação do fogo, entre outras (DUARTE, 1998; ELDRIDGE, 1982; THOMAZ 1989).

A NBR 15.575 -Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Parte 2, apresenta a seguinte distinção entre fissura e trinca:

✓ Fissura: seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante);

✓ Trinca: expressão coloquial qualitativa aplicável a fissuras com abertura maior ou igual a 0,6 mm.

Neste trabalho não haverá distinção entre fissuras, trincas, rachaduras, sendo o termo fissura empregado de forma padronizada, ainda que na bibliografia, esta terminologia possa ser encontrada distintamente.

3.9. Diagrama de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito representa em três etapas, o processo de ocorrência de fissuras nas alvenarias, apresentando suas causas e dividindo-as em primárias, secundárias e terciárias. Para as causas primárias, foram identificados quatro agentes que influenciam diretamente no desempenho da alvenaria, sendo estes: falhas nos materiais utilizados no processo construtivo, falhas na execução de serviços, falhas ou deficiências de projeto, e ainda, ações externas.

As falhas nos materiais incluem o controle de recebimento destes na obra, formas de armazenamento, falta de controle tecnológico destes, entre outros que afetam o desempenho. Como causas terciárias foram identificadas as falhas nos blocos, fissuras, inconformidade nas argamassas, entre outros.

Figura 7: Armazenamento inadequado de tijolos maciços.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As ações externas consideradas consistem em ações e intempéries climáticas, condições de suporte de carga do solo, ainda as variações de temperatura as quais as edificações estão expostas, provocando fissuras em função da dilatação sofrida pelos materiais. Conforme Duarte (1998), as variações de volume, decorrentes da dilatação dos materiais, não previstos, podem resultar em fissuras nas três direções (Horizontal, Vertical e Inclinada), em variados pontos das alvenarias. As condições de suporte de cargas do solo podem provocar o recalque das fundações, ou ainda, seu rompimento em condições extremas, provocando fissuras nas três direções citadas (HOLANDA JUNIOR, 2002).

A qualidade da mão-de-obra, treinamento e qualificação dos profissionais encarregados pela execução dos empreendimentos, a utilização de ferramentas adequadas à atividade, constituem-se de fatores de formação de fissuras relacionados ao processo de execução das alvenarias. O emprego de técnicas construtivas inadequadas contribui para o surgimento de falhas no desempenho estrutural e funcional das alvenarias.

Figura 8: Deficiência de amarração de paredes



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Conforme citado em 2.2, o somatório dos sistemas de qualidade de diferentes equipes não é garantia de um produto final com qualidade e desempenho satisfatório. O controle sobre a execução, integração de empreiteiros, treinamento e qualificação dos trabalhadores constituem-se de ferramentas importantes para a manutenção da qualidade nos empreendimentos de alvenaria estrutural.

Na fase de projeto, as falhas de especificações, especificações incompletas, falta de qualificação técnica ou ainda falta de conhecimento, assumem lugar de destaque nas causas secundárias de falhas. Destas, surgem causas terciárias tais como a ausência de vergas e contravergas, ausência de juntas de dilatação em pavimentos de cobertura, entre outros.

A organização em níveis das possíveis causas e divisão por categorias das influências de fatores na formação de fissuras, permitiu a interpretação mais ampla dos fatores que possibilitam a formação de fissuras nos empreendimentos, ainda a elaboração de diagramas de fissuração das alvenarias na região do Vale do Taquari.

O primeiro nível apresenta os principais tipos de fissuras identificadas, oriundas de falhas nos materiais, nos componentes e elementos integrantes da alvenaria. O segundo nível apresenta os principais componentes e elementos, que quando acometidos por falhas perdem seu desempenho esperado e resultam em fissuras do primeiro nível.

No terceiro nível são agrupadas as falhas dos componentes da alvenaria, relacionadas à execução dos serviços, concepção dos projetos e irregularidades nos materiais e componentes. A combinação destes fatores resulta em fissuras do segundo nível do diagrama.

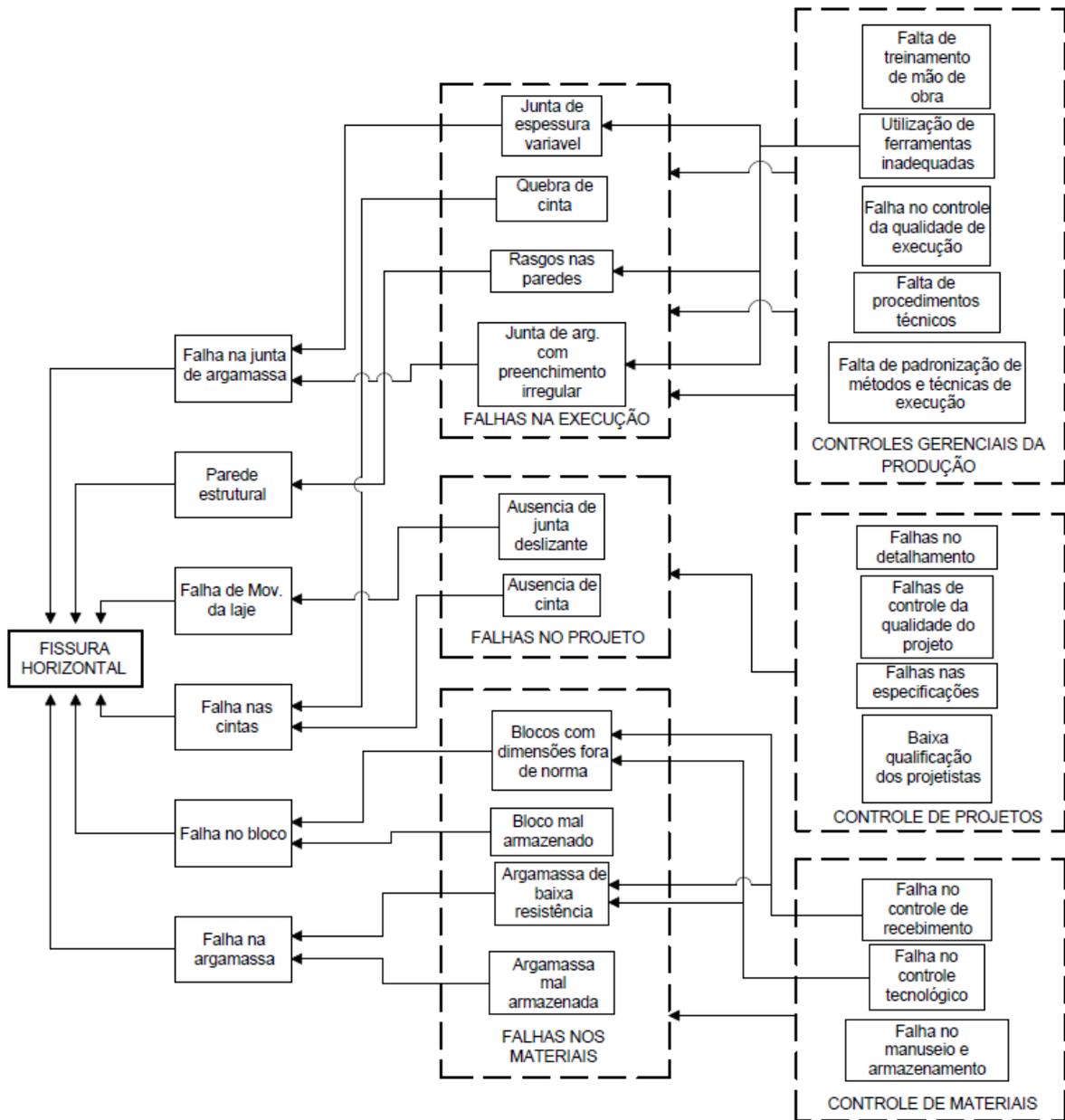
Os controles de produção, controle dos projetos e materiais, foram classificados no quarto nível, onde são incluídas as falhas nos projetos, falhas na execução dos empreendimentos e falhas nos materiais.

Cabe ressaltar que, alguns aspectos citados, isoladamente não provocam a fissuração das alvenarias, entretanto, quando combinados as falhas de outros componentes da alvenaria resultam em fissuras de primeiro nível. Os diagramas a seguir, apresentam a correlação entre elementos, causas e falhas que resultam em fissuras nas alvenarias estruturais.

3.9.1. Fissuras na direção horizontal.

O diagrama a seguir apresenta a inter-relação de causas e falhas que possibilitam o surgimento de fissuras horizontais nas alvenarias.

Figura 9: Diagrama de fissura Horizontal



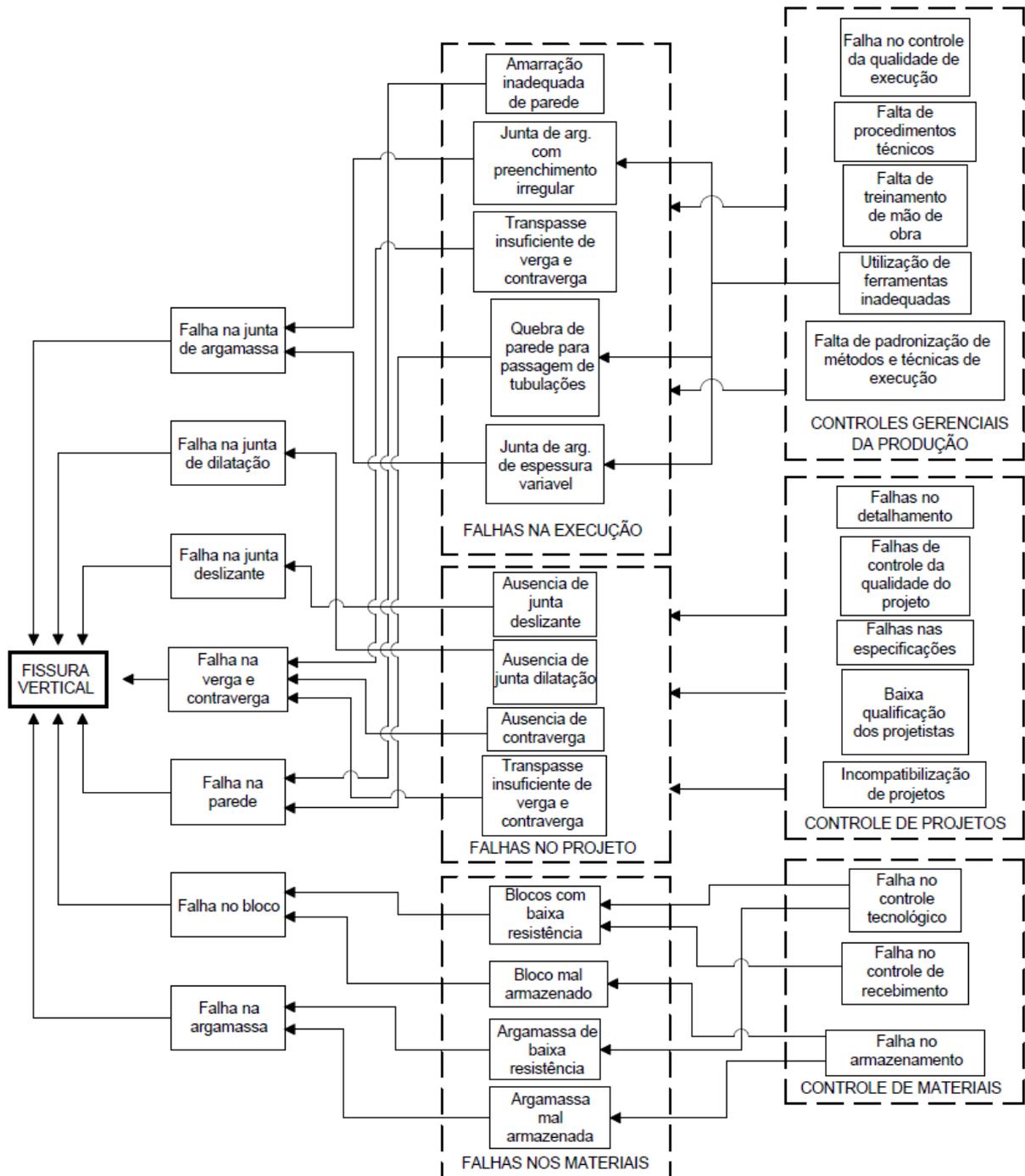
Fonte: Adaptado de Alexandre (2008).

Conforme citado em 3.9, o diagrama evidencia que as falhas não possuem causas únicas, e sim são resultado de combinações de fatores, como por exemplo, a junta de espessura variável que aliada ao preenchimento irregular, provoca a falha na junta de argamassa, resultando em fissuras horizontais nas paredes.

3.9.2. Fissuras na direção vertical.

O diagrama a seguir representa a inter-relação de causas e falhas que possibilitam o surgimento de fissuras verticais nas alvenarias.

Figura 10: Diagrama de fissura Vertical



Fonte: Adaptado de Alexandre (2008).

As causas básicas analisadas são as mesmas das causas de fissuras horizontais. Neste diagrama, foram incluídas as falhas por ausência de contravergas e vergas que possibilitam o surgimento de fissuras verticais.

3.9.3. Fissuras Inclínadas.

O diagrama a seguir representa a inter-relação de causas e falhas que possibilitam o surgimento de fissuras inclinadas nas alvenarias.

