



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal do Maranhão
Cidade Universitária Dom Delgado
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



Identificação de Patologias em Potencial no Processo de Execução de Alvenaria Estrutural: um estudo de caso

Discente: Thiago Henrique Pinheiro Pinto
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos

São Luís – MA
Janeiro de 2018

Thiago Henrique Pinheiro Pinto

Identificação de Patologias em Potencial no Processo de Execução de Alvenaria Estrutural: um estudo de caso

Trabalho de Graduação de Conclusão de Curso apresentado à Fundação Universidade Federal do Maranhão, como requisito avaliativo da atividade acadêmica Trabalho de Conclusão de Curso II, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos.

São Luís – MA
Janeiro de 2018

Thiago Henrique Pinheiro Pinto

Identificação de Patologias em Potencial no Processo de Execução de Alvenaria Estrutural: um estudo de caso

Trabalho de Graduação de Conclusão de Curso apresentado à Fundação Universidade Federal do Maranhão, como requisito avaliativo da atividade acadêmica Trabalho de Conclusão de Curso II, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos.

Aprovada em 11/01/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof.^o Dr. Paulo César de Oliveira Queiroz (Membro)
Universidade Federal do Maranhão

Prof.^o Msc. Mikhail Luczynski (Membro)
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, pela vida a mim concedida e saúde para fazer este trabalho. A Ele toda honra e glória.

À minha família, em especial aos meus pais, Kátia e Henrique, que nunca mediram esforços para que eu alcançasse meus objetivos, e sempre lutaram em prol da minha felicidade, não importando o que custasse. Também aos meus primos, *the top six*, pelos conselhos e risadas que a mim proporcionaram, diminuindo assim a carga que eu tinha que levar.

À minha namorada, Nuria Esteve, por todo amor, companheirismo e dedicação dados a mim, que me fortaleceram e incentivaram rumo ao final do curso e deste trabalho.

À professora Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos, que tão pacientemente me orientou e instruiu no andamento deste trabalho, sempre com muita sabedoria, possibilitando assim o término do mesmo.

Aos meus amigos da igreja, do estágio e da universidade, pelo apoio e grande ajuda que a mim deram, facilitando o caminhar desta jornada.

À empresa construtora que abriu suas portas para que eu pudesse realizar a parte prática deste trabalho.

Mais alto sobe aquele que ajuda o outro a subir.

George Adams

RESUMO

PINTO, T. H. P. **Identificação de Patologias em Potencial no Processo de Execução de Alvenaria Estrutural: um estudo de caso.** 2018. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso II – Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Maranhão, São Luís – 2018.

A alvenaria estrutural é um dos mais antigos sistemas de construção, e também um dos mais utilizados no Brasil. Esse sistema pode ser executado com tijolos ou blocos, sendo que estes podem ser de diversos materiais. Os mais utilizados são os cerâmicos e os em concreto. No entanto, a aplicação inadequada de tal tecnologia e falha em uma ou mais etapas no processo de execução, causam manifestações patológicas, tendo como a mais frequente, as fissuras. Portanto, o presente trabalho busca observar e analisar os procedimentos de execução de alvenarias estruturais em um empreendimento localizado em São Luís/MA, além de propor melhorias e contribuir com a prevenção de manifestações patológicas. Inicialmente foi selecionado o objeto de estudo e em sequência realizada a coleta e tabulação de dados através da elaboração de um *check-list*, observação visual e imagens fotográficas feitas *in loco*. Ao término da vistoria foram identificadas as manifestações patológicas em potencial mais propensas a incidirem sobre as edificações e a torre residencial com maior número de não conformidades observadas, sendo propostas sugestões à empresa a fim de mitigar a presença de patologias.

Palavras-chave: edificação; alvenaria estrutural; patologias.

ABSTRACT

PINTO, T. H. P. **Identification of Potential Pathologies in the Process of Execution of Structural Masonry: a case study.** 2018. 62 f. Completion of Course Work II – Bachelor in Civil Engineering. Federal University of Maranhão, São Luís – 2018.

The structural masonry is one of the oldest construction systems, as well as one of the most used in Brazil. This system can be executed with bricks or blocks, and these can be of different materials. The most used types are ceramics blocks and concrete blocks. However, the misapplication of such technology and failure is one or more steps of the implementation process, originate pathological manifestations, having as the most frequent, the fissures. Therefore, the present paper seeks to observe and analyze the procedures for the execution of structural masonry in a enterprise located in São Luís/MA, besides proposing improvements and contributing with the prevention of pathological manifestations. Initially the object of study was selected and in sequence the data collection and tabulation was carried out through the elaboration of a *check-list*, visual observation and photographic images made *in loco*. At the end of the survey, the potential pathological manifestations that were more prone to affect the edifications were identified and the residential tower with the highest number of nonconformities observed, being proposed suggestions to the enterprise to mitigate the presence of pathologies.

Keywords: edification; structural masonry; pathologies.

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR: Norma Brasileira Registrada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Blocos cerâmicos para vedação.....	20
Figura 2 – Construção realizada com tijolos maciços.....	21
Figura 3 – Bloco de concreto para vedação.....	22
Figura 4 – Construção em alvenaria estrutural.....	24
Figura 5 – Dimensões de bloco cerâmico estrutural.....	25
Figura 6 – Tipos de blocos de concreto.....	26
Figura 7 – Blocos cerâmicos comerciais.....	28
Figura 8 – Fissuras devido à sobrecarga de carregamento.....	30
Figura 9 – Fissuras devido a recalque de fundação.....	31
Figura 10 – Fissuras em aberturas, devido à ausência de verga e contraverga.....	32
Figura 11 – Fissuras causadas por retração da argamassa.....	32
Figura 12 – Espessura das juntas verticais e horizontais.....	37
Figura 13 – Desobstrução dos furos.....	37
Figura 14 – Quebra de bloco realizada pelo pedreiro.....	40
Figura 15 – Bloco estrutural quebrado.....	40
Figura 16 – Argamassa exposta ao sol.....	41
Figura 17 – Juntas mais espessas que o permitido pela norma.....	42
Figura 18 – Junta mal acabada e fora da variação permitida pela norma.....	42
Figura 19 – Rebarbas e saliências na argamassa da parede elevada.....	43
Figura 20 – Argamassa colocada somente nas faces laterais do bloco.....	44
Figura 21 – Blocos sendo assentados sem os septos transversais preenchidos.....	44
Figura 22 – Argamassa em contato com o solo prestes a ser utilizada.....	45

Figura 23 – Trabalhador utilizando a argamassa em contato com o solo.....	45
Figura 24 – Armadura deformada para facilitar o encaixe do bloco.....	46
Figura 25 – Compactação do graute realizada com a armadura.....	47
Figura 26 – Trabalhador fazendo a compactação “manualmente”	47
Figura 27 – Grauteamento.....	48
Figura 28 – Fissuras devido à variação de temperatura.....	50
Figura 29 – Fissuras devido à atuação de cargas verticais.....	51
Figura 30 – Fissuras devido a movimentações higroscópicas.....	51
Figura 31 – Eflorescência.....	55
Figura 32 – Fungos.....	55
Figura 33 – Cordões de argamassa nos septos transversais.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de blocos cerâmicos estruturais.....	27
Tabela 2 – Não conformidades observadas.....	39
Tabela 3 – Relação entre não conformidades e manifestações patológicas em potencial.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Itens atendidos x não atendidos pela empresa.....	49
Gráfico 2 – Incidência das fissuras nos itens.....	53
Gráfico 3 – Incidência de não conformidade por torre.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 Geral.....	17
1.3.2 Específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 ALVENARIAS	18
2.1.1 Alvenarias de Vedação.....	18
2.1.1.1 Blocos cerâmicos de vedação	20
2.1.1.2 Blocos de concreto de vedação.....	21
2.1.2 Alvenarias Estruturais.....	22
2.1.2.1 Blocos de concreto estrutural	25
2.1.2.2 Blocos cerâmicos estruturais	27
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIAS.....	29
2.2.1 Contextualização	29
2.2.2 Manifestações Patológicas em Alvenarias	30
3 METODOLOGIA	33
3.1 SELEÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	33
3.2 AVALIAÇÃO DA EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS ESTRUTURAIS.....	33
3.3 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS PARA OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	38
4 ESTUDO DE CASO	39
4.1 APRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES OBSERVADAS.....	40
4.2 NÃO CONFORMIDADE X MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA EM POTENCIAL	48
4.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	52

4.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS	54
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na construção civil é comum se observar a incidência de manifestações patológicas, podendo elas surgir durante a fase de execução da obra. Alguns dos principais motivos para essa incidência são: inexistência de um planejamento adequado para a obra, manutenção inadequada da construção ou ausência da mesma, uso inadequado dos materiais aliado à baixa qualidade dos mesmos e falta de cuidados na execução, mão de obra não qualificada, dentre outros. Esses fatores tem gerado elevado consumo de recursos financeiros em reparações que poderiam ser evitadas, ou ao menos minimizadas.

A pressão para rápida entrega da obra por parte da contratante implica na aceleração da execução por parte da construtora, o que pode comprometer o bom andamento e qualidade da obra, podendo também promover o surgimento de patologias nas edificações. O ramo da construção civil tem evoluído tecnologicamente para dar celeridade às obras, porém algumas dessas inovações tecnológicas podem trazer riscos à construção, como destacam Souza e Ripper (1998, p. 13):

O crescimento sempre acelerado da construção civil, em alguns países e épocas, provocou a necessidade de inovações que trouxeram, em si, a aceitação implícita de maiores riscos. Aceitos esses riscos, ainda que dentro de certos limites, posto que regulamentados das mais diversas formas, a progressão do desenvolvimento tecnológico aconteceu naturalmente, e, com ela, o aumento do conhecimento sobre estruturas e materiais, em particular através do estudo e análise dos erros acontecidos, que têm resultado em deterioração precoce ou acidentes.