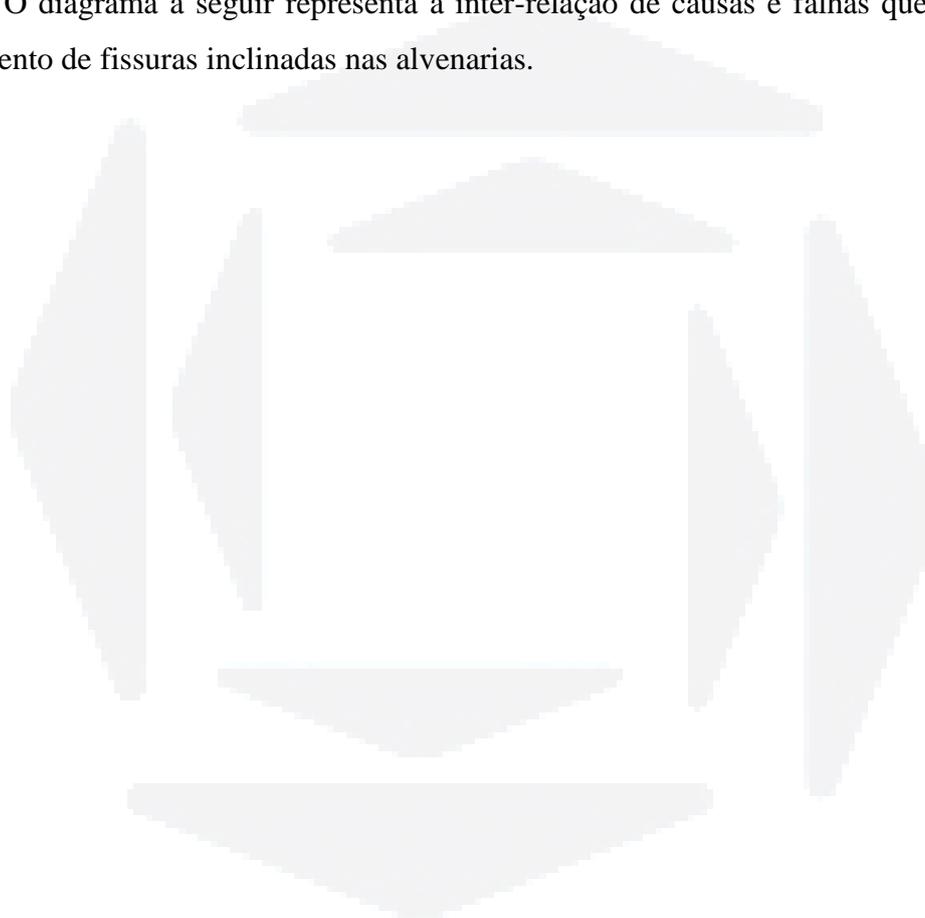
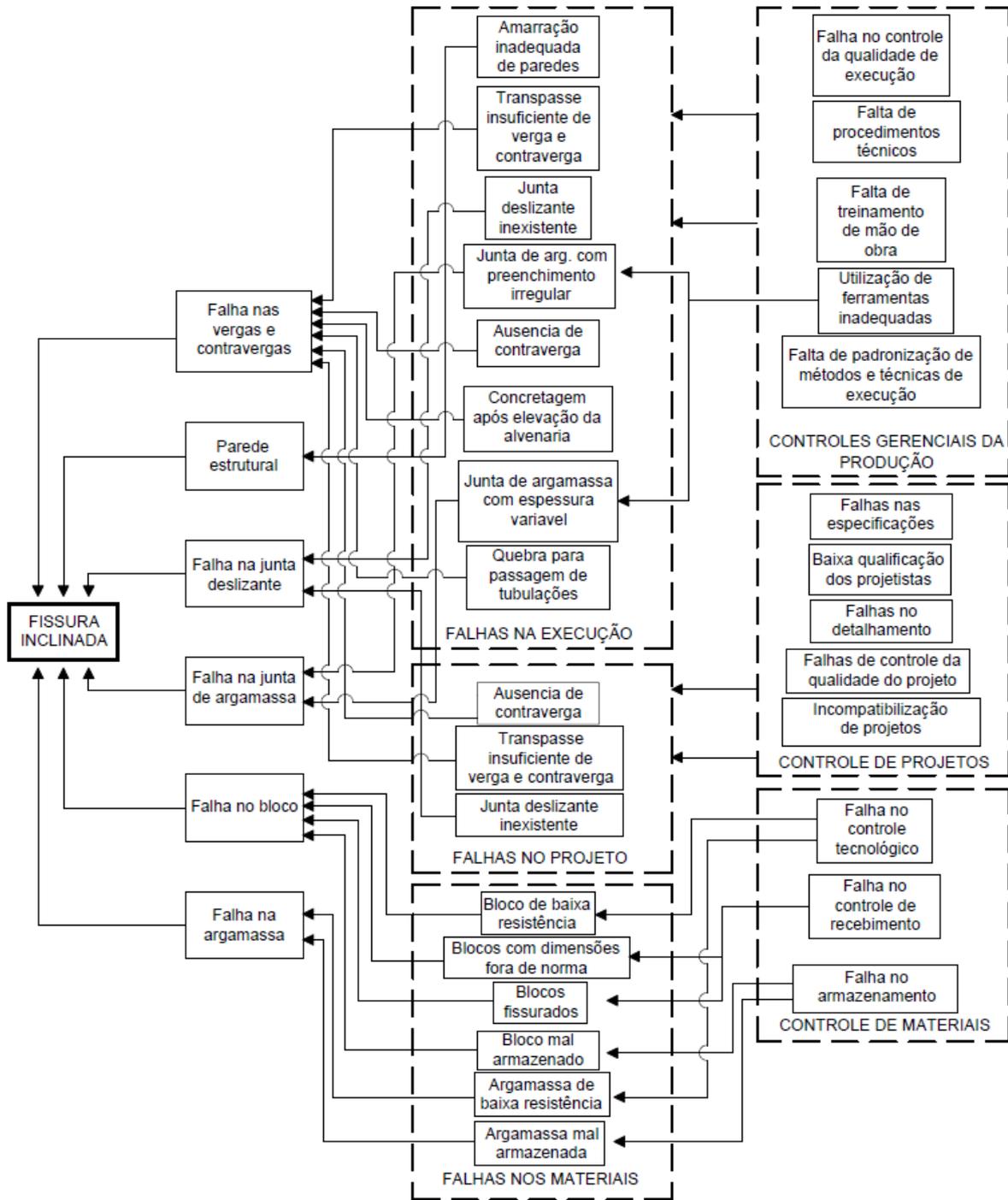


Figura 11: Diagrama de fissura inclinada



Fonte: Adaptado de Alexandre (2008).

O diagrama de fissuras inclinadas demonstra a complexidade de inter-relações que influenciam e possibilitam o surgimento de fissuras inclinadas nas alvenarias, considerando ainda, as causas básicas como sendo as mesmas das fissuras horizontais e inclinadas.

3.10. Classificação das fissuras

As fissuras em alvenarias podem ser classificadas adotando-se diferentes critérios: abertura, atividade, forma, causa, direção, entre outros.

✓ Abertura

Duarte (1998) classifica as fissuras segundo sua abertura: finas, quando apresentam abertura menor de 1,5mm de espessura; média, apresentando espessura de 1,5mm à 10,0 mm, e por fim, em fissuras largas, quando sua abertura ultrapassar os 10,0mm.

✓ Atividade

Determinadas fissuras apresentam variações em seu tamanho de acordo com as condições a ela impostas. As fissuras oriundas de variações térmicas podem apresentar aberturas maiores quando submetidas a temperaturas mais altas. Quando as fissuras forem oriundas de recalques de fundação, tendem a apresentar aberturas crescentes em função da movimentação da estrutura. Este grupo de fissuras é denominado de fissuras ativas (DUARTE, 1998).

Ainda para o mesmo autor, caso as fissuras sejam originadas por sobrecargas ou deformações estabilizadas, estas tendem a manter sua abertura constante, sendo classificadas como fissuras inativas.

✓ Forma

Duarte (1998) definiu fissuras isoladas como sendo as que seguem uma direção predominante, alinhadas pelas juntas de argamassa, ou seccionando os componentes, horizontalmente ou verticalmente.

Quando se apresentam em forma de rede, sendo mais comuns em revestimentos, as fissuras são classificadas como disseminadas.

✓ Causa

Duarte (1998) afirma que a identificação da causa da fissura constitui-se no melhor caminho para a adoção da solução mais adequada de tratamento.

Thomas (1989) e Duarte (1998) classificam as fissuras em seis grupos de acordo com sua causa:

- ✓ Fissuras causadas por sobrecargas;
- ✓ Fissuras causadas por variações térmicas;
- ✓ Fissuras causadas por retração e expansão;
- ✓ Fissuras causadas por deformações em estruturas de concreto armado;
- ✓ Fissuras causadas por recalques de fundação;
- ✓ Fissuras causadas por detalhes construtivos.

Por adotarem critérios semelhantes e equivalentes de classificação de fissuras devido a sua causa, as definições de Duarte (1998) e de Thomaz (1989) tornam-se adequadas para o estudo de fissuras em alvenarias neste trabalho.

- ✓ Direção

Para Eldridge (1982), as fissuras ainda podem ser divididas segundo sua direção em: fissuras verticais; fissuras horizontais; e, fissuras diagonais.

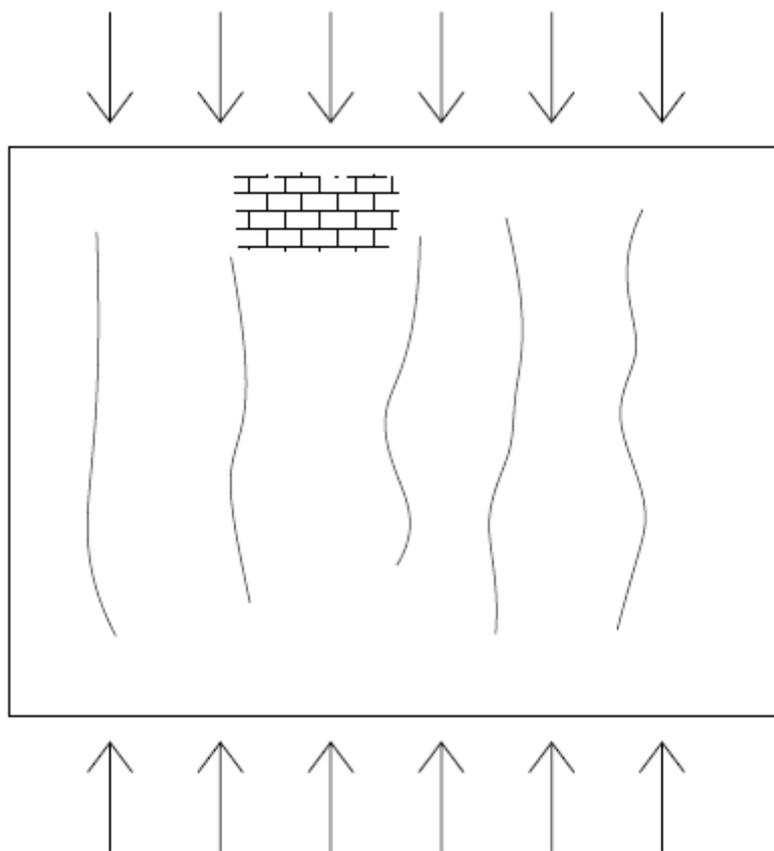
3.10.1. Fissuras causadas por sobrecargas

A partir do momento em que o carregamento vertical de uma alvenaria ultrapassa seu limite último de resistência, surgem fissuras causadas pelas ações de compressão no material.

3.10.1.1. Fissuras verticais por sobrecarga

Submetida a carregamentos axiais de compressão, a alvenaria tende a apresentar fissuras verticais, uma vez que a argamassa apresenta deformações maiores que dos demais componentes, deformando-se transversalmente. Por consequência da aderência entre blocos e argamassa, surgem tensões de tração horizontais nas faces dos componentes, provocando as fissuras verticais, normalmente paralelas ao eixo de carregamento. (THOMAZ 1989).

Figura 12: Fissura por sobrecarga de compressão



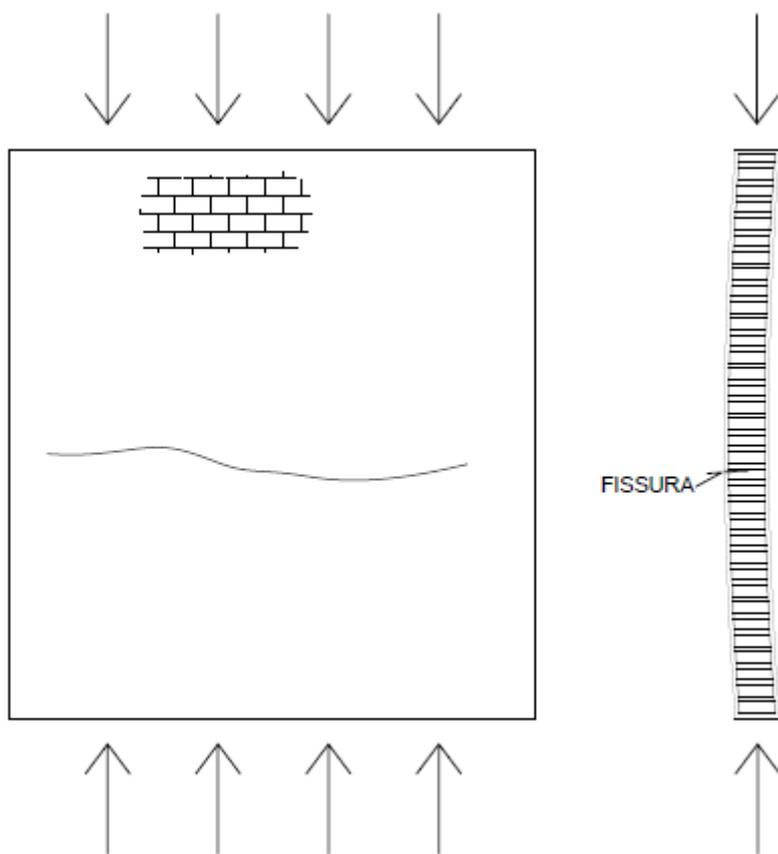
Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

3.10.1.2. Fissuras horizontais por sobrecargas

Fissuras horizontais, provocadas por sobrecargas, são resultado do rompimento por compressão dos componentes, juntas de argamassa ou dos septos horizontais dos blocos, submetidos a excessivo carregamento de compressão, ou ainda, podem surgir na presença de tensões de flexocompressão.

No caso de fissuras horizontais, a ruptura ocorre por incapacidade de resistência dos materiais empregados, neste caso, a qualidade e resistência dos materiais constituintes são fator fundamental na determinação de sua resistência (THOMAZ 1989).

Figura 13: Fissura horizontal por sobrecarga

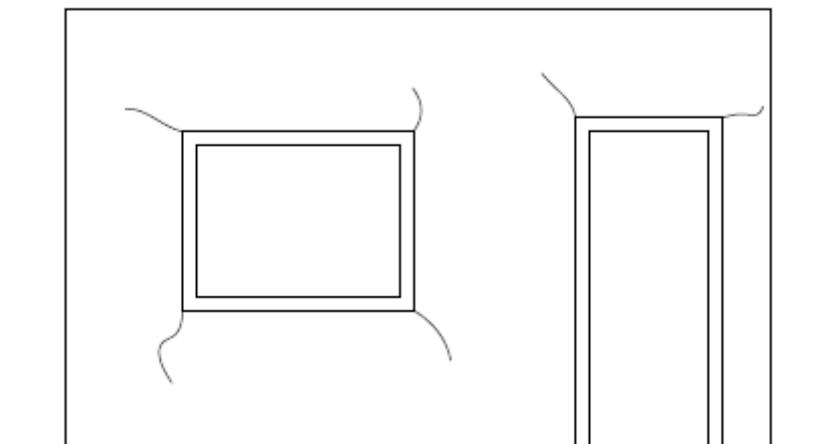


Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

Em paredes com solicitações de flexocompressão, normalmente causadas por cargas excêntricas, surgem fissuras provocadas pelas tensões de tração na face tracionada, ou fissuras por ruptura dos elementos na face comprimida.

No entorno de aberturas em paredes de alvenaria, submetidas a ações de sobrecarga, surgem fissuras, usualmente, a partir do vértice de abertura, sendo estas orientadas à 45° da linha lateral da abertura. Por consequência do tamanho da abertura, da magnitude da carga aplicada, rigidez de vergas e contravergas, podemos observar diversas configurações de fissuras, com configurações típicas apresentadas na figura a seguir.

Figura 14: Fissuras em aberturas por sobrecargas



Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

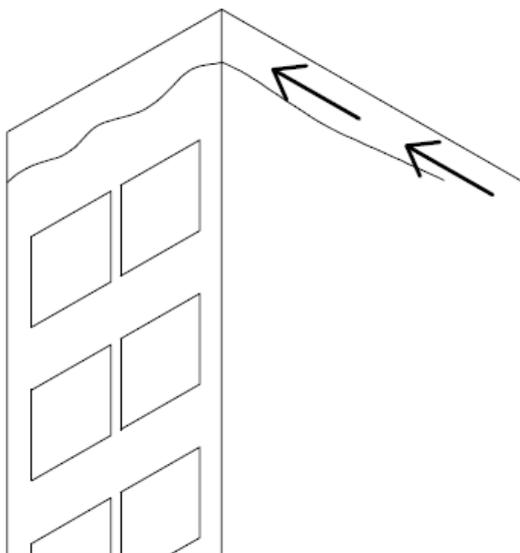
3.10.2. Fissuras causadas por variações da temperatura

Os componentes das alvenarias, usualmente, ficam sujeitos às intempéries climáticas, sofrendo variações de temperatura sazonal, ou ainda, diária, que quando aliada a restrição ao movimento das estruturas resulta em tensões capazes de provocar fissuras (DUARTE, 1998 e THOMAZ, 1989).

Para os mesmos autores, por consequência do coeficiente de dilatação térmica dos materiais, gradiente de variação de temperatura, a variação de medidas provocada pela dilatação dos elementos, tende a ser maior em áreas expostas, como por exemplo, coberturas e paredes externas.

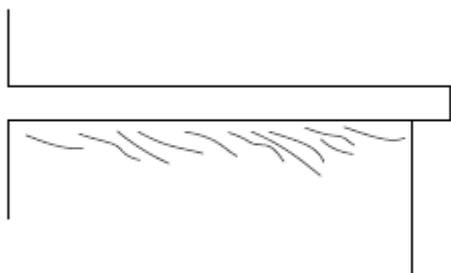
Fissuras horizontais causadas por movimentações térmicas possuem maior tendência a ocorrerem em paredes que sustentam elementos de concreto armado, como lajes de cobertura, por exemplo. O concreto possui coeficiente de dilatação duas vezes maior que o da alvenaria. As fissuras manifestam-se, geralmente, sob forma de linha paralela a laje, na interface entre a alvenaria e a laje em questão (SENNA VALLE, 2008).

Figura 15: Fissura horizontal por dilatação



Fonte: Adaptado de Senna Valle (2008).

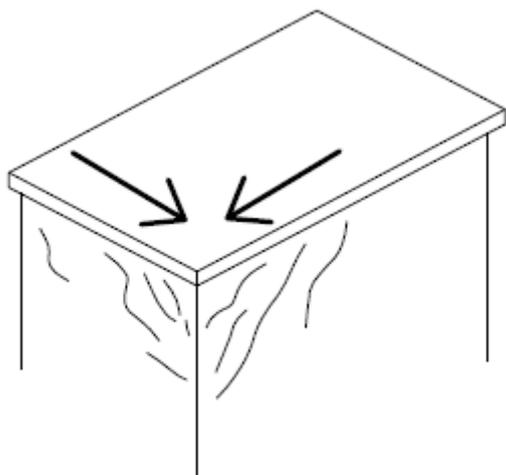
Figura 16: Fissura inclinada por dilatação



Fonte: Adaptado de Senna Valle (2008).

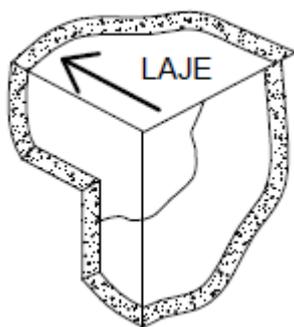
Ainda, de acordo com o vínculo formado entre alvenaria e laje, podemos observar a formação de fissuras inclinadas em cantos da edificação, causadas pelos mesmos motivos descritos anteriormente.

Figura 17: Fissura horizontal por dilatação da laje de cobertura



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

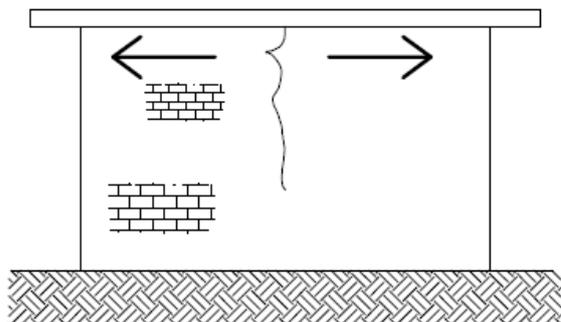
Figura 18: Fissura interna



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

Duarte (1998) apresenta ainda a formação de fissuras verticais causadas pela dilatação térmica das lajes, ocorrendo em paredes paralelas ao sentido predominante de dilatação. As fissuras apresentam configurações com aberturas maiores na interface entre a alvenaria e a laje, diminuindo a sua abertura na medida em que se afastam desta.

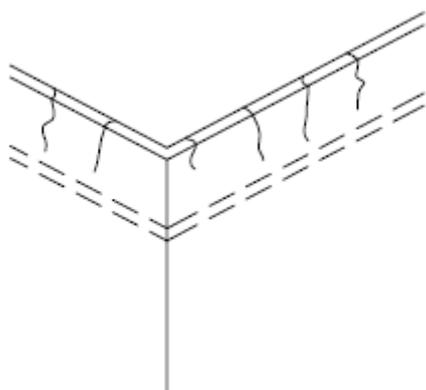
Figura 19: Fissuras verticais de dilatação



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

A contração e dilatação das alvenarias podem provocar fissuras verticais regularmente espaçadas. Tipicamente observamos este fenômeno em paredes extensas, muros e platibandas, aumentando sua incidência em paredes sem juntas de dilatação (THOMAZ, 1989).

Figura 20: Fissura vertical em platibanda



Fonte: Adaptado de Verçoza (1991).

3.10.3. Fissuras causadas por retração e expansão

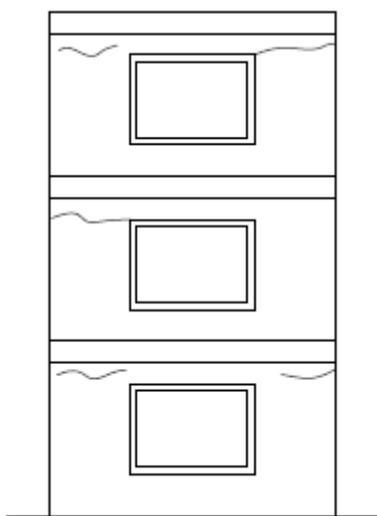
Os fenômenos de retração e expansão de componentes, provocando fissuras, possuem causas específicas e diferenciadas entre si. Em casos de fissuras por retração, ocorre a retração de produtos a base de cimento. Já em casos de expansão, a causa frequentemente é a absorção de umidade (MAGALHÃES, 2004).

O mesmo autor afirma que a retração em produtos a base de cimento, pode ocorrer por diversos fatores, tais como, a perda de água no processo de secagem da argamassa, por carbonatação da cal ou ainda, pelo resfriamento dos produtos cimentícios após a cura, sendo esta denominada de retração térmica.

Em contrapartida à retração, a expansão de alvenarias pela absorção de umidade, provoca, segundo Magalhães (2004), a expansão dos componentes pelas variações dimensionais sofridas pelos mesmos. A umidade absorvida pode ser oriunda dos componentes, chuvas, infiltrações, umidade do ar, etc.

Duarte (1998) afirma que os mecanismos de fissuração presentes em fissuras causadas por variações térmicas e em fissuras causadas por expansão dos elementos constituintes são idênticos, apresentando ambas, fissuras semelhantes. As fissuras por retração em alvenarias apresentam-se, normalmente, em seções verticais, ou ainda horizontais, sendo sua configuração típica apresentada na figura 21.

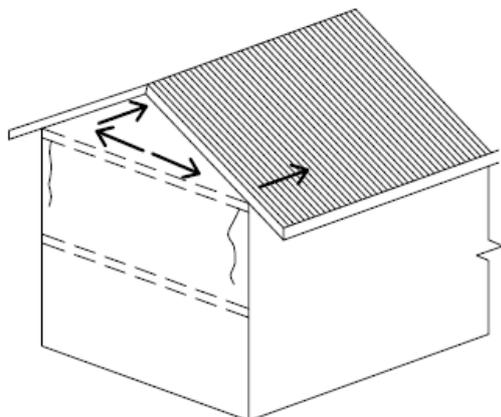
Figura 21: Fissuras horizontais por retração



Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

Em casos onde há vínculos de engaste entre a alvenaria e as lajes, por exemplo, a retração causada pela secagem pode provocar esforços conjugados de flexão, ocasionando o aparecimento de fissuras verticais nos cantos da alvenaria, pois estes apresentam resistência a estas solicitações.

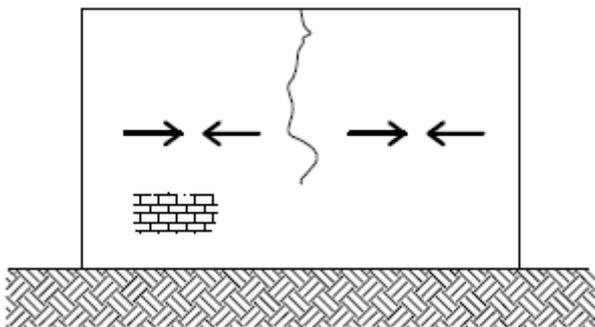
Figura 22: Fissura vertical por vinculação dos elementos



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

A execução de dutos de instalações complementares favorece o aparecimento de fissuras causadas pela retração dos componentes da alvenaria. Essa tipologia de fissuras apresenta-se normalmente em pontos enfraquecidos da alvenaria, ou com deficiência em suas ligações (THOMAZ, 1989).

Figura 23: Fissura vertical por execução de dutos



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

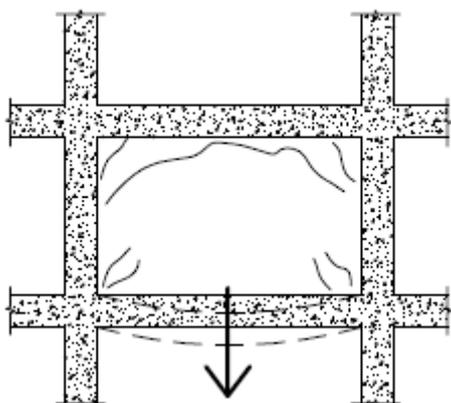
3.10.4. Fissuras causadas por deformação de elementos de concreto

Na fase de concepção do projeto estrutural, admitem-se pequenas deformações dos elementos de concreto armado previstas em norma. Em função da rigidez das alvenarias, essas deformações não são acompanhadas, provocando o surgimento de tensões de tração, compressão e cisalhamento na alvenaria e conseqüentemente as fissuras (DUARTE, 1998 e THOMAZ, 1989).

Conforme definido na NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, as estruturas de concreto armado podem sofrer deformações da ordem de $L/250$. Já as estruturas de alvenaria possuem um limite de aceitabilidade de $L/500$.

Em estruturas de concreto, as fissuras apresentam diferentes configurações, de acordo com sua origem. Em vigas de edificações estruturadas, ocorrem deformações, provocando o aparecimento de fissuras horizontais ou em forma de arco na alvenaria.

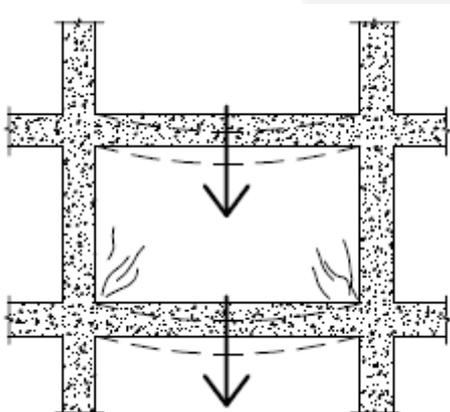
Figura 24: Fissuras por deformação em estruturas de concreto armado



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

Quando constatada a deformação das vigas de apoio da alvenaria e da viga superior, observamos fissuras inclinadas nos cantos inferiores da alvenaria. Esta configuração também é verificada em paredes sem aberturas.

Figura 25: Fissuras causadas por deformação do apoio e viga superior

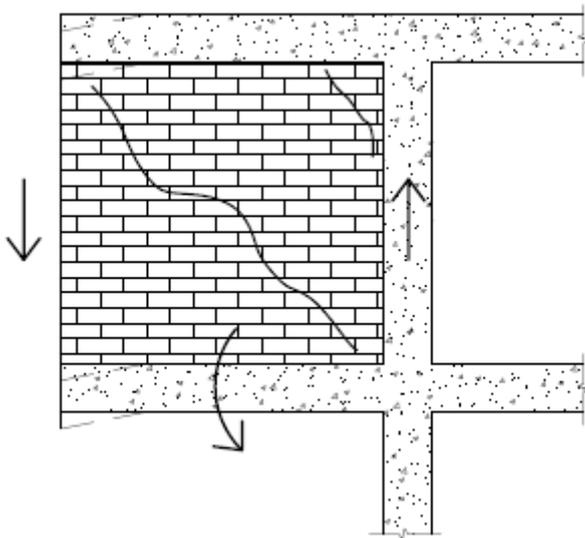


Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

Nas paredes apoiadas em estruturas em balanço, as fissuras manifestam-se em configurações inclinadas, verticais ou horizontais por destacamento da alvenaria. (THOMAZ 1989).

As fissuras em balanços são facilmente identificadas em sacadas apoiadas em lajes em balanço.

Figura 26: Fissuras em balanços

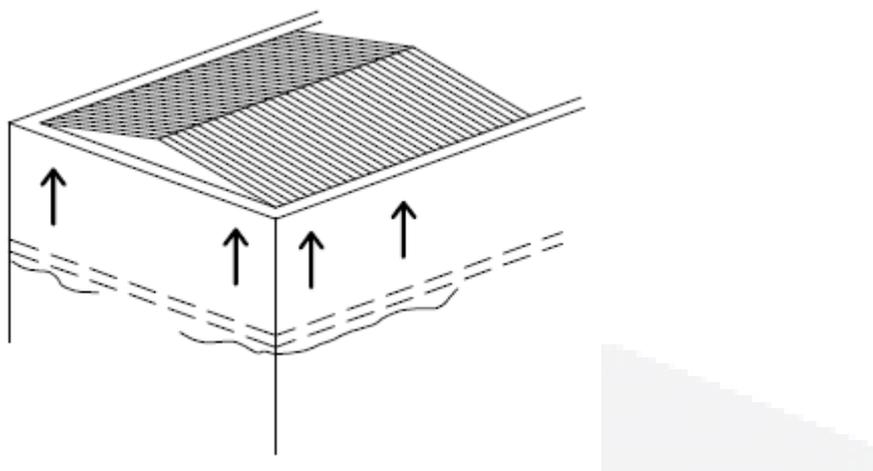


Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

Em lajes de cobertura podemos ainda verificar o aparecimento de fissuras horizontais na interface entre a laje e a alvenaria, ocasionadas pelo efeito de placa na laje.

Para Duarte (1998), esse tipo de fissura ocorre principalmente em lajes de cobertura, já que em pavimentos inferiores ocorre a compensação das cargas verticais.

Figura 27: Fissuras por efeito de placa em lajes de cobertura



Fonte: Adaptado de Duarte (1998).

3.10.5. Fissuras causadas por recalque de fundações

Conforme definido por Duarte (1998), as fissuras causadas por recalque de fundações podem ter sua origem ligada a falhas na estrutura de fundação da obra ou por recalques diferenciais do terreno.

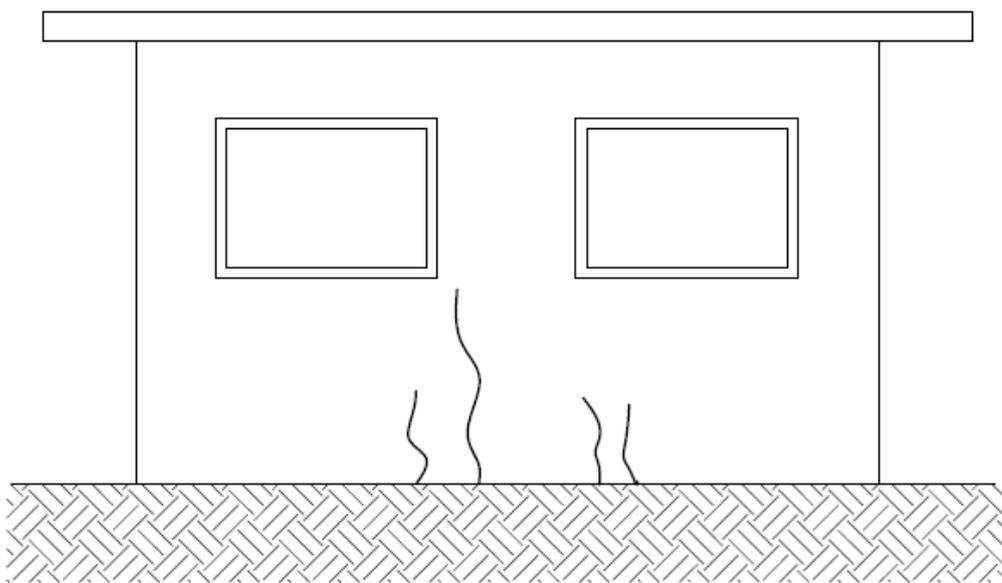
O mesmo autor explica que estruturas de alvenaria são estruturas rígidas, tendo pouca flexibilidade para absorção de deformações. Por possuírem baixa resistência à flexão e cisalhamento, ocorrem fissuras ainda que a deformação sofrida seja pequena.

Os solos quando submetidos a carregamentos não apresentam deformações regulares, provocando recalques diferenciais nas estruturas. A deformação sofrida pelos solos é influenciada pela composição deste, nível do lençol freático, tipo de fundação e ainda pelas interferências do entorno.

Duarte (1998), afirma que por apresentarem causas múltiplas, além de elevado grau de dificuldade para seu diagnóstico, as fissuras causadas por recalques de fundação, muitas vezes, são confundidas com fissuras oriundas de deformação da própria estrutura, conforme descrito em 3.10.4.

Na avaliação de patologias oriundas de deformações sofridas pelas fundações, devemos considerar a idade e tempo de construção do imóvel. Dessa forma, podemos concluir, ainda que empiricamente, que em casos de construções recentes, pode ter sido adotada uma fundação inadequada para o solo (MARCELI, 2007).