Dentre os riscos a que podem estar submetidas às construções os problemas patológicos são os mais temidos em decorrência dos altos custos inerentes aos reparos. Nesse âmbito, destacam-se as fissuras, pois elas podem “avisar” sobre um eventual estado perigoso para a estrutura, mostrar o comprometimento do desempenho da obra em serviço e interferir esteticamente no resultado final da mesma, causando constrangimento psicológico sobre os seus usuários. Em se tratando de alvenarias estruturais, a seriedade das incidências das fissuras é relevante, pois, assim como estruturas convencionais de concreto armado, estas

alvenarias são as responsáveis pela estabilidade e sustentação da edificação, e qualquer manifestação patológica identificada pode acarretar em insegurança estrutural, comprometendo até mesmo a segurança dos usuários.

As fissuras ocorrem em larga escala nas paredes de alvenarias. Silva e Abrantes (1998) ponderam que a investigação das fissuras nas alvenarias é um tema atual, e que esse tipo de fissuração tem crescido em diversos países. Os autores ainda afirmam que esse fenômeno patológico tem origem em falhas técnicas objetivas, o que releva a manutenção do seu estudo até os dias atuais. De acordo com Silva (1996), o estudo das causas, manifestações e consequências dos problemas patológicos possibilita a redução da incidência de falhas.

A qualidade final do produto ganhou uma atenção especial devido à evolução da conscientização do cliente em todas as áreas do consumo, e na construção civil não é diferente. Tomando como exemplo as edificações, tornou-se primordial que os problemas pós-obra fossem reduzidos ao máximo, e, quando aparecessem, fossem facilmente solucionados por uma equipe de manutenção.

No ano de 2013 entrou em vigor a nova Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), que traz requisitos relevantes para garantir a qualidade e a segurança das obras e edificações. Ela é dividida em seis partes: Requisitos gerais, estrutura, sistema de siso, vedações verticais, coberturas e sistemas hidrossanitários. A segunda parte da Norma de Desempenho trata dos requisitos para os sistemas estruturais de edificações habitacionais, incluindo o sistema de alvenaria estrutural. A norma determina os critérios de estabilidade e resistência do imóvel, indicando, inclusive, métodos para medir quais os tipos de impacto que a estrutura pode suportar sem que apresente falhas ou fissuras, ou seja, ela visa também minimizar a ocorrência de manifestações patológicas nas edificações.

Diante do exposto, este trabalho promoveu a análise da execução de alvenarias estruturais, tendo em vista as prováveis aparições de manifestações patológicas na edificação em objeto de estudo, apresentando algumas maneiras de prevenção dessas patologias e as características de algumas delas, visando a minimização desses problemas.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo das causas das fissuras em alvenarias estruturais é de certa complexidade, pois envolve diversos fatores que causam esse tipo de manifestação patológica, desde ataque de agentes químicos até à própria sobrecarga imprevista na estrutura. Grande parte das edificações de hoje possui uma idade significativa, logo, estão sujeitas a apresentar desgaste devido à utilização inadequada ou ausência de manutenção.

O desenvolvimento do presente trabalho, sobre esse tema, se justifica pelo largo emprego de alvenarias estruturais em construções ao redor do Brasil e do mundo. Sendo assim, a relevância desse trabalho se deve à necessidade de se fazer uma avaliação da execução de alvenarias estruturais, a partir da qual se poderá realizar um estudo para proposição de melhorias, a fim de se prevenir o surgimento de patologias nas edificações, contribuindo diretamente para a garantia da durabilidade das mesmas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

- Avaliar o procedimento de execução do sistema de alvenaria estrutural em edificações verticais a fim de mitigar a ocorrência de patologias nas mesmas.

1.3.2 Específicos

- Selecionar o objeto de estudo;
- Observar e avaliar a execução das alvenarias estruturais do objeto de estudo;
- Propor melhorias para otimização do processo construtivo de elevação das alvenarias estruturais;
- Contribuir com a prevenção das patologias nas alvenarias estruturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ALVENARIAS

Não há um consenso a respeito da data exata do início da utilização das alvenarias, porém há relatos muito antigos sobre a sua utilização através dos tempos. Caporrino (2015) afirma que na pré-história existiam edificações, chamadas de nuragues, que eram torres compostas de empilhamento de pedras, com vãos pequenos entre elas, possibilitados pela utilização de pedras maiores. A autora ainda discorre sobre o uso dos arcos ao longo dos anos, afirmando que os mesmos tornaram possíveis as construções de aquedutos, muitos dos quais datados de antes de Cristo, e que auxiliavam o transporte de água por longas distâncias com a ajuda da gravidade.

De acordo com Tramontin (2005), a evolução da alvenaria acompanha a evolução da humanidade, composta de materiais de alta tecnologia que fornecem uma melhor resistência, leveza e menor custo, além de terem boa resistência ao tempo. O autor afirma que a criação e desenvolvimento de materiais como blocos de concreto, cerâmico e sílico-calcáreo, representam uma revolução na história da alvenaria.

Existem dois tipos principais de alvenaria, isto é, duas finalidades distintas para as quais as alvenarias são destinadas: finalidade estrutural e finalidade de vedação. Esses dois tipos serão detalhados e explanados a seguir.

2.1.1 Alvenarias de Vedação

Segundo Cardoso (2001), a vedação vertical consiste em um subsistema do edifício composto por elementos que compartimentam e definem os ambientes internos, controlando a ação de agentes indesejáveis. Essa vedação pode ser constituída de diversos materiais, como blocos cerâmicos, blocos de concreto, gesso, dentre outros.

A alvenaria de vedação pode ser compreendida como sendo aquela que não é dimensionada para resistir esforços além de seu peso próprio. Ademais, o subsistema da vedação vertical é responsável pela proteção do edifício contra intempéries, como vento, chuva, etc., além de compartimentar os ambientes internos e resistir à ação do fogo. Segundo Caporrino (2015), a maioria das edificações executadas pelo processo construtivo convencional, isto é, estrutura de concreto armado moldado *in loco*, utiliza a alvenaria de vedação para o fechamento de vãos.

De acordo com Santos Júnior (2014), podem ser considerados como requisitos fundamentais das alvenarias de vedação: estanqueidade, isolamento térmico e acústico, estabilidade, segurança estrutural, estética, durabilidade, economia, dentre outros. Esses requisitos expressam exigências do usuário quanto à habitabilidade, segurança e sustentabilidade.

Vale-se ressaltar também algumas desvantagens que o uso desse tipo de alvenaria geralmente acarreta consigo:

- Mão de obra pouco qualificada: a execução do serviço é feita com facilidade, porém, nem sempre com a qualidade almejada;
- Desperdício de materiais: a quebra de blocos no transporte e execução, a frequente retirada de caçambas cheias de entulho da obra, dentre outros, são evidências desse problema;
- Necessidade de revestimentos adicionais para obter-se textura lisa;
- Dentre outros.

É interessante ponderar o peso que as vedações verticais possuem sobre o orçamento de uma construção. Segundo SABBATINI (2003) as vedações verticais representam cerca de 35% a 60% do custo total do edifício. Barros (1998) também trata do assunto, afirmando que através da racionalização da produção das alvenarias de vedação é possível reduzir os problemas patológicos, ter um ganho de produtividade e diminuir os custos.

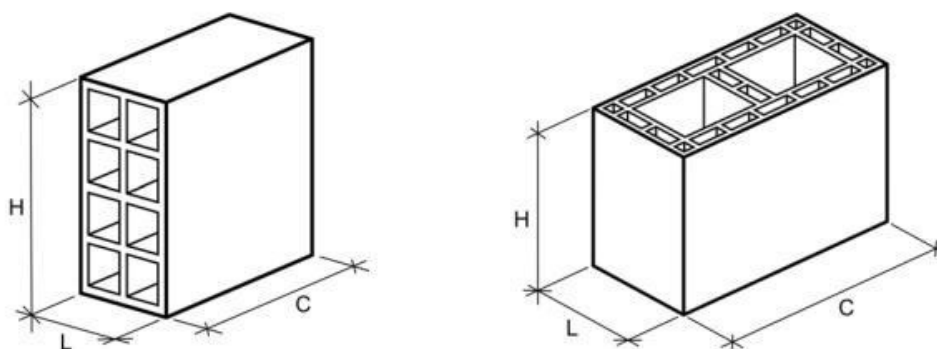
Os principais materiais utilizados nas alvenarias de vedação são os tijolos/blocos cerâmicos e os blocos de concreto, materiais estes que serão descritos a seguir.

2.1.1.1 Blocos cerâmicos de vedação

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005) esclarece que os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias internas e externas que não tem função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria a qual faz parte. Esta norma também define esses blocos como sendo os componentes da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. Na Figura 1 são apresentados dois tipos de blocos.

Figura 1 - Blocos cerâmicos para vedação

(a) Bloco cerâmico com furos na horizontal (b) Bloco cerâmico com furos na vertical



Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Santos Júnior (2014) destaca que esses blocos devem ser fabricados por conformação plástica de matéria-prima argilosa, com ou sem aditivos, e queimados a elevadas temperaturas. O autor ainda afirma que esses componentes são facilmente encontrados em diversas partes do país, apresentando custo competitivo. Existem no mercado variadas dimensões para esse tipo de bloco, que podem ser utilizadas desde que cumpram os requisitos básicos da norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Há ainda alvenarias de vedação que são compostas de tijolos cerâmicos maciços. Segundo a NBR 7170 (ABNT, 1983), o tijolo maciço é aquele que possui todas as faces planas de material, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área.

Eles são fabricados com argila, conformados por extrusão ou prensagem e queimados a temperaturas que permitam ao produto final atender às condições determinadas pela norma supracitada. Essa norma ainda apresenta uma tolerância

máxima de fabricação de 3 mm para mais ou para menos, em qualquer uma das três dimensões. A Figura 2 ilustra a construção realizada com tijolos maciços.