Figura 28: Fissura vertical por ruptura das fundações



Fonte: Adaptado de Duarte (1998)

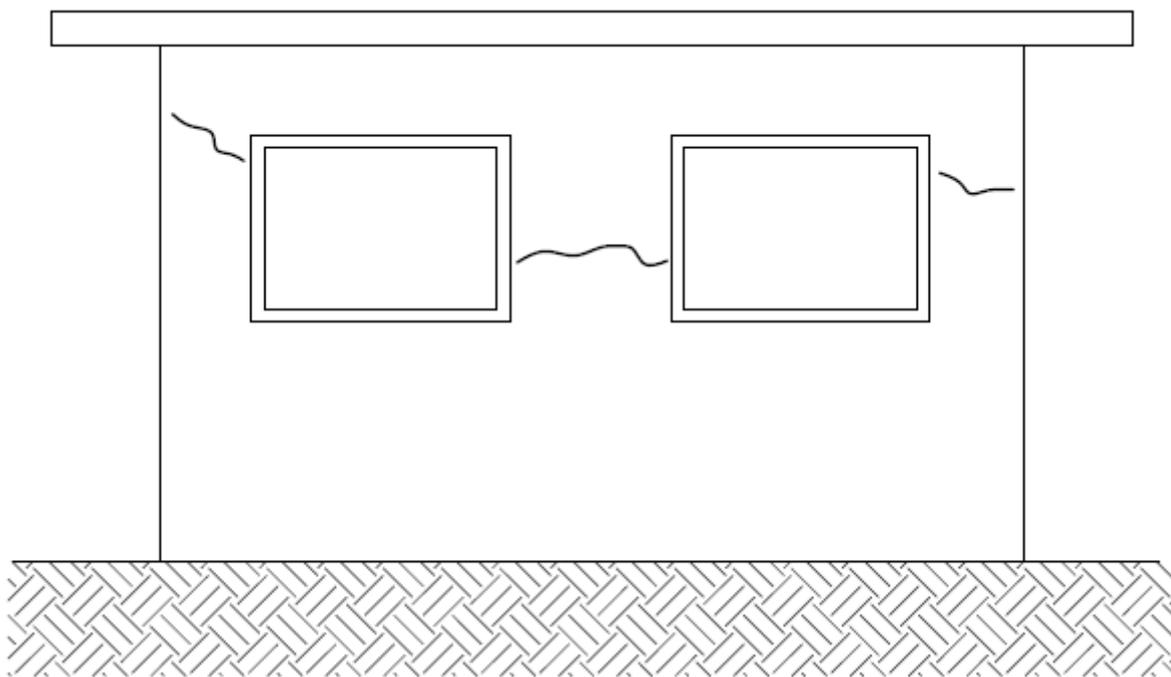
Para o mesmo autor, quando a análise decorrer de uma estrutura com mais tempo de vida útil, deve-se considerar o entorno da edificação, buscando observar obras vizinhas, influência de árvores, rompimento de tubulações, que possam ter desencadeado o processo de recalque.

3.10.6. Fissuras causadas por detalhes construtivos

Por constituir-se de um processo muito artesanal, a construção civil abre espaços para erros executivos nas edificações que poderão futuramente se manifestar sob a forma de fissuras. Nesta classificação de fissuras, excluem-se quaisquer propriedades dos materiais, projetos ou ainda detalhamentos (MAGALHÃES, 2004).

Outra situação comum, descrita por Magalhães (2004), que possibilita a formação de fissuras é a presença de aberturas nas alvenarias. Estas provocam um acúmulo de tensões nos vértices, surgindo dessa forma, as fissuras. Para a prevenção é adotada a execução de vergas e contravergas em portas e janelas.

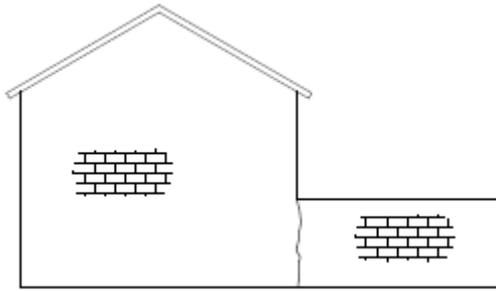
Figura 29: Fissuras em alvenarias por acúmulo de tensões



Fonte: Adaptado de Duarte (1998)

Thomaz (1989), afirma que em pontos de ancoragens de elementos nas estruturas de alvenaria podem ocorrer fissuras, sendo estas causadas pelo processo de dilatação do material, corrosão de elementos metálicos, deformação de estruturas, entre outros. Destaca ainda que as deficiências de amarração entre alvenaria podem ser origem de fissuras causadas por destacamento, variação térmica, recalques entre outros. A amarração da alvenaria é obtida pelo transpasse geométrico dos blocos constituintes, podendo haver a presença de elementos metálicos que proporcionem maior rigidez ao conjunto.

Figura 30: Fissura vertical por deficiência de amarração



Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

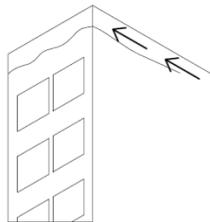
3.10.7. Resumo das tipologias de fissuras

A tabela a seguir apresenta de forma resumida, os principais tipos de fissuras abordados no trabalho, incluindo o esquema de manifestação e breve descrição de sua origem.

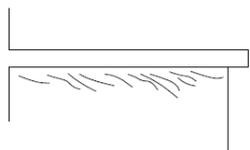
Tabela 4: Resumo das patologias

Fissuras causadas por sobrecargas	
<p>O diagrama mostra uma parede com uma textura de tijolos. Há quatro setas apontando para baixo no topo e quatro setas apontando para cima na base. Uma linha horizontal ondulada representa a fissura. À direita, há um detalhe vertical da fissura com o rótulo 'FISSURA'.</p>	Fissuras Horizontais causadas por sobrecargas
<p>O diagrama mostra uma parede com uma textura de tijolos. Há quatro setas apontando para baixo no topo e cinco setas apontando para cima na base. Cinco linhas verticais onduladas representam as fissuras.</p>	Fissuras verticais causadas por sobrecargas
<p>O diagrama mostra um perfil de uma parede com uma janela e uma porta. Há setas apontando para cima na base da parede, indicando a localização das fissuras.</p>	Fissuras por sobrecargas em aberturas

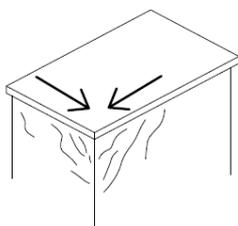
Fissuras causadas por variações térmicas



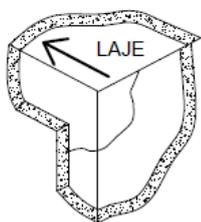
Fissuras horizontais por movimentação térmica da laje



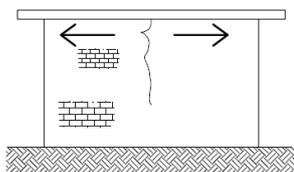
Fissuras inclinadas por movimentação térmica da laje



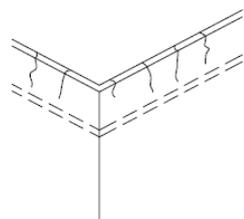
Fissuras inclinadas por movimentação térmica da laje



Fissuras inclinadas em paredes transversais por movimentação térmica da laje

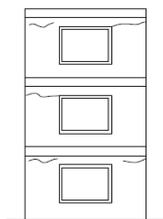


Fissuras verticais por movimentação térmica da laje

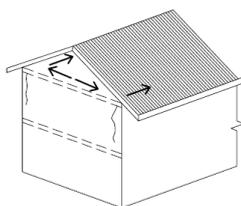


Fissuras verticais por movimentação térmica da alvenaria.

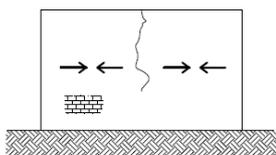
Fissuras causadas por retração e expansão



Fissuras horizontais em paredes por retração da laje

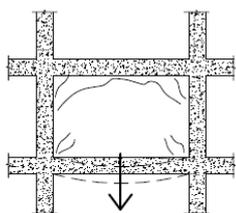


Fissuras verticais por retração da laje

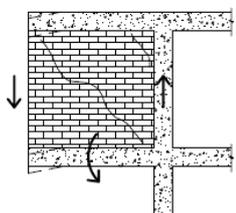


Fissuras verticais em paredes por retração da alvenaria

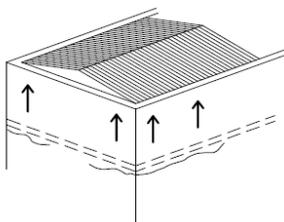
Fissuras causadas por deformações em estruturas de concreto armado



Fissuras em paredes por deformação do apoio

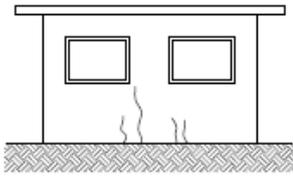


Fissuras em paderes por deformação do balanço.



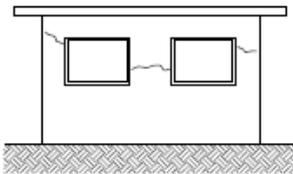
Fissuras horizontais em platibandas por deformação da laje de cobertura

Fissuras causadas por recalque de fundações

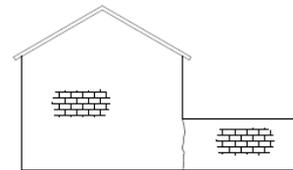


Fissuras verticais junto ao solo por ruptura das fundações

Fissuras causadas por detalhes construtivos



Fissuras em alvenarias por acúmulo de tensões



Fissura vertical por deficiência de amarração

Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

3.11. Ações de melhoria e recomendações

Durante as visitas técnicas e estudos bibliográficos, para a realização deste trabalho, foram coletados aspectos técnicos que podem contribuir no processo executivo das alvenarias estruturais. Apresenta-se a seguir algumas recomendações que buscam prevenir e evitar a fissuração das alvenarias, pelos motivos apresentados, proporcionando maior qualidade aos empreendimentos de interesse social.

As empresas visitadas, que apresentam sistemas da qualidade implantados, possuem ações e procedimentos que trabalham e abordam os processos de execução dos empreendimentos, controles tecnológicos dos materiais, controle de recebimento e armazenagem dos materiais em canteiros de obras. No entanto, ainda há casos recorrentes de falhas nestas empresas, conforme foram evidenciadas nas visitas técnicas, oriundas de falhas na padronização de execução das atividades, falta de conhecimento e treinamento dos profissionais envolvidos no processo. As empresas certificadas pelo PBQP-H possuem planos de melhoria contínua que incluem o tratamento de patologias das edificações durante sua fase

de utilização. Assim, inicialmente é verificada a redução de patologias em empreendimentos com sistemas da qualidade, ainda que haja melhorias a serem implantadas.

A Tabela 5 apresenta algumas medidas consideradas necessárias e identificadas nas obras visitadas, a fim de prevenir o surgimento de fissuras nas edificações construídas em Alvenaria Estrutural no Vale do Taquari.

Tabela 5: Recomendações técnicas para a execução de alvenarias

Tipo de Falha	Recomendações técnicas
Fissuras causadas por sobrecargas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realização de controle tecnológico das unidades da alvenaria ✓ Realização de ensaios de prisma para verificação da resistência real da alvenaria ✓ Compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural ✓ Contratação de projetistas especializados em alvenaria estrutural ✓ Execução de cinta de amarração nos pavimentos para distribuição de cargas e esforços ✓ Verificação de pontos com cargas concentradas com apoio na alvenaria ✓ Dimensionamento adequado de vergas e contravergas ✓ Modulação de aberturas e tamanhos ✓ Alinhamento de aberturas na linha vertical da edificação ✓ Controle de execução dos serviços
Fissuras por variações térmicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilização de materiais que permitam o deslocamento dos elementos quando expostos ao sol ✓ Execução de junta deslizante entre a laje e alvenaria do ultimo pavimento da edificação ✓ Especificação de juntas deslizantes em projeto ✓ Recortes nos rebocos para evitar a sensação de existência de fissura ✓ No interior, prever frisos ou roda forros no ultimo pavimento para esconder eventuais fissuras. ✓ Controle da qualidade do projeto ✓ Controle de execução da alvenaria ✓ Execução de junta deslizante em alvenarias com vãos extensos, superiores a 07 metros. ✓ Isolamento térmico da laje

<p>Fissuras por retração e expansão</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilização de materiais que permitam o deslocamento dos elementos quando expostos ao sol ✓ Especificação, quando necessário, de juntas deslizantes em projeto ✓ Recortes nos rebocos para evitar a sensação de existência de fissura ✓ No interior, prever frisos ou roda forros para esconder eventuais fissuras. ✓ Controle da qualidade do projeto ✓ Controle da qualidade de execução
<p>Fissuras por deformação do apoio</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Adoção de controle de qualidade da execução do serviço ✓ Padronização dos procedimentos de execução ✓ Revisão dos critérios de dimensionamento de flechas e deformações das estruturas de concreto armado. ✓ Treinamento e qualificação da mão de obra ✓ Contratação de projetistas com experiência na área
<p>Fissuras por recalque de fundações</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compatibilização de fundações com o tipo de solo ✓ Realização de ensaios de resistência dos solos ✓ Realização de prova de carga em fundações ✓ Contratação de projetistas especializados em fundações ✓ Adoção de critérios mais rígidos no dimensionamento das fundações
<p>Fissuras por Detalhes construtivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realização de controle tecnológico das unidades da alvenaria ✓ Realização de ensaios de prisma para verificação da resistência real da alvenaria ✓ Compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural ✓ Contratação de projetistas especializados em alvenaria estrutural ✓ Verificação de pontos com cargas concentradas com apoio na alvenaria ✓ Execução de cinta de amarração nos pavimentos para distribuição de cargas e esforços ✓ Execução de reforços nas paredes para a absorção de cargas concentradas (coxins) ✓ Adoção de controle de qualidade da execução do serviço ✓ Padronização dos procedimentos de execução

-
- ✓ Treinamento e qualificação e mão de obra
 - ✓ Especificação em projeto de vergas e contravergas, incluindo tamanho e transpasses.
 - ✓ Adotar o uso de vergas e contravergas pré-moldadas
 - ✓ Utilização de equipamentos adequados para realização das atividades
 - ✓ Elaboração de projetos executivos
 - ✓ Especificar em projeto o tipo de amarração adequada para alvenaria
-

Fonte: Do autor, adaptado de Alexandre (2008).

4. MÉTODOLOGIA DE PESQUISA

Com base na bibliografia consultada e referenciada, o presente trabalho busca identificar os mais diversos tipos de fissuras que ocorrem nas edificações de interesse social, constituídas em Alvenaria Estrutural de tijolos cerâmicos maciços.

Dessa forma, a partir do embasamento teórico concluído, foram realizadas visitas técnicas a empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, situados na região do Vale do Taquari, no período de junho à agosto de 2014. As visitas foram realizadas a obras executadas com sistemas da qualidade e sem aplicação de sistemas da qualidade, visando estabelecer padrões de comparação para identificação de falhas.

Nas visitas técnicas foram observadas fissuras já existentes, identificando suas causas, origens e soluções aplicáveis, para que dessa forma seja possível o aperfeiçoamento contínuo das técnicas construtivas e adoção de soluções que permitam a prevenção de tais patologias. Os dados coletados nas visitas técnicas foram organizados em tabelas. Todas as fissuras foram classificadas de acordo com a bibliografia referenciada no terceiro capítulo deste trabalho, sendo agrupadas de acordo com a sua causa principal e direção de manifestação.

A partir destes dados foram elaborados gráficos comparativos entre obras, com e sem sistemas da qualidade, permitindo a análise de patologias, bem como a identificação da principal área de manifestação de patologias, a qual cabe maior destaque na busca por soluções que evitem o surgimento de fissuras nas edificações.

O empreendimento A1¹ situado na cidade de Lajeado – RS, projetado e executado pela Construtora A¹ no ano de 2010, é composto por múltiplas unidades residenciais. Trata-se de 06 edifícios, de 04 pavimentos, com 16 apartamentos cada, executados em alvenaria estrutural, com fundações constituídas de sapatas e vigas de concreto armado. Os apartamentos iniciam desde o andar térreo, ficando o estacionamento sobre o terreno adjacente. Como amostra foi adotada a inspeção de um bloco, realizando o mapeamento de fissuras e patologias. O empreendimento foi construído sob as normas do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBQP), com aplicação das diretrizes definidas pelo Ministério das Cidades.

O empreendimento A2¹ é semelhante ao descrito anteriormente, sendo executado pela mesma empresa no ano de 2011, localizando-se também na cidade de Lajeado – RS. O empreendimento é composto por 06 blocos de 16 apartamentos cada. Dessa forma, para a definição da amostra, foi adotado um bloco para levantamento de patologias manifestadas. Os blocos possuem apartamentos desde o térreo e também apresentam estacionamento sobre terreno adjacente. O empreendimento foi executado conforme normas da qualidade do PBQP.

O edifício denominado de A3¹, executado pela Construtora B¹, localiza-se na cidade de Lajeado – RS, e constitui-se de um prédio de 05 pavimentos, apresentando 20 unidades residenciais, e foi construído no ano de 2009. O edifício possui o primeiro andar e subsolo estruturado com pilares e vigas de concreto armado, com fundações rasas de sapatas. Na parte térrea iniciam os apartamentos, situando-se dois apartamentos na parte frontal com o hall de entrada, além de mais 04 apartamentos aos fundos. O subsolo é destinado ao estacionamento de veículos dos moradores. Acima deste pavimento iniciam os apartamentos de 01 e 02 dormitórios, sendo que são 06 apartamentos de 2 dormitórios e 01 apartamento de 01 dormitório por andar. A edificação foi construída com a aplicação dos requisitos do sistema da qualidade PBQP-H. Para fins de inspeção desta edificação, foram visitadas 13 unidades e efetivados os registros de eventuais falhas encontradas.

O edifício denominado de B1¹ localiza-se na cidade de Lajeado – RS, e constitui-se de um prédio de 04 pavimentos, apresentando 12 unidades residenciais e 02 salas comerciais térreas, executado em 2008 pela Construtora C¹. O edifício possui o primeiro andar estruturado com pilares e vigas de concreto armado, com fundações de estacas rotativas. A parte frontal é destinada ao uso comercial e aos fundos, o espaço é destinado para

¹ Nome Fictício

estacionamento de veículos. Acima deste pavimento iniciam os apartamentos de 02 dormitórios, sendo que são 04 por andar. A edificação foi construída sem a aplicação dos requisitos do sistema da qualidade PBQP-H. Para fins de inspeção desta edificação foram visitadas 10 unidades e efetivados os registros de eventuais falhas encontradas.

O empreendimento B2² foi executado pela Construtora D², na qual não são aplicados os requisitos de sistemas de qualidade. A edificação possui 15 unidades residenciais, sendo destas 06 unidades de frente de 01 dormitório e 09 unidades JK na parte dos fundos do prédio. A obra foi executada no ano de 2010. O andar térreo é destinado ao estacionamento de veículos sendo dessa forma executado em estrutura de concreto armado com pilares e vigas. Acima deste nível iniciam os apartamentos executados em alvenaria estrutural de tijolos maciços. Nesta obra foram visitadas 12 unidades residenciais para verificação das fissuras.

O sexto empreendimento visitado, denominado de B3² é um condomínio residencial localizado na cidade de Encantado - RS, composto por 03 blocos de 16 apartamentos residenciais cada, executado pela Construtora E², no ano de 2009. A obra foi executada em alvenaria estrutural de tijolos maciços, com fundações de sapatas e vigas de baldrame. Nos pavimentos superiores iniciam 04 apartamentos por andar, de 02 dormitórios cada. A edificação foi construída sem a aplicação de requisitos de sistemas da qualidade e para fins de amostra de levantamento de dados foram visitadas 14 unidades da edificação.

Foram ainda visitadas quatro obras em fase de execução, igualmente com estrutura de alvenaria estrutural, fundações de sapatas e vigas baldrame, para a identificação de métodos executivos que possibilitem o surgimento de fissuras. Nas obras foram observados itens como projetos, organização do canteiro de obras, armazenagem de materiais, padronização e registro dos processos, a fim de possibilitar o mapeamento e rastreamento das origens das fissuras encontradas em edificações já em fase de uso.

² Nome Fictício

Tabela 6: Identificação das obras

Construtora	Com Sistema da qualidade			Sem Sistema da qualidade			Ano
	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Obra 4	Obra 5	Obra 6	
A	A1 ⁽¹⁾	A2 ⁽²⁾					2010 ⁽¹⁾ / 11 ⁽²⁾
B			A3				2009
C				B1			2008
D					B2		2010
E						B3	2009

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5. RESULTADOS

5.1. Detecção de falhas nas visitas técnicas.

Durante a realização das visitas técnicas foram catalogadas as patologias detectadas, em especial as fissuras, analisando ainda o motivo de sua ocorrência. Na Tabela 7 é apresentado o quadro resumo das patologias, mapeadas de acordo com sua origem e ocorrência, separados por obra.

Tabela 7: Levantamento quantitativo de fissuras

UNIDADES VISITADAS		14	12	13	10	12	14
TIPO	FALHA	OBRA A1	OBRA A2	OBRA A3	OBRA B1	OBRA B2	OBRA B3
Fissuras causadas por sobrecargas	Fissuras Horizontais causadas por sobrecargas	1	0	1	2	0	2
	Fissuras verticais causadas por sobrecargas	0	1	1	2	0	2
	Fissuras por sobrecargas em aberturas	1	1	1	2	2	1
Fissuras causadas por variações térmicas	Fissuras horizontais por movimentação térmica da laje	1	1	2	2	2	0
	Fissuras inclinadas por movimentação térmica da laje	0	0	1	1	2	0

	Fissuras inclinadas em paredes transversais por movimentação térmica da laje	0	0	0	0	0	1
	Fissuras verticais por movimentação térmica da laje	1	0	1	2	0	1
	Fissuras verticais por movimentação térmica da alvenaria.	1	1	0	1	0	2
Fissuras causadas por retração e expansão	Fissuras horizontais em paredes por retração da laje	0	1	0	1	0	1
	Fissuras verticais por retração da laje	0	0	0	0	0	1
	Fissuras verticais em paredes por retração da alvenaria	0	0	0	0	0	1
Fissuras causadas por deformações em estrut. de conc. armado	Fissuras em paredes por deformação do apoio	0	1	0	1	1	0
	Fissuras em paredes por deformação do balanço.	0	0	0	1	1	0
	Fissuras horizontais em platibandas por deformação da laje de cobertura	2	1	1	2	1	2
Fissuras causadas por recalque de fundações	Recalque de fundações	0	1	0	0	2	1
Fissuras causadas por detalhes construtivos	Fissuras em alvenarias por acumulo de tensões	1	0	1	2	1	1
	Ausência de verga	0	0	0	2	0	0
	Ausência de contravergas	0	0	0	1	2	2
	Rasgos nas paredes para passagem de tubulações	2	1	2	1	2	2
	Fissura vertical por deficiência de amarração	0	0	0	1	0	0

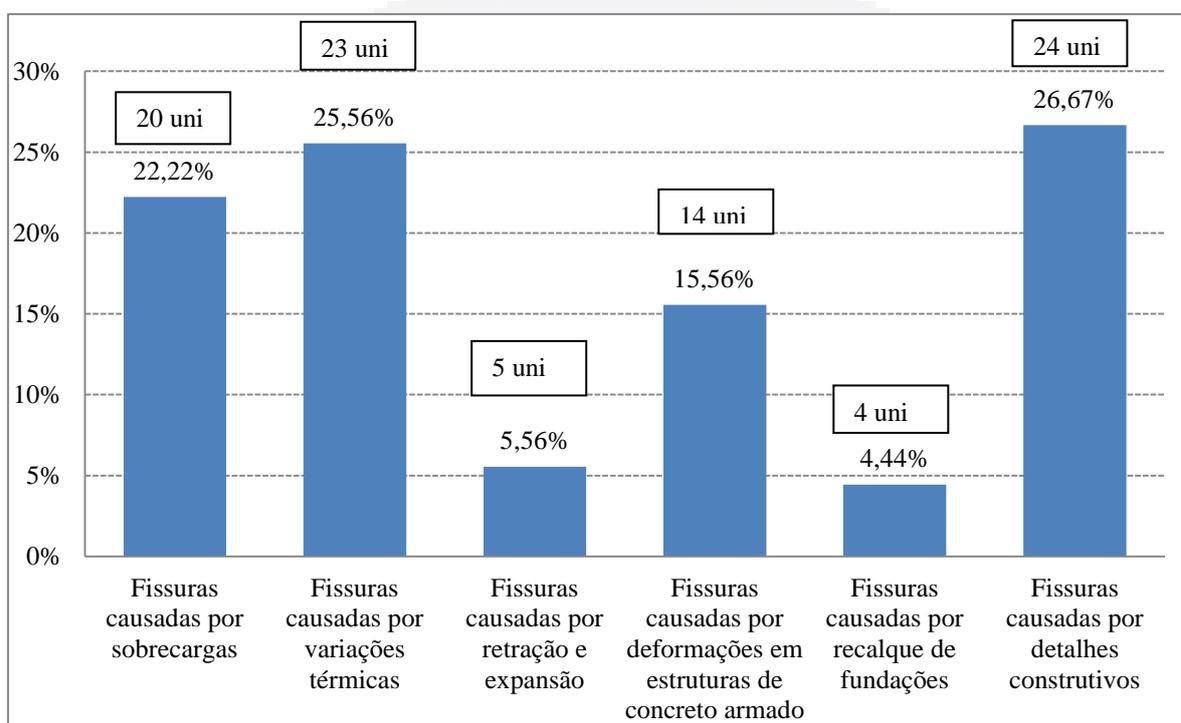
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Conforme a tabela acima é verificada a incidência de falhas nas obras após a sua conclusão.

5.2. Análise dos resultados

Por meio dos dados apresentados no item 5.1, foram elaborados gráficos que permitam o comparativo entre os dois tipos de obras visitadas, identificando os grupos de maior incidência de falhas no desempenho. O gráfico a seguir demonstra a incidência de patologias por grupo, demonstrando a influência de cada um no total de fissuras identificadas nas visitas técnicas, permitindo a análise das principais causas de fissuras em edificações.

Gráfico 1: Incidência de fissuras por grupo

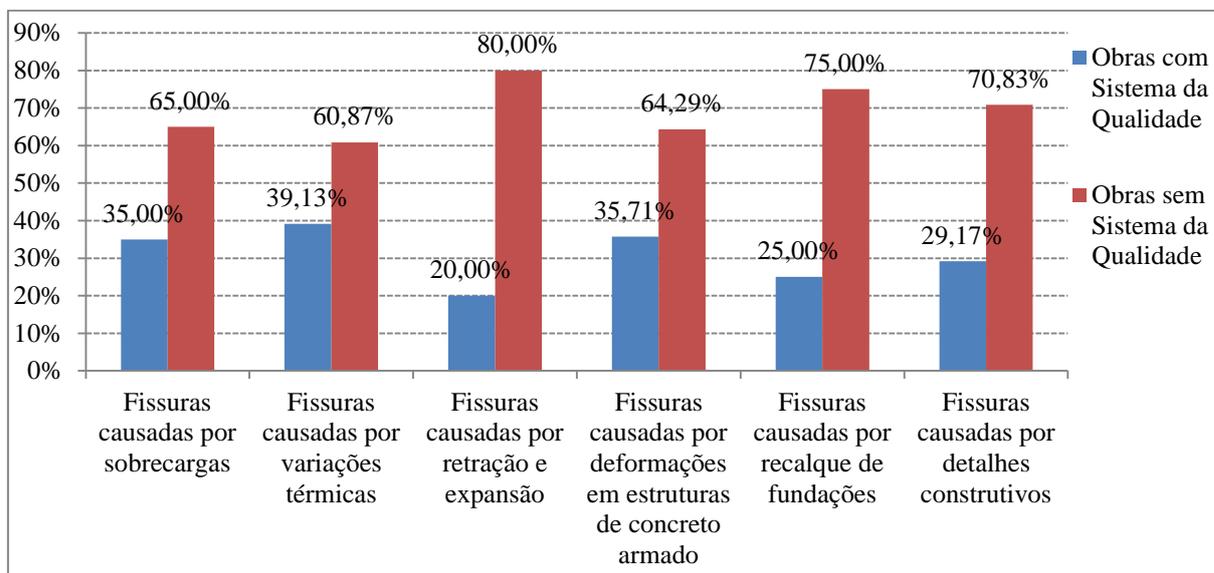


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A partir do Gráfico 1, observa-se que as fissuras podem ser agrupadas em 3 grupos, de acordo com seu percentual de incidência no total de fissuras identificadas. Assim, no primeiro grupo encontra-se fissuras causadas por sobrecargas, variações térmicas e fissuras causadas por detalhes construtivos, que somados representam 74,45% das fissuras. No segundo grupo, encontram-se fissuras causadas por deformações em estruturas de concreto armado, que representam 15,56% das fissuras mapeadas. Por fim, no terceiro grupo, somam-se as fissuras causadas por retração e expansão e recalque de fundações, totalizando 10,00% das fissuras.

No quadro a seguir é demonstrada a diferença entre patologias apresentadas em obras com sistemas da qualidade e obras sem aplicação destas diretrizes.

Gráfico 2: Incidência das patologias em empreendimentos com e sem aplicação de sistemas da qualidade.



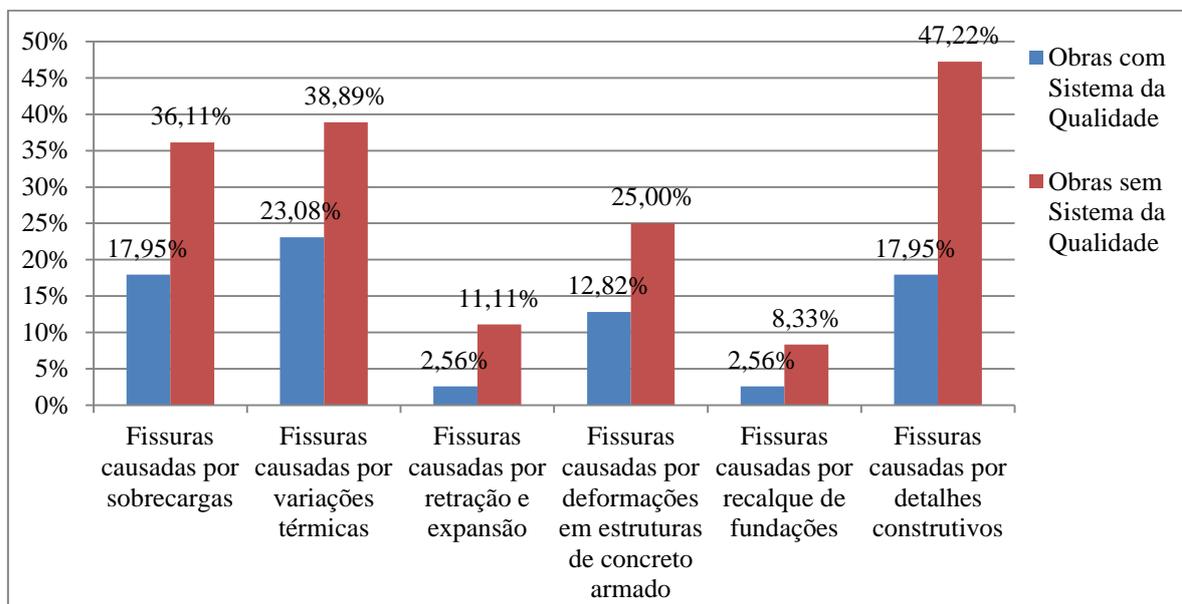
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Através da análise do Gráfico 2 observa-se que do total de fissuras causadas por detalhes construtivos, 70,83 % foram identificadas em obras sem aplicação de sistemas da qualidade, e apenas 29,17% destas ocorreram em obras com sistemas da qualidade. O mesmo gráfico ainda demonstra que em todos os grupos de fissuras, o maior percentual de falhas, invariavelmente, ocorre em obras construídas sem sistemas da qualidade, demonstrando a influência destes sistemas na qualidade e desempenho final do produto. Observa-se que o maior percentual de redução está em fissuras causadas por retração e expansão, seguidas das fissuras causadas por recalque de fundações. Ainda, é verificado que o menor percentual de redução está nas fissuras causadas por variações térmicas, apresentando apenas 21,74% de redução de fissuras.