Figura 2 – Construção realizada com tijolos maciços



Fonte: Cerâmica Sollo (2017).

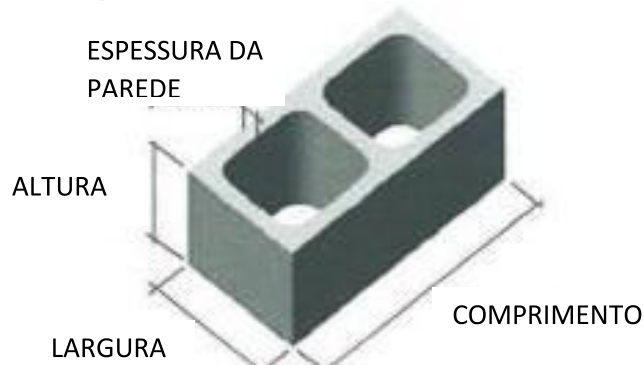
2.1.1.2 Blocos de concreto de vedação

Conforme a NBR 6136 (ABNT, 2014), caracteriza-se bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural o componente de alvenaria em concreto cuja área líquida for igual ou inferior a 75% da área bruta. Classificam-se na Classe D.

Os blocos devem ter arestas vivas e não apresentar trincas ou quaisquer outras imperfeições que possam comprometer a resistência e durabilidade da construção. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento (2017), os blocos de concreto são fabricados com cimento, agregados e água, sendo ainda permitido o uso de aditivos. A cura deve assegurar a homogeneidade e integridade em todo processo construtivo.

A Figura 3 ilustra um exemplo de bloco de concreto usado em alvenarias de vedação.

Figura 3 – Bloco de concreto para vedação



Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2014).

2.1.2 Alvenarias Estruturais

A alvenaria estrutural tem sido utilizada desde os primórdios da humanidade em diversos tipos de construções. Ela existe desde o surgimento das primeiras civilizações, quando se buscava uma maneira de organizar as pedras e montar paredes (ANTUNES, 2004).

Há registros de construções em alvenaria estrutural que datam de séculos antes de Cristo, como as pirâmides do Egito e a muralha da China.

Até o final do século XIX, a alvenaria estrutural era uma das principais técnicas construtivas utilizadas pelo homem. As construções da época eram erguidas seguindo regras puramente empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos (CAMACHO, 2006).

No Brasil, a técnica de cálculo e execução em alvenaria estrutural é relativamente recente, surgindo no final dos anos 60, sendo ainda pouco conhecida pela maioria dos profissionais da Engenharia Civil. Todavia, a abertura de novas fábricas de materiais e o surgimento de grupos de pesquisa sobre o tema fizeram com que cada vez mais construtores se interessassem pelo sistema (ROMAN et al., 1999).

Conforme fora descrito, o advento dessa técnica construtiva chegou na realidade brasileira somente no século XX. Segundo Antunes (2004), na década de 70 a tecnologia ficou associada a obras de conjuntos populares, porque houve uma

construção maciça financiada pelo Governo Federal. Somente em meados dos anos 80 que foram publicados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) os primeiros códigos que tratavam sobre a execução, controle e ensaios de paredes. Ainda assim faltava uma norma sobre projeto, o que aconteceu em 1989 com a elaboração da NBR 10837:1989 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos de concreto, que se encontra substituída pela NBR 15961-1:2011 - Alvenaria estrutural: blocos de concreto - projeto e a NBR 15961-2:2011 - Alvenaria estrutural: blocos de concreto - execução e controle de obras (MORAES, 2012).

Antunes (2004) afirma que, durante a década de 90, o avanço e consequente migração para o sistema de edificações altas de padrão médio influenciou positivamente no desenvolvimento tecnológico e, aos poucos, esse sistema consolida-se como uma opção de construção racionalizada e atraente. As empresas de construção civil que passaram a utilizar alvenaria estrutural começaram também a investir em pesquisa para melhorar sua execução e para ganhar em rapidez, racionalização e custo.

A utilização da alvenaria estrutural como técnica construtiva, quanto ao custo, normalmente é mais econômica do que o uso de prédios estruturados. Isso se dá não somente por se executar estrutura e alvenaria numa mesma etapa, mas também devido à economia no uso de madeiras para fôrmas, redução no uso de concreto e aço, menores espessuras de revestimentos, maior rapidez na execução, entre outros. Outra vantagem é a simplificação nas instalações, onde são evitados rasgos nas paredes, ocasionando menor desperdício de material do que o verificado em obras convencionais (ROMAN et al., 1999).

De acordo com Tauil e Nese (2010) a alvenaria estrutural é um conjunto de peças justapostas, coladas por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto tem o papel de resistir às ações, dividir ambientes, funcionar como fechamento, promover o isolamento térmico e acústico dos ambientes, além de ser uma barreira contra o fogo e proteger de intempéries.

Já Camacho (2006) define esse tipo de alvenaria como sendo um sistema construtivo no qual os elementos que cumprem a função estrutural são as alvenarias. A Figura 4 ilustra uma construção executada em alvenaria estrutural.

Figura 4 – Construção em alvenaria estrutural



Fonte: UFRGS (2016).

Os blocos são considerados os componentes principais em uma alvenaria estrutural. Segundo Medeiros (1993), eles representam cerca de 98% do volume de uma parede. A norma NBR 6136 (ABNT, 2014) define bloco estrutural como sendo um componente da alvenaria que possui área líquida (área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios) igual ou inferior a 75% da área bruta (área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem descontos das áreas dos vazios).

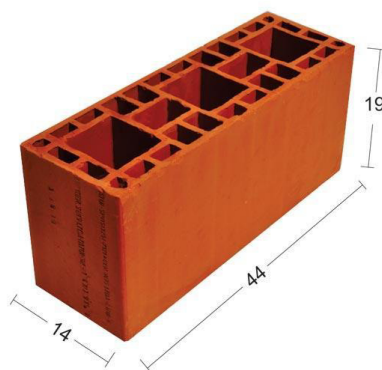
É comum associar-se a expressão alvenaria estrutural à alvenaria executada com blocos de concreto. Porém, essa tecnologia da construção civil não é restringida apenas a construções com este tipo de material. Roman et al (1999) classifica as unidades de alvenaria da seguinte forma:

- a) Bloco: cerâmico, concreto, sílico-calcário e concreto celular autoclavado;
- b) Tijolo: maciço (cerâmico, concreto e sílico-calcário) e furado (cerâmico).

Há diferença entre blocos e tijolos, e ela consiste em suas dimensões. São denominados tijolos as unidades com dimensões máximas de 25 x 12 x 5,5 cm. Unidades com dimensões maiores são denominadas blocos (ROMAN et al, 1999).

A unidade de alvenaria tem formato de paralelepípedo, sendo definida por três dimensões: largura (L), altura (H) e comprimento (C). Na Figura 5 é representado um bloco cerâmico estrutural com dimensões 14 x 19 x 44 cm.

Figura 5 – Dimensões de bloco cerâmico estrutural



Fonte: Cerâmica 6 (2017).

Há no mercado variadas opções de blocos e tijolos, com características distintas: dimensões, textura, materiais, disposições dos furos, além de outras propriedades físicas e mecânicas, como porosidade, resistência à compressão, capilaridade, absorção de água, dilatação térmica, etc (THOMAZ; HELENE, 2000). É muito importante analisar as características básicas dos tipos de blocos disponíveis no mercado brasileiro (cerâmicos, sílico-calcários, em concreto e em concreto celular autoclavado) para proceder com a execução de alvenaria estrutural. A opção a ser escolhida depende das especificidades de cada obra, e somente um estudo técnico e econômico com detalhes pode garantir a escolha certa.

A seguir serão apresentados os tipos de blocos mais utilizados na alvenaria estrutural, tendo como foco os blocos estruturais de cerâmica, objetos de estudo deste trabalho.

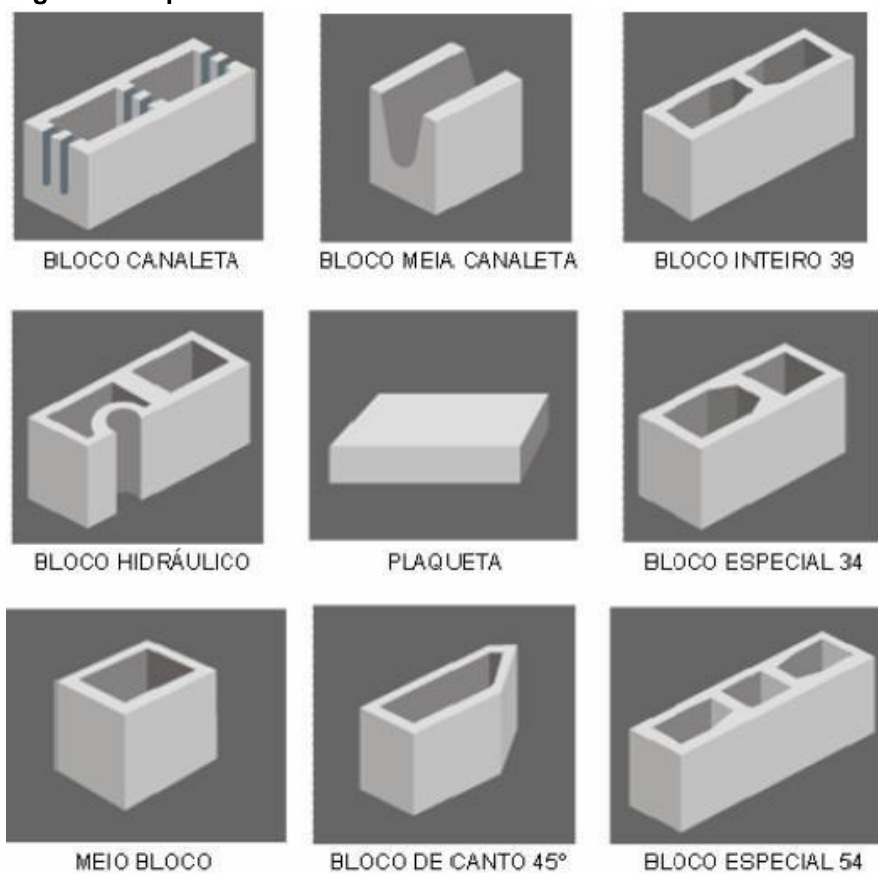
2.1.2.1 Blocos de concreto estrutural

São blocos constituídos essencialmente de concreto e obtidos por prensagem e vibração de concretos de consistência seca, moldados geralmente em formas metálicas de dimensões regulares, sendo devidamente adensados e curados em ambiente saturado por pelo menos sete dias, a fim de se garantir sua forma e propriedades, principalmente à resistência mecânica (SANTOS JÚNIOR, 2014).