O Gráfico 3, apresenta as fissuras classificadas conforme sua incidência no total de unidades visitadas. Das obras executadas sem sistemas da qualidade, 47,2% apresentaram fissuras causadas por detalhes construtivos. Em contrapartida, nas obras com qualidade, apenas 17,9% das unidades manifestaram tais tipos de patologias. Em seguida, apresentam-se as falhas por variações térmicas nos elementos constituintes das alvenarias. Com incidência semelhante, as fissuras por sobrecargas ocupam o terceiro lugar nas patologias apresentadas

pelas edificações. As deformações nas estruturas de concreto armado também representam parcela significativa das falhas, seguidas pelas fissuras provocadas pela retração e expansão dos componentes. Por fim, aparecem as fissuras oriundas de recalques de fundações.

Gráfico 3: Fissuras por número de unidades visitadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5.3. Análise das patologias identificadas

5.3.1. Fissuras por sobrecargas.

Neste grupo encontram-se fissuras causadas por sobrecargas nas alvenarias, as quais não foram consideradas na fase de projeto, implicando na não execução de elementos de distribuição das cargas, como por exemplo, coxins³ ou ainda, vigas de distribuição das cargas ao longo da alvenaria, evitando a concentração das cargas.

³ Elemento de concreto executado em alvenarias para distribuição de esforços.

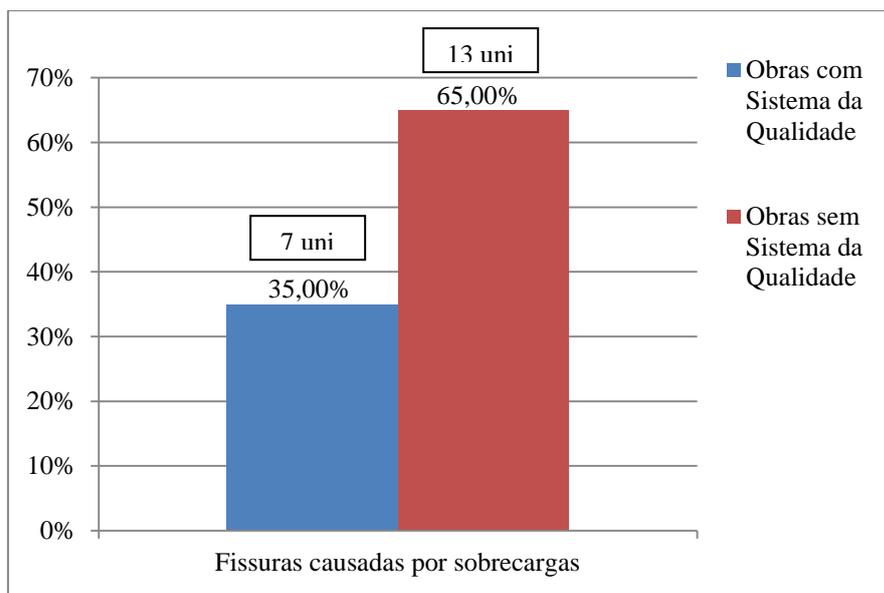
Figura 31: Fissura por sobrecarga na alvenaria do 1º pavimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

No quadro a seguir é demonstrada a diferença entre patologias ocorridas em obras com aplicação de sistemas da qualidade e obras sem sistema da qualidade.

Gráfico 4: Fissuras causadas por sobrecargas.

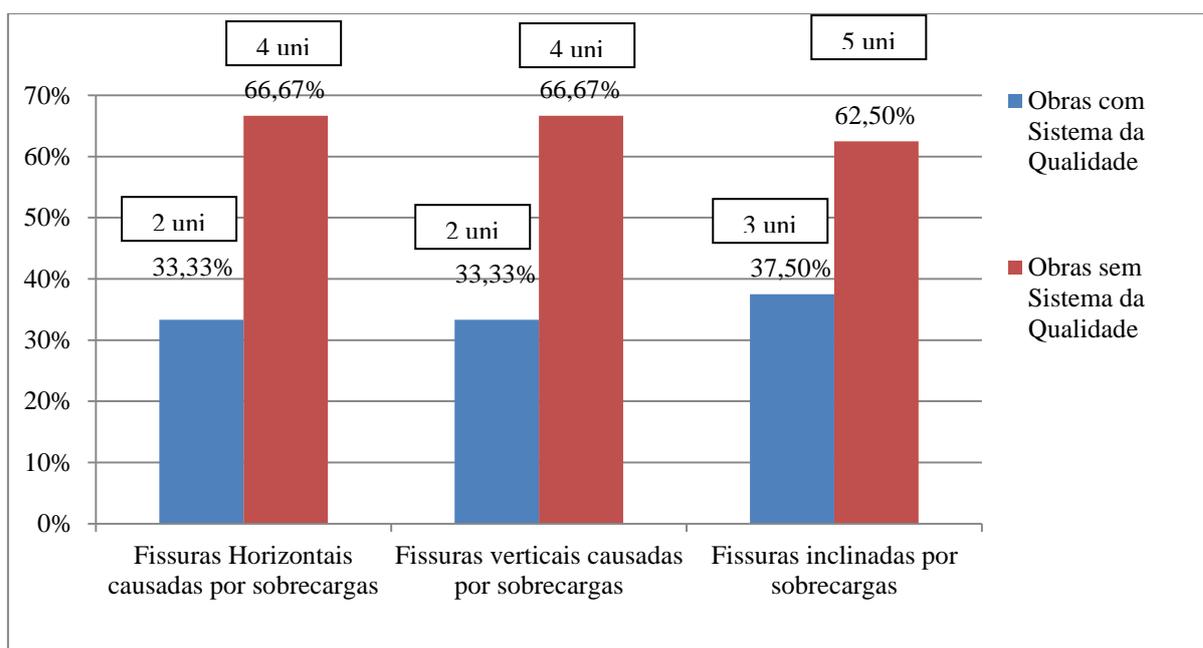


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Conforme o Gráfico 4, é verificado que 65,00% das fissuras por sobrecargas ocorreram em obras sem sistemas da qualidade. Por outro lado, 35,00% das obras com sistemas da qualidade apresentaram esta patologia.

As fissuras classificadas como fissuras por sobrecargas dividem-se em horizontais, verticais e inclinadas. Cabe destacar que as fissuras oriundas de sobrecargas em alvenarias de edificações sem sistema da qualidade possuem maior percentual de incidência frente as demais, com destaque para as fissuras horizontais e verticais, ambas com 66,67% de incidência. Já as fissuras por sobrecarga em edificações com sistema da qualidade correspondem a 33,33% do total de fissuras.

Gráfico 5: Incidência de fissuras horizontais, verticais e inclinadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Nos empreendimentos com aplicação de sistemas da qualidade, foram detectadas pequenas fissuras em algumas alvenarias, ainda que haja a execução de vergas e contravergas, resultando em fissuras nas argamassas de revestimento em função da deformação do elemento estrutural causado pelo acúmulo de carga sobre este.

5.3.2. Fissuras causadas por variações térmicas.

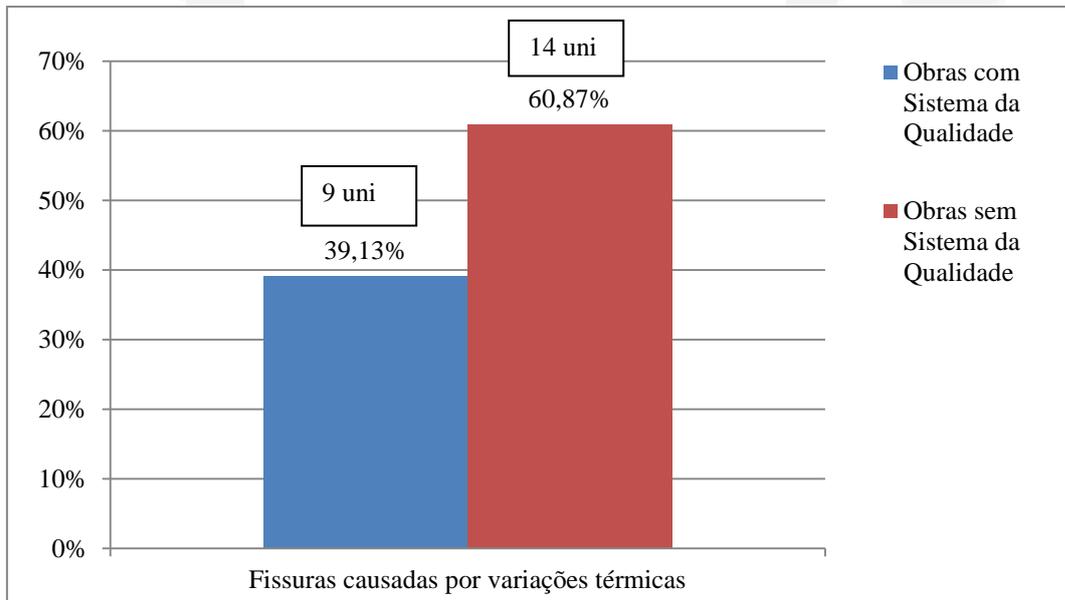
As visitas realizadas aos empreendimentos buscaram também identificar fissuras oriundas de variações térmicas e consequente dilatação dos materiais. Neste aspecto, as obras construídas com sistemas da qualidade também apresentaram fissuras, especialmente nas lajes dos últimos pavimentos, onde as variações térmicas são mais expressivas. Todos os empreendimentos apresentaram patologias, sendo que estas se encontram representadas no quadro a seguir, onde é constatado um leve acréscimo nas obras que não possuem sistema da qualidade. Entretanto, durante a visita, foi constatado que nenhuma edificação estava provida de sistemas que permitissem a absorção de deformações oriundas de variações térmicas, permitindo dessa forma, o surgimento de fissuras.

Figura 32: Fissura por movimentação térmica



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Gráfico 6: Fissuras causadas por movimentações térmicas

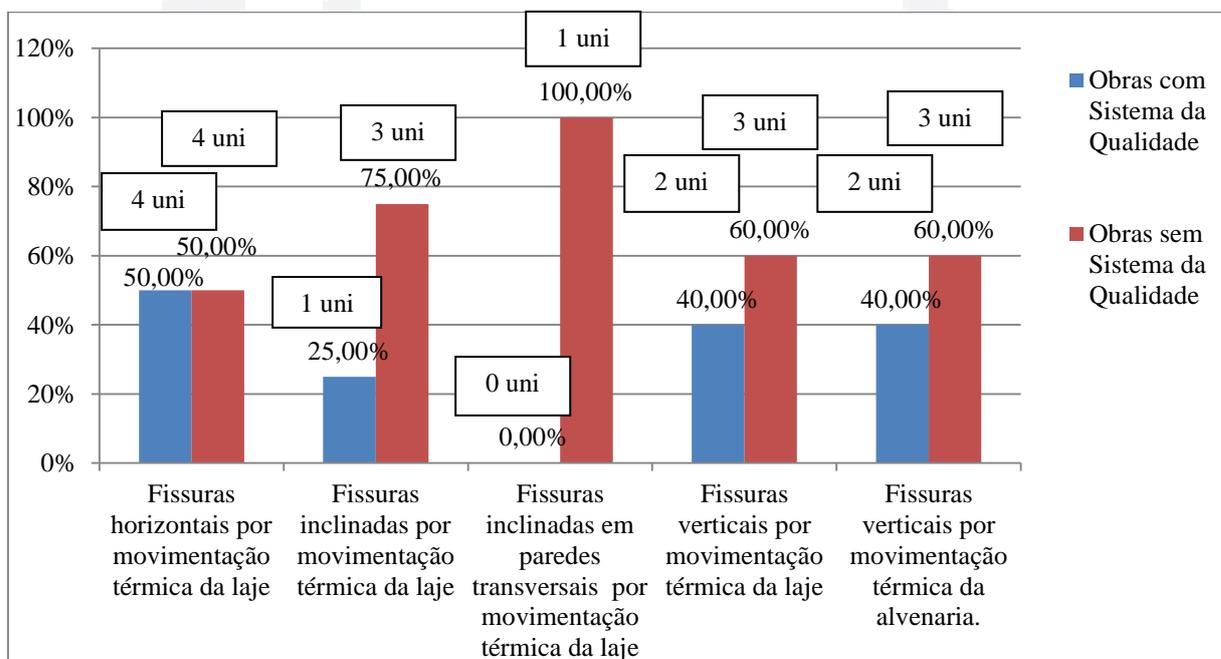


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Conforme o Gráfico 6, as fissuras em obras sem sistemas da qualidade representam 60,87% do total de fissuras mapeadas nas unidades visitadas. Nas obras com sistemas da qualidade, este percentual cai para 39,13%. Verifica-se neste último caso a adoção de frisos horizontais os quais condicionam as fissuras, evitando o surgimento e propagação destas, principalmente aos usuários, impossibilitado que estes identifiquem estas fissuras.

O Gráfico 7 demonstra as fissuras oriundas de diversos fatores, tais como movimentação de lajes de cobertura, dilatação de elementos de concreto na interface com a alvenaria, e ainda dilatação de paredes. As fissuras por movimentação horizontal da laje em função da dilatação possuem a mesma incidência nas obras visitadas, possibilitando também, o surgimento de fissuras inclinadas nas alvenarias em contato com este elemento.

Gráfico 7: Origem das fissuras por movimentação térmica



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

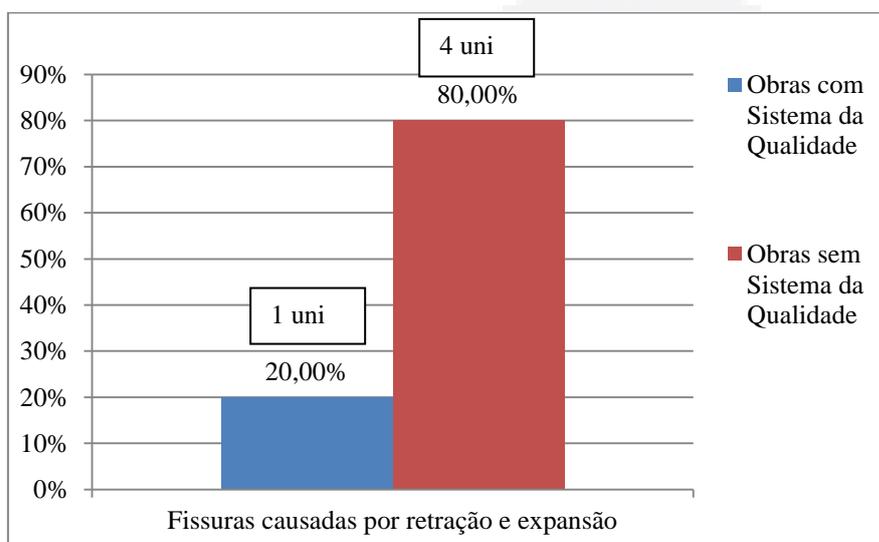
5.3.3. Fissuras causadas por retração e expansão.

Em muitos casos essas fissuras são de difícil detecção, pois se apresentam com pequenas aberturas em pontos da parede onde não haja a influência de outros elementos, passando muitas vezes despercebidas. Dessa forma, nas visitas, foram consideradas como fissuras de retração e expansão, as fissuras presentes em alvenarias sem influência de

elementos externos e sem encontro de outras paredes, ou ainda presença de eletrodutos e tubulações de água, eliminando a possibilidade de dilatação da alvenaria e deformações oriundas de outras paredes e elementos que provocassem essas fissuras.

Das fissuras consideradas como sendo originadas por retração e expansão, 80,00% foram manifestadas em edificações sem sistemas da qualidade, e apenas 20,00% destas em obras com sistemas da qualidade.