Os blocos de concreto são geralmente mais resistentes que os blocos cerâmicos, possuindo resistência característica à compressão axial mínima, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2014), de 4,5 MPa para fins estruturais. O concreto utilizado para o preparo dos blocos se difere do concreto convencional utilizado na maioria dos canteiros de obras, visto que o agregado graúdo empregado possui dimensões menores.

Devido ao tamanho maior dos blocos, é possível ter agilidade na construção fazendo com que o levantamento das paredes seja mais rápido. Todavia, como esse tipo de bloco é geralmente 40% mais pesado que os blocos cerâmicos, seu manuseio no canteiro de obra pode ser um pouco mais complicado. O bloco de concreto pode ser revestido internamente com apenas uma demão de argamassa ou gesso e a cerâmica pode ser aplicada diretamente em sua superfície. Dessa forma é possível economizar com revestimento. Na Figura 6 é apresentado os principais tipos de blocos de concreto comercializados para fins estruturais.

Figura 6 – Tipos de blocos de concreto



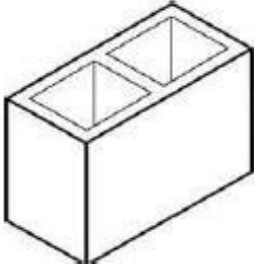
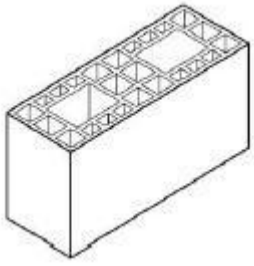
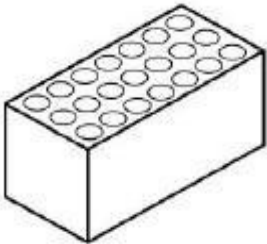
Fonte: Tecmold (2017).

2.1.2.2 Blocos cerâmicos estruturais

Os materiais cerâmicos são utilizados pelo homem desde 4.000 a.C., destacando-se pela sua durabilidade e pela facilidade de sua fabricação, dada a abundância da argila, isto é, a matéria-prima que origina (BRASIL, 2001).

Os blocos cerâmicos são obtidos através de argila, conforme já fora dito, e queimados no forno, possuindo furos que transpassam toda a peça. Segundo a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), o bloco cerâmico estrutural é o componente da alvenaria que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, e devem ter resistência mínima de 4,5 MPa à compressão, tendo disponíveis no mercado blocos de até 9,0 MPa de resistência. São classificados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de blocos cerâmicos estruturais

Tipo	Representação	Descrição
Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças		Componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças ou vazadas, sendo empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.
Bloco cerâmico estrutural com paredes vazadas		Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria não armada, armada e protendida.
Bloco cerâmico estrutural perfurado		Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada.

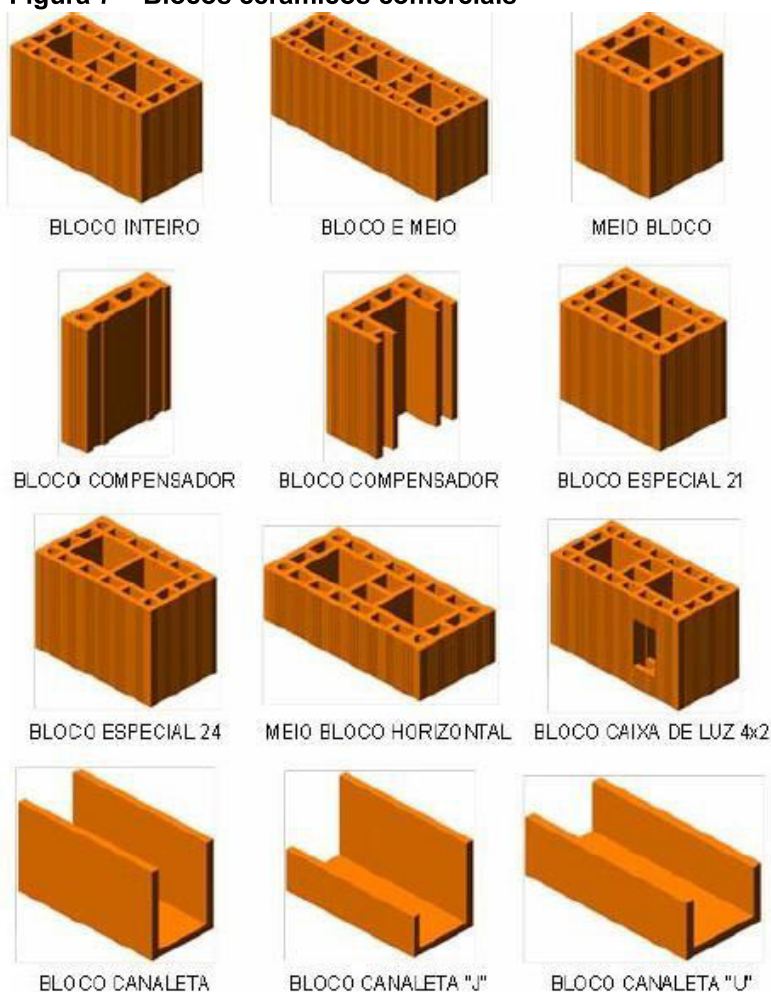
Fonte: NBR 15270-2 (ABNT, 2005).

Em comparação com os blocos de concreto, os blocos cerâmicos são mais leves (alguns fabricantes apontam cerca de 40%), e têm a vantagem de possuir melhor isolamento térmico e acústico, além de apresentarem menor custo. Porém, não alcançam índices de resistência à compressão semelhante com a mesma geometria dos blocos de concreto (REVISTA TÉCHNE, 1998).

O investimento em tecnologia nas construções de bloco cerâmico teve seu início há alguns anos, contudo, em muitas partes do país escutou-se notícias de insucesso em função da forma empírica que se construía e com pouca ou nenhuma base na normalização. Atualmente existe uma preocupação de se rever e estudar as normas vigentes, a fim de se aumentar a utilização dessa técnica construtiva com qualidade (ANTUNES, 2004).

A Figura 7 apresenta os principais tipos de blocos cerâmicos estruturais comercializados.

Figura 7 – Blocos cerâmicos comerciais



Fonte: Pauluzzi (2017).

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIAS

2.2.1 Contextualização

As patologias são bastante incidentes nas edificações brasileiras e trazem com elas o comprometimento direto da durabilidade dos empreendimentos. Caporrino (2015) afirma que Patologias das Edificações é a ciência que estuda as origens, as formas nas quais se apresentam, os aspectos, as possíveis terapias e como evitar que qualquer componente de uma edificação deixe de atender aos requisitos mínimos para os quais foi projetado. As anomalias nas alvenarias e revestimentos podem ocorrer, de maneira geral, em consequência de um projeto não adequadamente detalhado ou falhas na execução.

Ter conhecimento sobre as Patologias das Edificações se torna algo imprescindível para todos que trabalham na construção civil, indo desde o operário ao engenheiro. De acordo com Verçoza (1991), quando se conhece os problemas ou defeitos que uma construção pode vir a apresentar e suas causas, reduz-se as chances de se cometer erros técnicos. Segundo o mesmo autor, quanto maior a responsabilidade profissional na construção maior deve ser o conhecimento sobre as anomalias.

De acordo com Corsini (2010), as fissuras são um tipo de manifestação patológica comum nas edificações e podem interferir na estética, durabilidade e nas características estruturais da construção. Ainda segundo esse autor, as fissuras podem surgir na fase de projetos (arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalações), de execução da alvenaria, dos vários sistemas de acabamento e inclusive na fase de utilização, às vezes por mau uso da edificação.

Na maioria das situações a fissura é originada devido à atuação de tensões nos materiais. Quando a capacidade de resistência dos materiais é inferior às cargas solicitantes, as fissuras têm a tendência de aliviar essas tensões. Quanto maior forem as restrições impostas ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, mais significativas serão a intensidade e magnitude da fissuração (CORSINI, 2010).

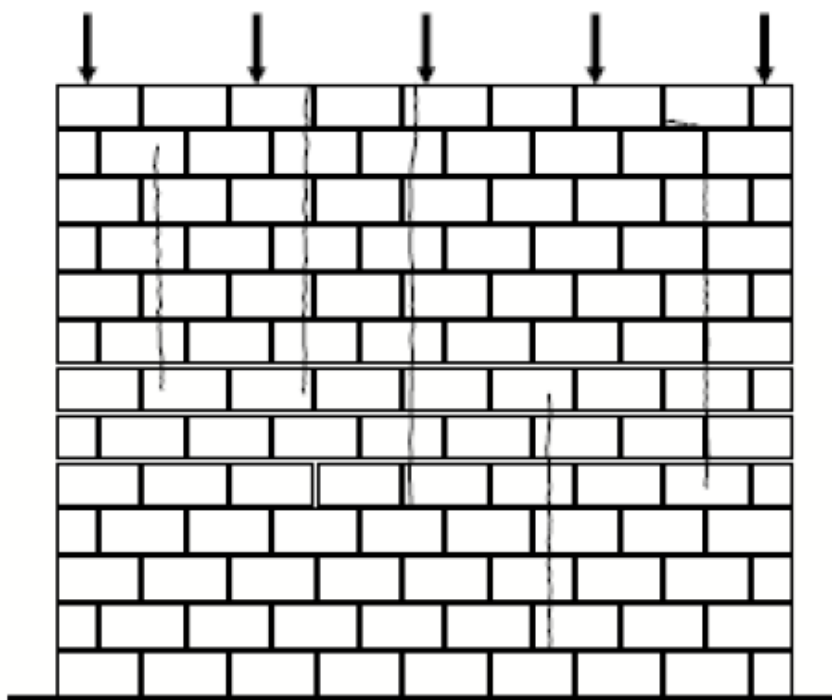
Sampaio (2010) ressalta as situações que podem ocasionar as fissuras: baixo desempenho às solicitações de tração, compressão, flexão e cisalhamento apresentado pelos componentes da alvenaria. Thomaz (2001) também destaca que outro fator que influi na fissuração é a utilização de materiais diferentes, com propriedades diferentes, como resistência mecânica, módulo de deformação longitudinal e coeficiente de Poisson, utilizados em conjunto.

2.2.2 Manifestações Patológicas em Alvenarias

São vários os fatores que podem causar fissuras em alvenarias, entre os quais recalques de fundação, movimentações higroscópicas, térmicas, retração de blocos ou outro elemento de concreto, sobrecargas, deformações de elementos da estrutura, reações químicas, detalhes construtivos mal executados, vibrações excessivas, dentre outros (THOMAZ, 2001).

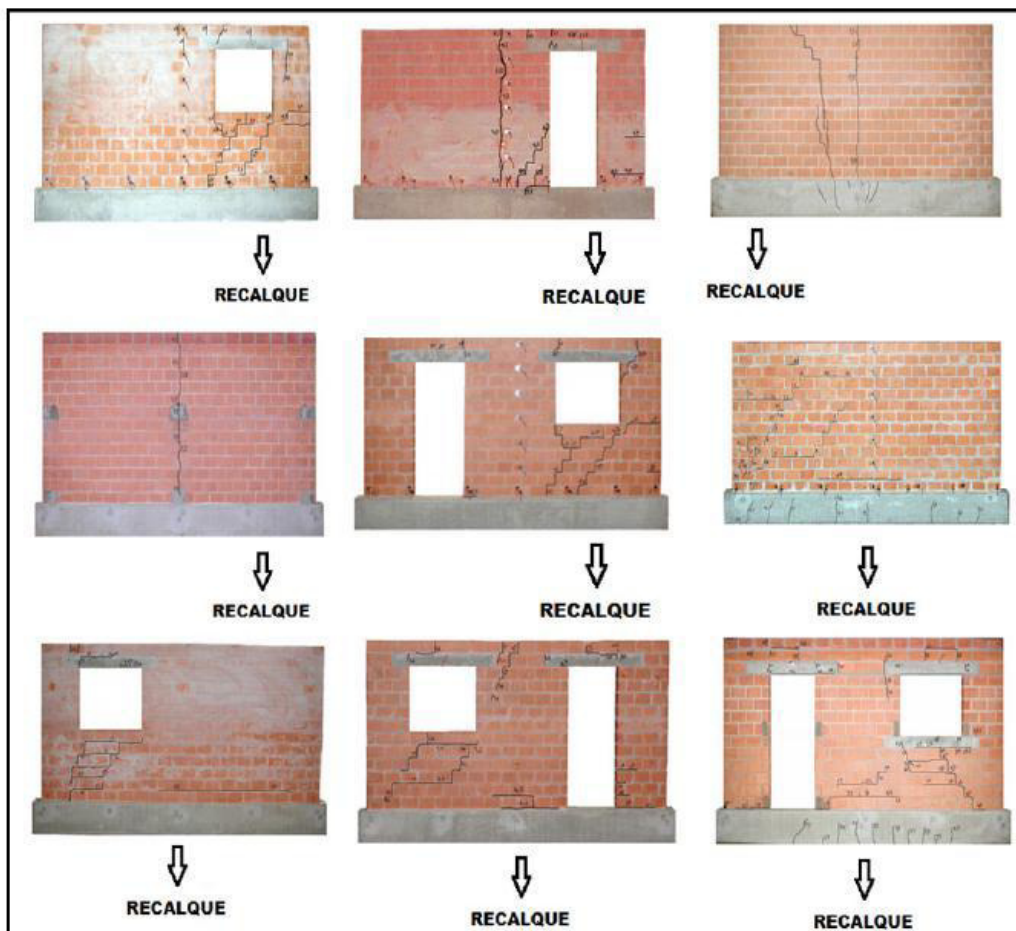
Abaixo as Figuras 8, 9, 10, e 11 ilustram exemplos de fissuras em alvenarias com diferentes causas de origem.

Figura 8 – Fissuras devido à sobrecarga de carregamento



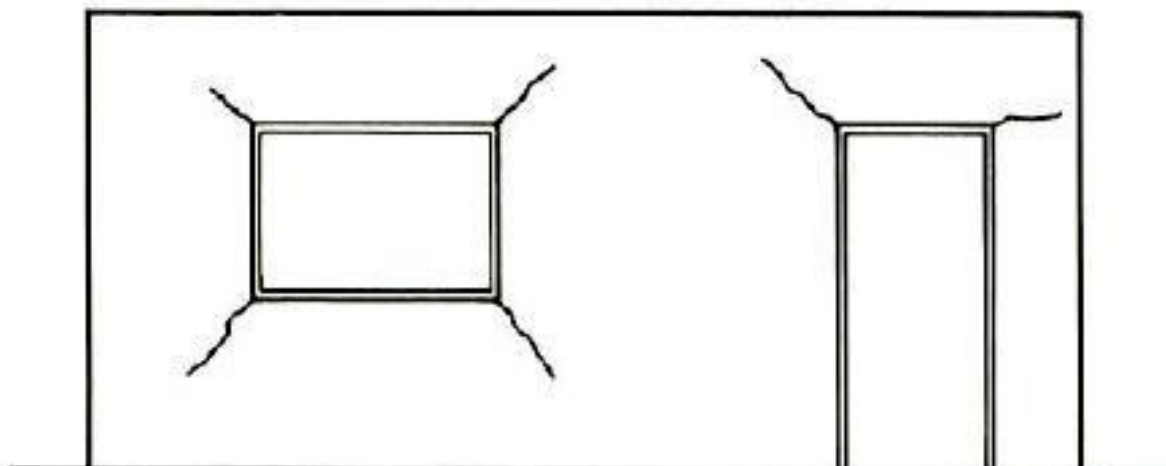
Fonte: Sampaio (2010).

Figura 9 – Fissuras devido a recalque de fundação



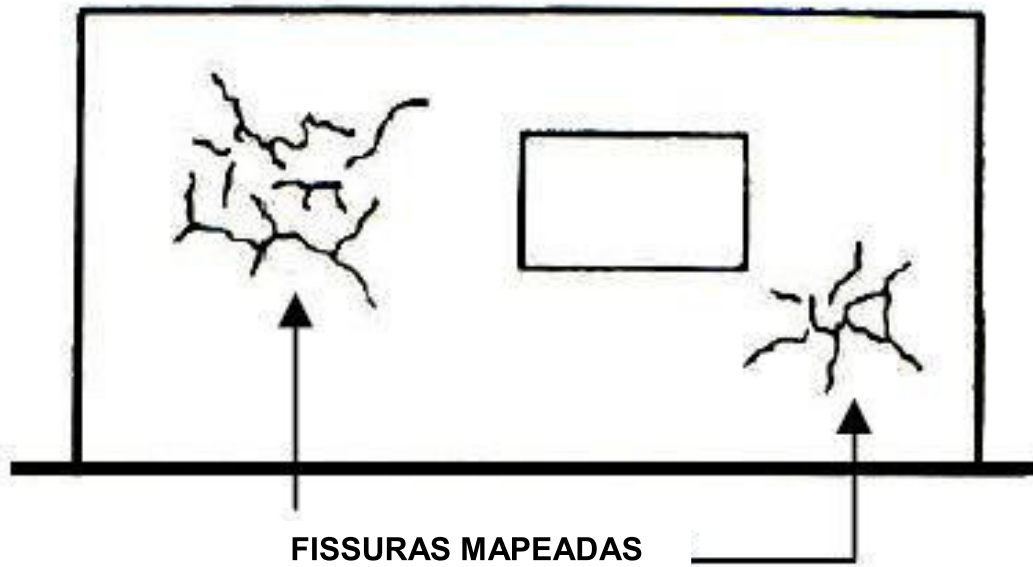
Fonte: Osvaldo e Ramalho (2008).

Figura 10 – Fissuras em aberturas, devido à ausência de verga e contraverga



Fonte: Thomaz e Helene (2000).

Figura 11 – Fissuras causadas por retração da argamassa



Fonte: Sampaio (2010).

3 METODOLOGIA

3.1 SELEÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Nessa etapa foram estabelecidos os critérios para seleção do objeto de estudo, conforme requisitos abaixo:

- Edificação vertical residencial com estrutura em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos localizada na cidade de São Luís – MA;
- Edificação com execução em andamento;

O objeto de estudo selecionado obedeceu aos critérios acima descritos. Trata-se de um conjunto habitacional em execução que faz parte do programa “Minha Casa, Minha Vida”, do governo federal.