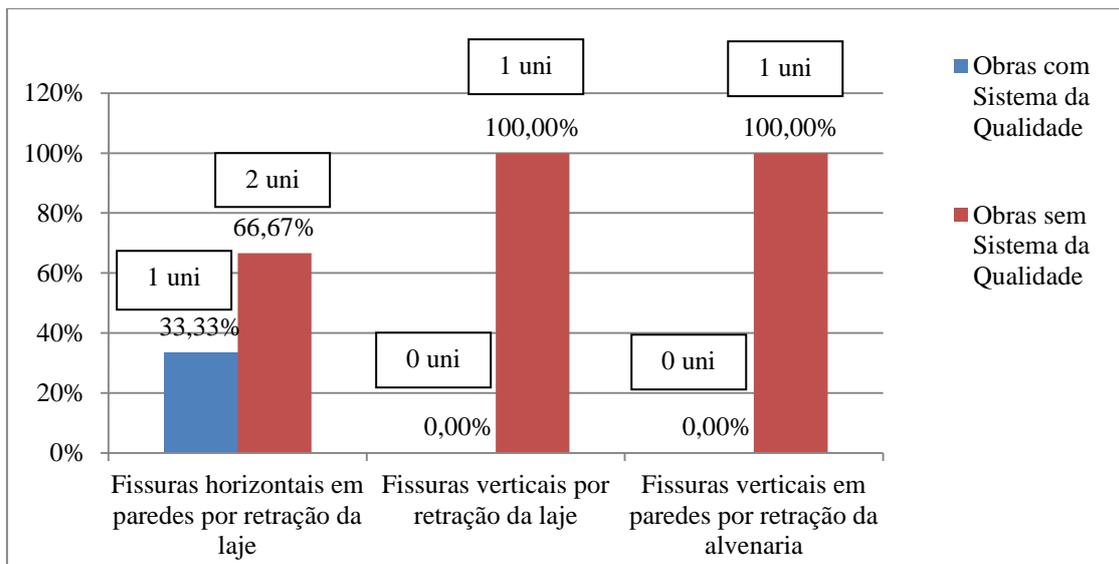
Gráfico 8: Fissuras causadas por expansão e retração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As fissuras de retração e expansão dos elementos são oriundas da incorporação de umidade nos componentes da alvenaria, ou ainda pela retração dos componentes a base de cimento. O sistema da qualidade recomenda o controle de materiais que são empregados nas edificações, exigindo dessa forma, a comprovação da qualidade do material, evitando problemas futuros, como por exemplo, a hidratação retardada de cales, empregada nas argamassas de revestimento, além do controle da água adicionada nos traços de argamassas empregadas nas edificações.

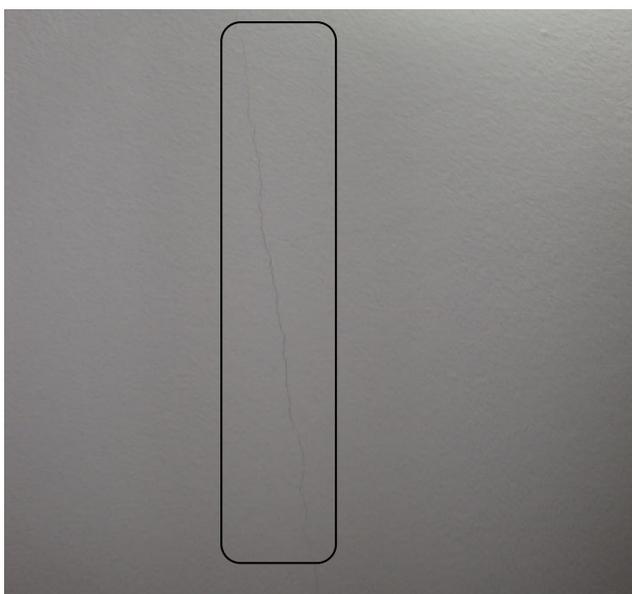
Gráfico 9: Incidência de fissuras causadas por expansão e retração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Em geral esse tipo de patologia pode ainda ser relacionado com os processos executivos da edificação, como por exemplo, argamassas de revestimento com relação de Água/cimento alta, as quais estão suscetíveis a processos de secagem e perda água, possibilitando o surgimento de fissuras pela retração da argamassa ou ainda, dos componentes das alvenarias. A figura a seguir exemplifica a retração da argamassa em revestimento de paredes.

Figura 33: Fissura por retração na argamassa de revestimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5.3.4. Fissuras causadas por deformações em estruturas de concreto armado

A NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, prevê a consideração de deformações nos elementos de concreto armado, utilizados na execução de edificações. A mesma norma admite deformações da ordem de $L/250$ para vigas de sustentação. No caso de estruturas mistas, essa deformação torna-se excessiva para alvenarias, as quais não possuem elasticidade para suportar tais deformações. Dessa forma, quando as vigas deformam, as alvenarias tendem a apresentar fissuras oriundas da deformação de seu apoio.

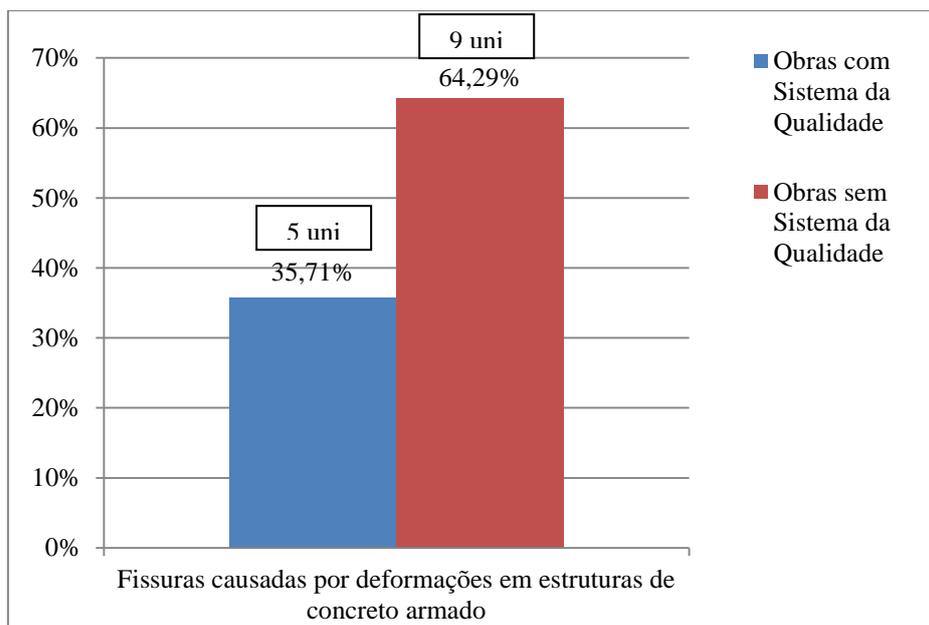
Figura 34: Fissura por deformação da viga de apoio.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Das fissuras identificadas, originadas por deformações nas estruturas de concreto armado, os empreendimentos com qualidade apresentam 35,71% do total de fissuras. Nos empreendimentos sem qualidade, este número aumenta para 64,29% de incidência.

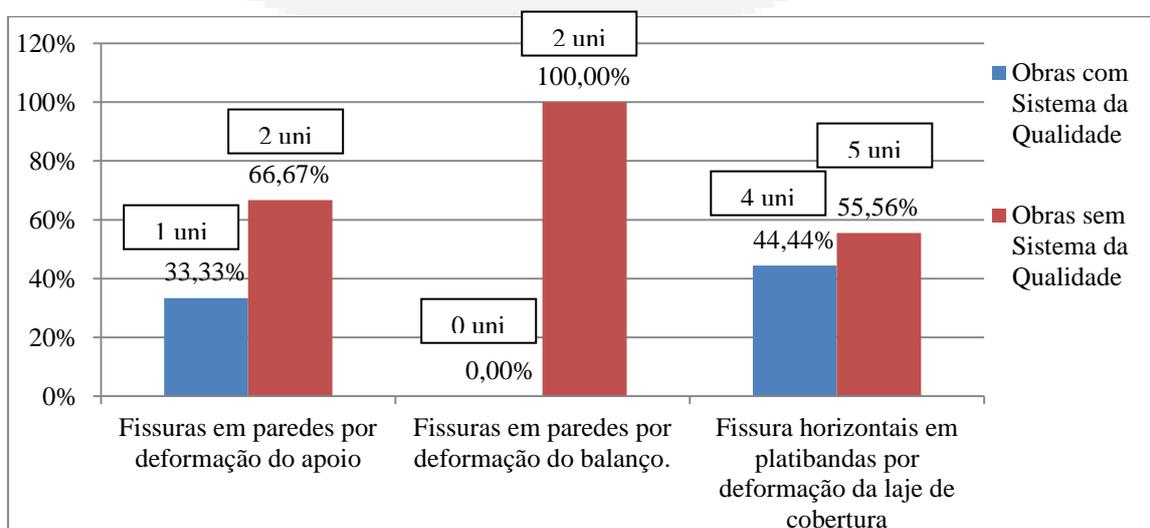
Gráfico 10: Fissuras causadas por deformações em estruturas de concreto armado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

No grupo de fissuras por deformação das estruturas de concreto armado é observado a ocorrência de 3 tipos principais de fissuras, sendo estas oriundas de deformação de elementos de concreto armado que sustentem alvenarias portantes dos andares superiores. As fissuras devidas a deformação do balanço estão presentes em boa parte das edificações. Podemos ainda considerar a deformação de lajes de apoio das alvenarias, provocando deslocamentos que não são absorvidos pelas alvenarias.

Gráfico 11: Incidência das fissuras por deformações em estruturas de concreto armado.

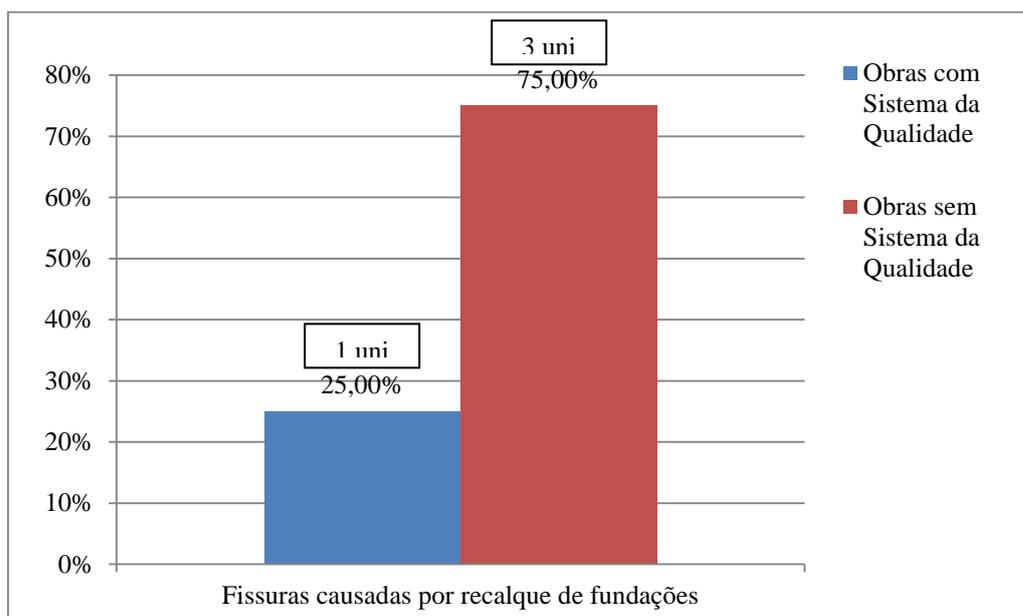


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

5.3.5. Fissuras causadas por recalque de fundações

Do total de fissuras identificadas com origem em recalques de fundações, 75,00% destas ocorreram em edificações sem sistemas da qualidade. Em contrapartida, 25,00% das fissuras mapeadas foram identificadas em edificações com sistemas da qualidade.

Gráfico 12: Fissuras causadas por recalque de fundações.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As fissuras relacionadas com recalques de fundações, que foram identificadas nas visitas técnicas, são causadas por deficiências nos apoios dos elementos constituintes das fundações, ou por falhas no dimensionamento destes, provocando sobrecarga em pontos isolados, permitindo o recalque diferencial e consequente fissuração das alvenarias.

5.3.6. Fissuras causadas por detalhes construtivos.

Além de necessário todo o controle sobre materiais e processos, conforme definido por Franco (1992), a mão de obra contratada para a execução de atividades e etapas da obra influencia diretamente na qualidade final da edificação. Outro aspecto a ser considerado, consiste na contratação de empresas também certificadas e com sistemas da qualidade, entretanto, somente o somatório dos sistemas da qualidade das equipes igualmente não

garante a qualidade do produto final. Para tanto, torna-se necessária a integração de equipes, proporcionando a todos o conhecimento e entendimento total da edificação e do produto a ser produzido, assim como dos requisitos da qualidade necessários e aplicáveis para a obtenção dos resultados esperados.

Em visitas técnicas foi constatado que em empreendimentos onde não ocorreu a aplicação de requisitos da qualidade, algumas recomendações não foram seguidas. Dentre estas pode-se destacar a ausência ou execução inadequada de contravergas e ainda, em dois casos, foi verificado a inexistência de vergas na janela. A figura a seguir exemplifica as técnicas inadequadas de execução, resultados da mão de obra desqualificada aliada a falta de treinamento por parte dos gestores dos empreendimentos.

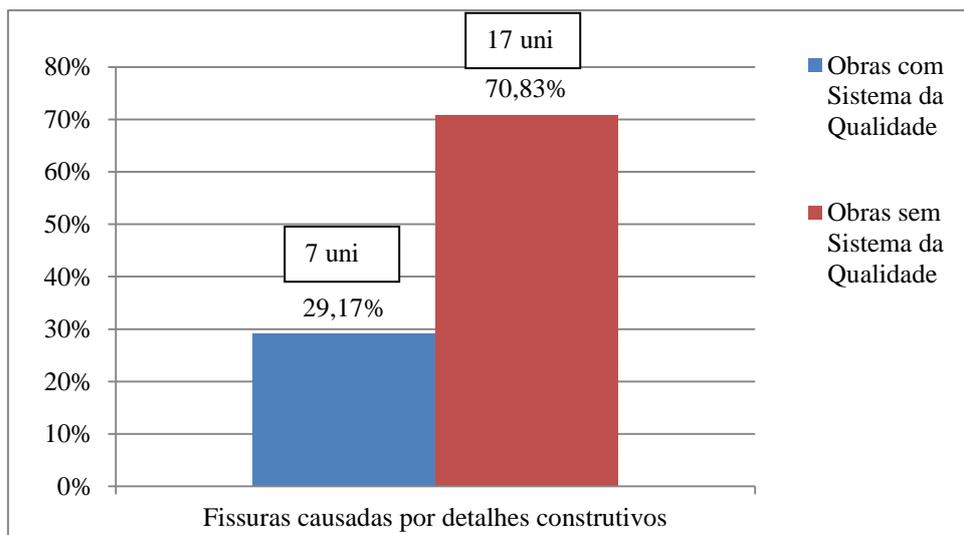
Figura 35: Falha na execução de contravergas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

O gráfico a seguir ilustra essas situações, comparando patologias nas obras com aplicação de sistemas da qualidade e obras sem sistemas da qualidade.

Gráfico 13: Fissuras causadas por detalhes construtivos.