O empreendimento estudado possui 35 torres (blocos) residenciais com quatro pavimentos: pavimento térreo, 2º pavimento, 3º pavimento e 4º pavimento. Cada pavimento é segmentado em dois lados: Lado A e Lado B, cada lado contém quatro apartamentos, resultando em oito apartamentos por andar, o que totaliza 32 apartamentos por torre. O estudo foi realizado nas três torres que se encontravam em execução durante a coleta de dados: Bloco 2 – 4º pavimento, Bloco 6 – 3º pavimento e Bloco 10 – 4º pavimento. Tanto o Lado A como o Lado B foram observados em cada pavimento, visto que sua execução se deu com equipes de colaboradores diferentes, ou seja, seis equipes distintas participaram da construção dos pavimentos selecionados.

3.2 AVALIAÇÃO DA EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS ESTRUTURAIS

Nessa etapa foram realizadas a coleta e tabulação de dados e a análise do procedimento de execução das alvenarias estruturais da edificação objeto de estudo, que foram implementadas através da elaboração de *check-list*, observação visual e imagens fotográficas, realizadas *in loco*.

Ressalta-se que o *check-list* apresentado abaixo, foi utilizado para coleta de dados do estudo de caso. O mesmo foi elaborado de acordo com os requisitos

estabelecidos na NBR 15812-2:2010 – Alvenaria estrutural – Blocos Cerâmicos
 Parte 2: Execução e Controle de Obras.

CHECKLIST DE INSPEÇÃO
EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Nome da empresa:

Nome do empreendimento:

Local do empreendimento:

Descrição do empreendimento:

Local inspecionado (torre/pavimento):

Data da inspeção:

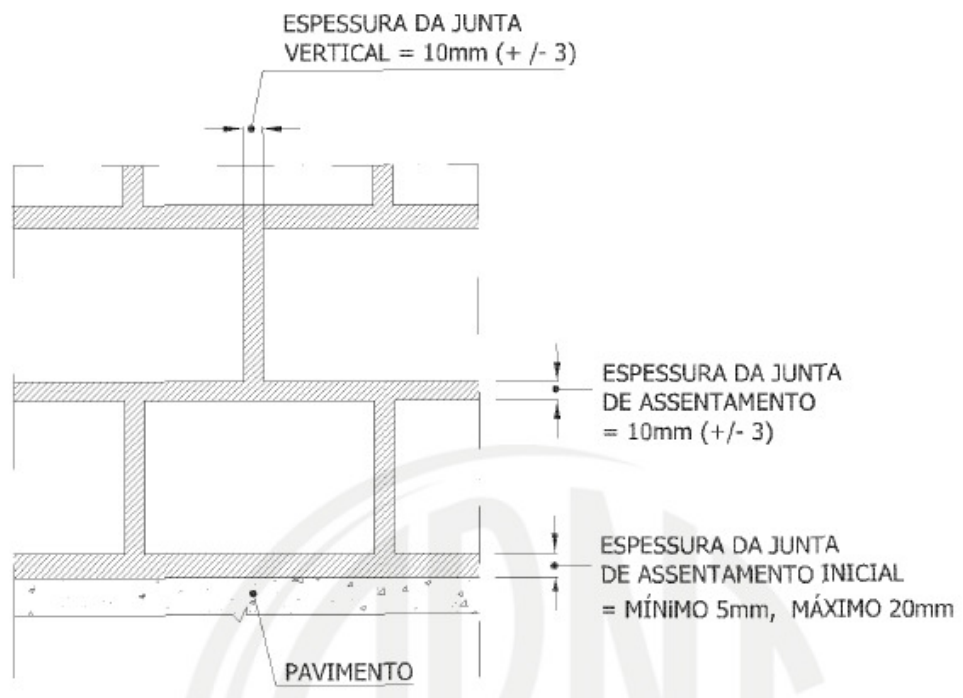
Exigência Normativa	S	N	P	Observações
1 - O posicionamento dos reforços metálicos e das tubulações de acordo com o projeto;				
2 - A limpeza do pavimento onde a alvenaria será executada quanto a materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa entre o bloco e o pavimento;				
3 - Os componentes blocos e peças pré-fabricadas devem estar limpos e isentos de materiais que prejudiquem sua aplicação e desempenho;				
4 - Os blocos depois de assentados, não devem ser movidos da sua posição para não perder a aderência com a argamassa;				
5 - As paredes de alvenaria devem ser executadas apenas com blocos inteiros e seus complementos. Para se utilizar peças cortadas, pré-fabricadas e pré-moldadas estas devem estar previstas no projeto de produção e obtidas mediante condições controladas;				
6 - Paredes não estruturais não devem ser amarradas diretamente a paredes estruturais;				
7 - A marcação da alvenaria influencia na precisão geométrica do conjunto de paredes que serão elevadas. Os eixos de referência das medidas que localizam as paredes, andar a andar, devem estar indicados no projeto. Portanto, a escolha dessas referências de forma a permanecerem as mesmas durante toda a execução dos elementos a elas dependentes é fundamental para a precisão dimensional da estrutura como um todo.				
8 - É vedado o uso de qualquer tipo de calço no assentamento dos blocos.				

Exigência Normativa	S	N	P	Observações
9 - O valor mínimo da espessura da junta horizontal de argamassa de assentamento dos blocos da primeira fiada é de 5 mm e o valor máximo não deve ultrapassar 20 mm, admitindo-se espessuras de no máximo 30 mm em trechos de comprimento inferiores a 50 cm. Caso a espessura da junta horizontal de argamassa de assentamento dos blocos da primeira fiada ultrapasse o valor máximo, deve ser feito um nivelamento com concreto com a mesma resistência da laje;				
10 - Durante a elevação das paredes, os blocos devem ser assentados e alinhados segundo especificado em projeto e de forma a exigir o mínimo de ajuste possível. Os blocos devem ser posicionados enquanto a argamassa estiver trabalhável e plástica e, em caso de necessidade de acomodação do bloco, a argamassa deve ser removida e o componente assentado novamente de forma correta.				
11 - Os cordões de argamassa devem ser aplicados sobre os blocos numa extensão tal que sua trabalhabilidade não seja prejudicada por exposição prolongada ao tempo e evitando-se a queda nos vazados dos blocos.				
12 - As juntas verticais e horizontais devem ter espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm), exceto as juntas horizontais da primeira fiada, como denota a Figura 12.				
13 - Para alvenarias revestidas: a argamassa deve ser rasada logo após o assentamento dos blocos de maneira a compor o plano da parede e sem apresentar rebarbas ou saliências.				
14 - A menos que especificado o contrário no projeto de produção das alvenarias, as juntas horizontais devem ser feitas com a colocação de argamassa sobre as faces laterais e sobre os septos transversais dos blocos.				
15 - As juntas verticais devem ser preenchidas mediante a aplicação de dois filetes de argamassa na parede lateral dos blocos, garantindo-se que cada um dos filetes tenha espessura não inferior a 20 % da largura dos blocos.				
16 - A argamassa não deve obstruir os vazios dos blocos (aquela retirada em excesso das juntas pode ser re-misturada à argamassa fresca).				
17 - A argamassa em contato com o chão ou andaime deve ser descartada e não pode ser reaproveitada.				
18 - As contravergas em vãos de janela podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute e armadura, peças moldadas no local ou peças pré-fabricadas, conforme especificado no projeto.				

Exigência Normativa	S	N	P	Observações
19 - Também devem ser previstas em projeto vigas armadas nos vãos de portas e janelas com apoio lateral mínimo de 30 cm em cada lado ou conforme especificado no projeto.				
20 - Na finalização das paredes de um pavimento, deve ser executada uma cinta de respaldo continua, solidarizando todas as paredes executada com blocos especiais, tipo canaleta ou com fôrmas para concreto. Esta cinta deve preceder a montagem das formas de laje.				
21 - As armaduras devem ser colocadas de tal forma que se mantenham na posição especificada durante o grauteamento e para tal finalidade podem ser utilizados arames, espaçadores, estribos, tarugos de aço e tarugos de massa.				
22 - Em nenhum caso é permitido o contato de metais de naturezas diferentes. Os fios, barras e telas de reforço imersos em juntas de argamassa devem ser de aço galvanizado ou de metal resistente à corrosão.				
23 - Quanto ao grauteamento, deve observar que os vazados não podem ter rebarbas de argamassa e as dimensões mínimas recomendadas são de 50 mm x 70 mm;				
24 - Antes de verter o graute, os furos devem estar perfeitamente desobstruídos, conforme Figura 13. Para tal, recomenda-se a limpeza das rebarbas de argamassa;				
25 - A altura máxima de lançamento do graute deve ser de 1,6 m. Recomenda-se a concretagem em duas etapas para os pés-direitos convencionais de 2,80 m, sendo a altura da primeira etapa definida pela altura das contravergas das janelas. Se o graute for devidamente aditivado, garantida a coesão sem segregação, a altura de lançamento máximo permitido é de 2,80 m;				
26 - O adensamento deve ser feito concomitantemente com o lançamento do graute e a armadura das paredes não deve ser utilizada como ferramenta de compactação;				
27 - No adensamento manual deve-se empregar haste entre 10 mm e 15 mm de diâmetro, devendo ter comprimento de forma a atingir o fundo do furo a preencher;				
28 - Os vazados devem ser grauteados no mínimo 24 h após a execução da alvenaria, a não ser que sejam preenchidos com a própria argamassa de assentamento;				
29 - Os pontos de visita dos vazios a grautear devem ter dimensão mínima de 7,0 cm de largura por 10 cm de altura e devem ser cuidadosamente limpos.				