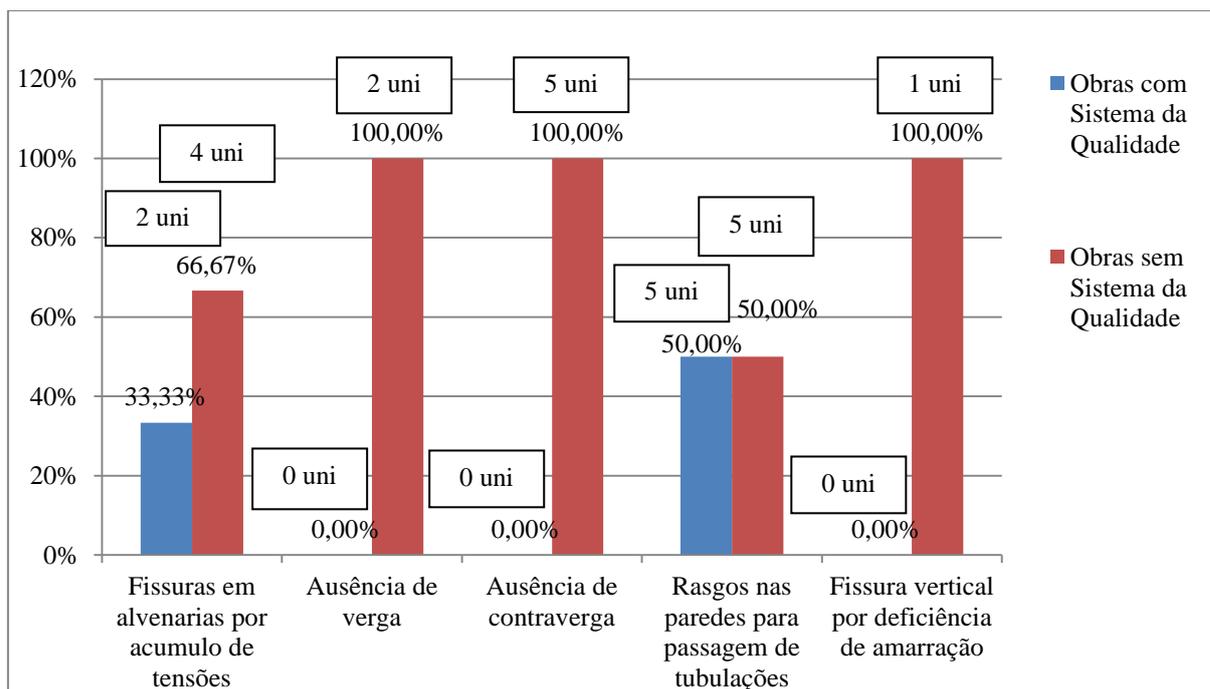


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Através do gráfico, é verificado que das fissuras identificadas, 70,83% ocorrem em edificações sem sistemas da qualidade, onde não são aplicados requisitos de controle de serviços, acabamentos, e ainda, a qualidade individual de cada equipe integrante. Já em obras com a aplicação de sistemas da qualidade, este número é reduzido para 29,17% do total de fissuras mapeadas, exemplificando o descrito anteriormente. Portanto, é constatada a necessidade de melhorias na integração das equipes, proporcionando maior qualidade e confiabilidade ao produto final.

O gráfico a seguir destaca a origem das falhas construtivas identificadas, assim como sua influência no total de patologias identificadas.

Gráfico 14: Tipos de falhas construtivas e sua influência.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Através da análise do gráfico é observado o grande percentual de fissuras ocasionadas por acúmulo de tensões sem a execução de reforços nas alvenarias, permitindo o surgimento de fissuras. Observa-se ainda, a ausência de vergas e contravergas nas edificações sem sistemas da qualidade, sendo estas responsáveis pelo surgimento de fissuras conforme ilustrado na Figura 36. Outros aspectos também considerados como, deficiência de amarração de alvenarias foram identificados, mas apenas em obras sem sistemas da qualidade.

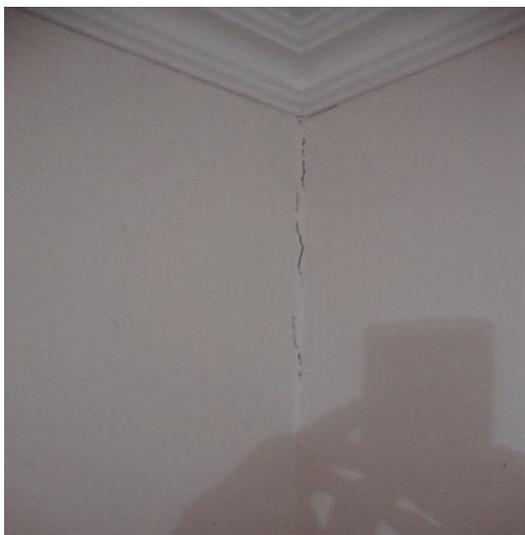
Figura 36: Fissura na base da janela por falta de contraverga.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A Figura 37, a seguir, exemplifica o destacamento de alvenarias por deficiência de amarração entre paredes, permitindo o surgimento de fissuras nos encontros das alvenarias.

Figura 37: Fissura de destacamento de alvenarias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Dessa forma, constata-se que em empresas onde ocorre a adoção de sistemas da qualidade, as patologias relacionadas à execução dos empreendimentos ou ainda a qualidade dos materiais, são consideravelmente reduzidas, e quando manifestadas constituem-se de fissuras superficiais, que não comprometem o desempenho da edificação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise dos gráficos gerados nas obras visitadas, é possível a verificação da maior incidência de patologias em obras construídas sem os requisitos de sistemas da qualidade, demonstrando dessa forma a influência direta dos sistemas da qualidade na redução de patologias, em especial de fissuras nas obras de interesse social, constituídas de estruturas de alvenaria estrutural.

Do total de fissuras identificadas, as por detalhes construtivos ocupam lugar de destaque devido ao seu percentual de manifestação. Essas falhas possuem sua origem ligada a não existência de contravergas ou vergas na edificação, ou ainda acúmulos excessivos de cargas em paredes estruturais, as quais não foram consideradas no cálculo e verificação de resistência das alvenarias na fase de projeto, sendo dessa forma executadas sem reforços adequados, como coxins, ou elementos de distribuição de cargas. Em seguida aparecem as fissuras por variações térmicas e fissuras por sobrecargas. Através destes dados é possível a adoção de medidas preventivas que qualifiquem a mão de obra de execução das edificações, ou ainda projetistas, e conseqüentemente haja a redução deste número de fissuras na fase de uso da edificação.

As recomendações técnicas e exigências dos sistemas da qualidade sobre os profissionais da área e empresas construtoras, as quais são orientadas a cumprir as normas vigentes, provoca o conseqüente aumento da adoção de medidas de prevenção de fissuras que sejam economicamente viáveis e ainda de fácil execução em canteiros de obras, melhorando dessa forma a produtividade e desempenho da construção civil.

Conforme regimento do sistema da qualidade, antes do efetivo início da obra, devem ser realizadas sondagens do terreno, compatíveis com o tipo de solo e fundação a ser aplicada para a edificação. Quando executada sem sistema da qualidade, essa fase é relegada a segundo plano, encarando-a como mera fonte de gastos, sem aplicação efetiva. Esse procedimento abre espaço para métodos empíricos de dimensionamento de fundações, resultando em posteriores recalques por falta de resistência para absorção de cargas pelo solo.

Cabe ressaltar ainda que, a utilização de ferramentas inadequadas para a execução das atividades, e a falta de controle sobre os processos de execução, possibilitam também o surgimento de fissuras nos locais com passagem de tubulações, sendo este aspecto constatado, tanto em obras sem sistemas da qualidade, quanto em obras com sistemas da qualidade.

Ainda nas obras visitadas, onde não ocorre à adoção de sistemas da qualidade, é verificado o descontrole sobre os materiais empregados na execução. Os canteiros de obras não possuem espaços destinados ao armazenamento adequado de materiais, para que estejam protegidos das ações de intempéries, permitindo a posterior utilização. Cabe ainda destacar que, estas obras não possuem procedimentos documentados e padronizados para a execução dos serviços, sendo estes executados conforme conhecimentos e métodos empíricos, muitas vezes com técnicas e ferramentas inadequadas.

Apesar dos critérios já estabelecidos e desenvolvidos, ainda existem aspectos que necessitam de melhorias, com desenvolvimento de tecnologias e ferramentas que possibilitem a melhora da produção e qualidade das edificações. Para tanto, as recomendações de melhoria podem contribuir significativamente na redução de patologias identificadas, como por exemplo, a fissuração por variação térmica dos materiais, área para a qual não foi prevista nenhuma medida que impedisse o surgimento deste tipo de fissura.

Todas as patologias apresentadas, caso não tratadas com a devida atenção, resultarão em problemas crescentes futuros, como infiltrações, ou ainda, colapso dos elementos apoiados nestes. Esse assunto pode ser tema de futuros trabalhos que identifiquem as consequências das patologias apresentadas, ainda, abordando o custo da manutenção, em relação ao custo da adoção das medidas preventivas e consequente redução das falhas nos empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Ilídio Francisco. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito.** 2008. 171p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2008.

BRASIL, Ministério das Cidades. PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO HABITAT: **Anexo I Regimento Geral do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil.** Brasília, 2012. 21p.

_____. **Anexo II Regimento Específico do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC) da Especialidade Técnica Execução de Obras** Brasília, 2012, 16p.

_____. **Anexo III Referencial Normativo Nível “B” do SiAC Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil.** Brasília, 2012. 20p.

_____. **Anexo III Referencial Normativo Nível “A” do SiAC Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil.** Brasília, 2012. 24p.

_____. **Anexo IV Requisitos Complementares para os subsetores da especialidade técnica Execução de Obras do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC).** Brasília, 2012. 14p.

BRICK INDUSTRY ASSOCIATION. **Volume changes and effects of movement.** Reston: BIA, 1991. Technical notes, 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837** – Calculo de alvenaria estrutural de blocos de concreto. 20p. Rio de Janeiro. 1989.

_____. **NBR 15.575** - Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Parte 2. Rio de Janeiro. 29p. 2010.

_____. **NBR 6118** - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 221p. Rio de Janeiro. 2004.

_____. **NBR 6460** – Tijolo maciço para cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão. 3p. Rio de Janeiro. 1983.

_____. **NBR 7170** – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. 4p. Rio de Janeiro. 1983.

_____. **NBR 8041** – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões. 2p. Rio de Janeiro. 1983.

_____. **NBR 15961-1** – Alvenaria estrutural - Blocos de concreto. Parte 1: Projeto. 42p. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR 15961-2** – Alvenaria estrutural - Blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. 35p. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR ISO 9001** - Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. 28p. 2008.

_____. **NBR ISO 9000** - Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. 30p. Rio de Janeiro. 2005.

BOBROFF, Jacotte. **A construção na França: novos modelos de organização das competências dos trabalhadores.** 1989. 62p. Encontro internacional de engenharia do Sinduscon – São Paulo. Anais.

CARDOSO, Francisco F., et al. **Uma primeira avaliação do Programa QUALIHAB e de seu impacto nas empresas de construção de edifícios.** 1998. Congresso latino americano tecnologia e gestão na produção de edifícios: soluções para o terceiro milênio, São Paulo.

CHEMIN, Beatriz F. **Manual da Univates para Trabalhos Acadêmicos: Planejamento, elaboração e Apresentação.** 2. ed. Lajeado: Univates, 2012. E-book. Disponível em: <www.univates.br>. Acesso em: 28 abr. 2014.

CINCOTTO, Maria A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** In: Tecnologia de edificações. 1988. São Paulo: Pini. IPT. p. 549-554.

_____. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo. SP. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

CUNHA, Albino J. P.; LIMA, Nelson A.; SOUZA, Vicente C. M.. **Acidentes Estruturais na Construção Civil – Volume I.** São Paulo: Pini. 1996.

DUARTE, Ronaldo B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação.** 1998. Porto Alegre: CIENTEC. (Boletim técnico, 25).

_____. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** 1999. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre, p.79.

ESCRIVÃO, Edmundo F. **Um estudo sobre as mudanças na estrutura organizacional e a formação das equipes de trabalho**. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 1999, Rio de Janeiro. Anais do XIX ENEGEP.

FORMOSO, Carlos T.; FRUET, Genoveva M. **II Seminário de Qualidade na Construção Civil**. 1993 Anais. Porto Alegre.

FRANCO, Luís S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 1992. 319p. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade São Paulo. São Paulo.

GEHBAUER, Fritz. **Racionalização na construção civil**. 2004. Recife, Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ).

KALIL, Maria B. **Alvenaria Estrutural**. Notas de aula, 2007. 86p. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LOPES, César P. **Alvenaria estrutural**. Texto digital. Revista Técnica 34. 1998. P.26-31. Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/artigos/alvenaria_estrutural.htm >; Acesso em: 21 de Junho de 2013.

LÓPEZ, Rossana H. **Aplicação da Mecânica de Fratura em Fundações de Barragens de Concreto Fundadas em Rocha**. 2005. 211p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.

MAGALHAES, Ernani F. **Fissuras Em Alvenarias: Configurações Típicas e levantamento De Incidências No Estado Do Rio Grande Do Sul**. 2004. Dissertação De Mestrado. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Escola De Engenharia. Curso De Mestrado Profissionalizante Em Engenharia. Porto Alegre.

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. 2007. São Paulo: Pini. ISBN 978-85-7266-178-2.

MELHADO, Silvio. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

_____. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 7p. São Paulo.1994.

MELHADO, Silvio. B.; VIOLANI, Marco A. F. **Qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. 1992. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

_____. **Sistematização da coordenação de projetos de obras de edifícios habitacionais**. 1992. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Documento CPq DCC n.20.067 - EP/LIX-4.

MELHADO, Silvio B.; et al; **Implementação da gestão da qualidade em empresas de projeto**. 2003. Artigo, 13 p, ISSN1415-8876. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo.

MOLINARI NETO, Moacyr A. **Um modelo realístico para a análise de pórtico plano solidário a paredes de alvenaria, submetido a carregamento quase estático, monotônico e crescente.** 1990. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples.** 1995. São Paulo: Edgard Blücher.

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão do processo de projeto na construção de edifícios.** 2004. Artigo. 18p. Programa de construção civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

_____. **Gestão da qualidade na indústria da construção civil.** 2001. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica. São Paulo.

PENTEADO, Adilson F. **Gestão da Produção do Sistema construtivo em Alvenaria estrutural.** 2003. 212p. Tese Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. São Paulo.

PICCHI, Flavio A. **Sistema da qualidade em uma empresa de construção de edifícios.** 1991. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.

_____. **Sistemas da Qualidade:** uso em empresas de construção de edifícios. 1993. 438p. Tese Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** 2003. 188p. Ed Pini. São Paulo. 1ª ed. ISBN 85-7266-147-6.

RICHTER, Cristiano; MASUERO, Ângela B.; FORMOSO, Carlos T. **Manifestações patológicas de alvenaria:** uma análise de causa e efeito. Junho 2010. VI congresso internacional de patologias e recuperação de estruturas. Córdoba, Argentina.

RICHTER, Cristiano. **Qualidade da Alvenaria Estrutural em Habitações de Baixa Renda: uma análise de confiabilidade e da conformidade.** 2007. 164p.; Dissertação Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola de Engenharia. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

SABBATINI, Fernando H. **Alvenaria Estrutural - Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico:** Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. 2003. Caixa Econômica Federal. Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano.

_____. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos:** formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese Doutorado. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo.

_____. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária.** 1984. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo.

SAMPAIO, Marliane B. **Fissuras em edifícios residenciais em Alvenaria estrutural**. 2010. 122p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo.

SANTOS, Luís A. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. 2003. 333p. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SANTOS, Flavio A. **Efeito do não preenchimento de juntas verticais no desempenho de edifícios em alvenaria estrutural**. 2001. 154p. Tese Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina.

SANTOS, Marcus D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuições ao uso**. 1998. 130p. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul.

SENNA VALLE, Juliana B. **Patologia Das Alvenarias: Causa, Diagnóstico e previsibilidade**. 2008. 81p. Monografia. Universidade Federal De Minas Gerais. Curso De Especialização em Construção Civil. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008.

SOUZA, Ana L.R. de **Preparação e coordenação da execução de obras: transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios**. 2001. 440p. Tese Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA, Roberto. **Qualidade na cadeia produtiva da construção no Brasil**. 2013. 13p. IV Seminário Ibero-Americano da rede CYTED.

SOUZA, Ana L. R.; MELHADO, Silvio. B. **Preparação da execução de obras - PEO**. 2003. 144p. São Paulo: O Nome da Rosa Editora.

_____. **O conceito e a aplicação do projeto para produção na construção de edifícios**. 1997. P.23-6. Workshop Qualidade do Projeto. Anais. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

TEIXEIRA, André C. **Patologias em Alvenaria estrutural**. 2011. 132p. Trabalho de graduação. Universidade Do Estado De Santa Catarina. Departamento De Engenharia Civil. Joinville. Santa Catarina.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989. ISBN 85-09-00047-6.

THOMAZ, Ércio.; HELENE, Paulo. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios**. 31p. 2000. Boletim técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

VILATÓ, Rolando R.; FRANCO, Luís S. **As juntas de movimentação na alvenaria estrutural**. 1998. 15p. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. ISSN 0103-9830.