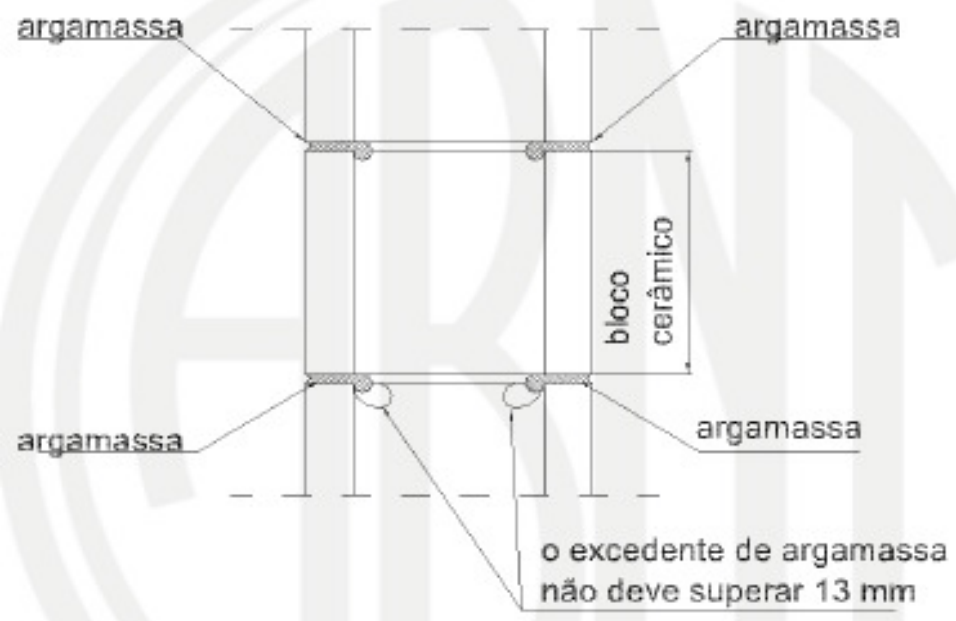
S – Sim; N – Não; P – Parcialmente.

FIGURA 12 – Espessura das juntas verticais e horizontais



Fonte: NBR 15812-2 (ABNT, 2010).

Figura 13 – Desobstrução dos furos



Fonte: NBR 15812-2 (ABNT, 2010).

3.3 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS PARA OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO CONSTRUTIVO

A implementação dessa etapa ocorreu após a realização da coleta, tabulação e análise de dados. Foram propostas melhorias ao processo construtivo analisado, com base nas não conformidades encontradas. A proposição de melhorias tem como escopo evitar a reincidência das não conformidades detectadas, a fim de mitigar problemas patológicos nas edificações devido às manifestações patológicas em potencial decorrentes dessas não conformidades. As melhorias propostas foram elaboradas com base nas bibliografias consultadas e detalhes construtivos observados.

4 ESTUDO DE CASO

Dentre os vinte e nove itens listados no *check-list* apresentado no Capítulo 3, dez não foram exatamente obedecidos na execução da alvenaria, conforme rege a norma NBR 15812-2 (ABNT, 2010). A Tabela 2 explana quais foram os itens que apresentaram não conformidades e os locais onde as mesmas foram observadas foram observados.

Tabela 2 – Não conformidades observadas

Item não conforme	Descrição do item	Bloco e lado identificados
5	As paredes de alvenaria devem ser executadas apenas com blocos inteiros e seus complementos. Para se utilizar peças cortadas, pré-fabricadas e pré-moldadas estas devem estar previstas no projeto de produção e obtidas mediante condições controladas.	10 Lado A e B
10	Durante a elevação das paredes, os blocos devem ser assentados e alinhados segundo especificado em projeto e de forma a exigir o mínimo de ajuste possível. Os blocos devem ser posicionados enquanto a argamassa estiver trabalhável e plástica e, em caso de necessidade de acomodação do bloco, a argamassa deve ser removida e o componente assentado novamente de forma correta.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
12	As juntas verticais e horizontais devem ter espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm), exceto as juntas horizontais da primeira fiada, como denota a Figura 12.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
13	Para alvenarias revestidas: a argamassa deve ser rasada logo após o assentamento dos blocos de maneira a compor o plano da parede e sem apresentar rebarbas ou saliências.	10 Lado A e B
14	A menos que especificado o contrário no projeto de produção das alvenarias, as juntas horizontais devem ser feitas com a colocação de argamassa sobre as faces laterais e sobre os septos transversais dos blocos.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
17	A argamassa em contato com o chão ou andaime deve ser descartada e não pode ser reaproveitada.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
21	As armaduras devem ser colocadas de tal forma que se mantenham na posição especificada durante o grauteamento e para tal finalidade podem ser utilizados arames, espaçadores, estribos, tarugos de aço e tarugos de massa.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
26	O adensamento deve ser feito concomitantemente com o lançamento do graute e a armadura das paredes não deve ser utilizada como ferramenta de compactação.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
27	No adensamento manual deve-se empregar haste entre 10 mm e 15 mm de diâmetro, devendo ter comprimento de forma a atingir o fundo do furo a preencher.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B
28	Os vazados devem ser grauteados no mínimo 24 h após a execução da alvenaria, a não ser que sejam preenchidos com a própria argamassa de assentamento.	2 Lado A e B 6 Lado A e B 10 Lado A e B

4.1 APRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES OBSERVADAS

Nessa etapa são ilustradas, descritas e comentadas as não conformidades detectadas durante a coleta de dados *in loco*. As mesmas estão apresentadas na ordem crescente dos itens mencionados no *check-list*.

- **Item 5 do *check-list***

Nesse item foi identificada a quebra de alguns blocos estruturais por parte dos pedreiros, conforme ilustram as Figuras 14 e 15, a fim de serem usados como complementos no painel da alvenaria, quando deveria ser usado o meio bloco estrutural ou o bloco compensador.

Figura 14 – Quebra de bloco realizada pelo pedreiro



Fonte: Próprio autor (2017).

Figura 15 – Bloco estrutural quebrado



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 10 do *check-list***

A Figura 16 ilustra o fato da argamassa utilizada para assentamento dos blocos ficava exposta ao sol forte durante várias horas, o que notadamente poderia prejudicar sua trabalhabilidade na hora da aplicação, devido a possível redução do teor de água de amassamento, o que provavelmente a tornaria mais seca.

Figura 16 – Argamassa exposta ao sol



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 12 do *check-list***

No item 12 foram observadas algumas juntas fora do limite de variação máxima permitido pela norma, como ilustram as Figuras 17 e 18, a seguir.

Figura 17 – Juntas mais espessas que o permitido pela norma



Fonte: Próprio autor (2017).

Figura 18 – Junta mal acabada e fora da variação permitida pela norma



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 13 do *check-list***

Com relação ao item 13 observou-se que a argamassa não foi corretamente rasada após o assentamento dos blocos, de modo que alguns painéis de alvenaria apresentaram rebarbas, conforme ilustra a Figura 19.

Figura 19 – Rebarbas e saliências na argamassa da parede elevada

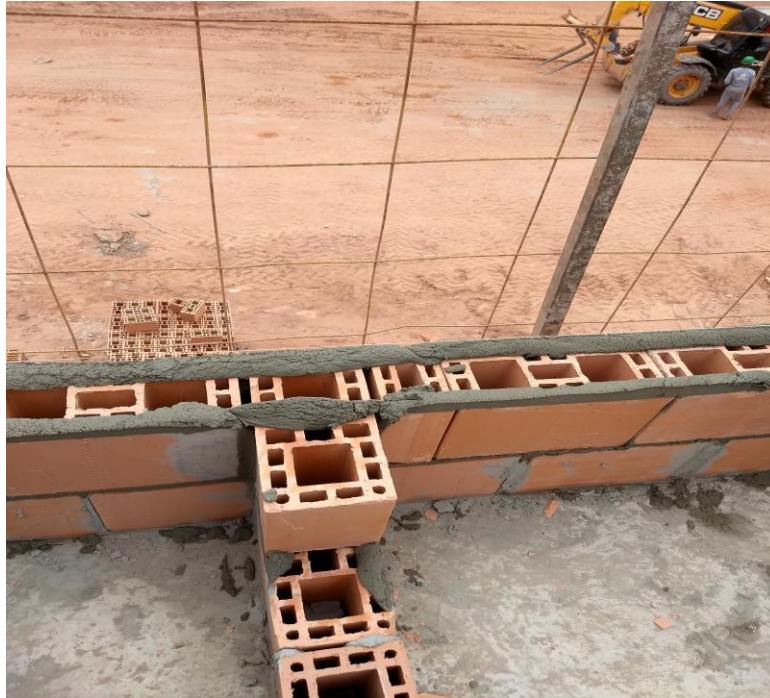


Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 14 do *check-list***

Nesse item a não conformidade provavelmente decorreu do fato da colocação de argamassa nas juntas horizontais dos blocos cerâmicos ser realizada somente nas faces laterais dos blocos, não havendo o preenchimento dos septos transversais (Figuras 20 e 21).

Figura 20 – Argamassa colocada somente nas faces laterais do bloco



Fonte: Próprio autor (2017).

Figura 21 – Blocos sendo assentados sem os septos transversais preenchidos



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 17 do *check-list***

No item 17 observou-se que a argamassa tinha contato frequente com o chão. Este, por sua vez, era usado como masseira, isto é, fazia a função de armazenar a argamassa que seria utilizada posteriormente, podendo contaminá-la com impurezas, conforme ilustram as figuras 22 e 23 a seguir.

Figura 22 – Argamassa em contato com o solo prestes a ser utilizada



Fonte: Próprio autor (2017).

Figura 23 – Trabalhador utilizando a argamassa em contato com o solo



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 21 do *check-list***

Nesse item foi identificado que as armaduras, por vezes, tinham que sofrer um deslocamento em sua parte inferior a fim de o bloco cerâmico poder ser colocado no devido lugar. Isto causou uma deformação no aço (Figura 24), comprometendo a resistência do mesmo.

Figura 24 – Armadura deformada para facilitar o encaixe do bloco



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 26 do *check-list***

Sobre o item 26, em todos os casos observados os trabalhadores utilizaram a própria armadura como ferramenta de compactação logo após o lançamento do graute, como ilustram as figuras 25 e 26 a seguir.

Figura 25 – Compactação do graute realizada com a armadura



Fonte: Próprio autor (2017).

Figura 26 – Trabalhador fazendo a compactação “manualmente”



Fonte: Próprio autor (2017).

- **Item 27 do *check-list***

Não identificada a disponibilidade, por parte da empresa, da haste metálica para uso pelos operários durante a execução dos serviços.

- **Item 28 do *check-list***

Nesse item foi verificado que o grauteamento ocorria logo após o assentamento dos blocos, não respeitando o prazo normativo de 24 horas, conforme ilustra a Figura 27.

Figura 27 – Grauteamento

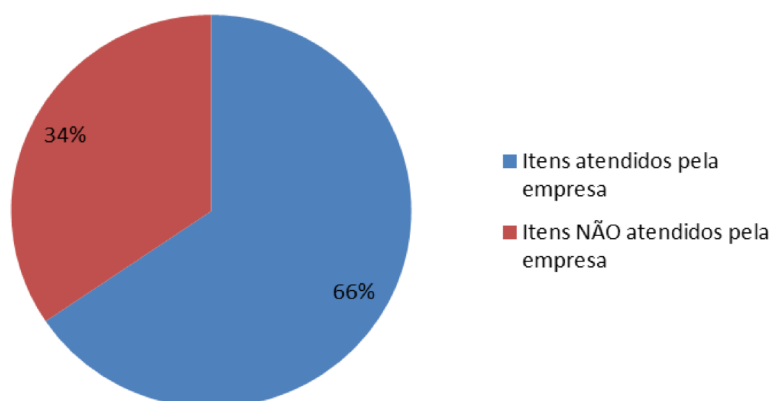


Fonte: Próprio autor (2017).

4.2 NÃO CONFORMIDADE X MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA EM POTENCIAL

Conforme fora descrito no início deste capítulo, a empresa analisada atendeu dezenove dos vinte e nove itens do *check-list*. Ou seja, a maior parte dos requisitos normativos observados foi atendida pela construtora (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Itens atendidos x não atendidos pela empresa

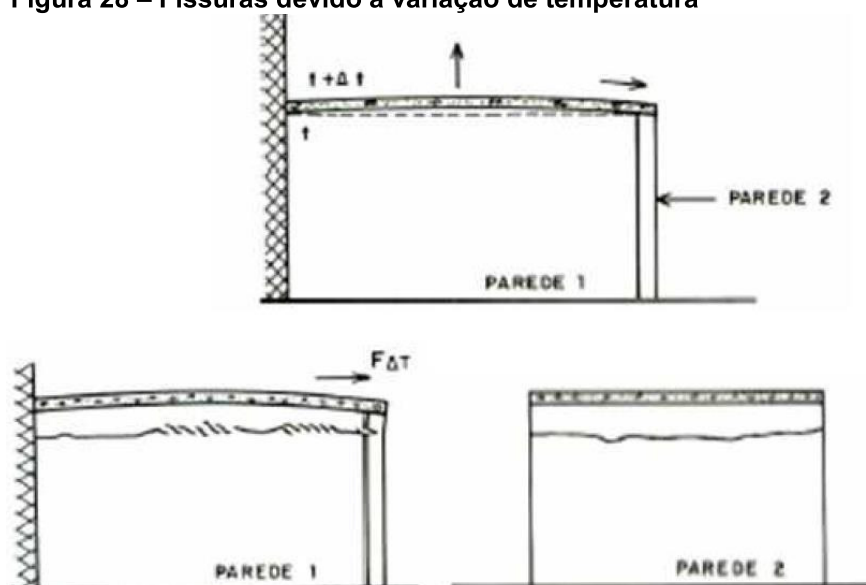


O não cumprimento ou o cumprimento parcial das exigências especificadas na norma 15812-2 (ABNT, 2010), identificadas quando da implementação do *check-list*, aumenta a probabilidade de haver consequências nas edificações a curto, médio e longo prazos, como a instabilidade e o surgimento de patologias nas construções.

Considerando as não conformidades detectadas, se pode observar que as mesmas estão diretamente relacionadas ao surgimento de fissuras nas alvenarias. Observa-se que, diversas são as maneiras que essas fissuras podem se apresentar numa edificação, seja esta de qual tipo for. Na alvenaria estrutural, não é diferente. Segundo Caporrino (2015), edificações que utilizam desse método construtivo podem apresentar três tipos de fissuras que são diretamente relacionadas ao processo de execução da estrutura, os quais estão explanados a seguir.

O primeiro tipo, denominada neste trabalho como F1, refere-se a fissuras de cisalhamento devido à dilatação térmica da estrutura, cujo desenvolvimento ocorre, predominantemente, nos últimos pavimentos da edificação, pois estes são mais sujeitos às intempéries ambientais. Segundo Thomaz (2001), as paredes autoportantes sofrem tensões de tração e de cisalhamento decorrentes da dilatação plana das lajes e alargamento provocado pelo gradiente de temperaturas ao longo de suas alturas, gerando fissuras desenvolvidas quase que exclusivamente nas paredes. As características típicas dessa anomalia são traçados horizontais paralelos ao comprimento da laje e perpendiculares às resultantes de tração, conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28 – Fissuras devido à variação de temperatura

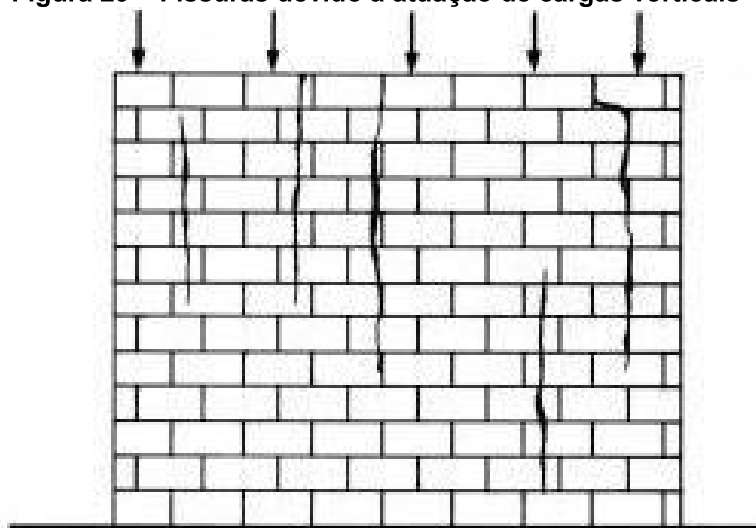


Fonte: Thomaz (2001).

De acordo com Caporrino (2015), uma das principais causas para aparição dessas fissuras é a ligação inadequada entre a estrutura, no caso da alvenaria estrutural, a laje de concreto armado, e alvenaria, isto é, a qualidade da argamassa utilizada e sua correta aplicação, seja na ligação laje-alvenaria ou na execução das juntas horizontais e verticais, são primordiais para evitar esse tipo de fissura.

O segundo tipo de fissuras apresentado pela mesma autora trata e das fissuras devido à atuação de cargas verticais. Essas fissuras são denominadas nesse trabalho como F2. As mesmas se apresentam em trecho contínuo das alvenarias estruturais, desenvolvendo-se, predominantemente, na vertical e principalmente na região superior da alvenaria, logo abaixo da aplicação da carga, como ilustra a Figura 29. Elas ocorrem devido à atuação de sobrecargas na estrutura, ou seja, os blocos estruturais, conjuntamente com as armaduras e o graute aplicado, não são resistentes o suficiente para suportarem a carga a que estão sujeitos.

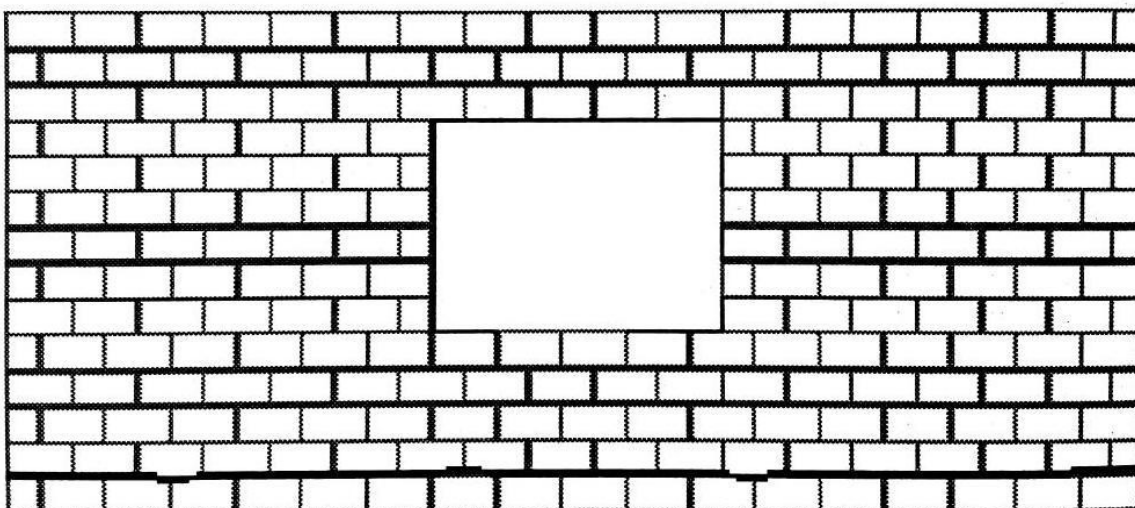
Figura 29 – Fissuras devido à atuação de cargas verticais



Fonte: Caporrino (2015).

O terceiro tipo de fissuras, denominado nesse trabalho de F3, decorrem de movimentações higroscópicas, que se dão, predominantemente, nas juntas horizontais da parede de alvenaria estrutural, especialmente na junta entre a primeira e a segunda fiadas acima do solo, como mostra a Figura 30, pois essa é a junta mais inferiormente localizada, o que a torna mais sujeita à presença de água por capilaridade e respingos. Semelhantemente ao primeiro tipo de fissuras apresentado, o cuidado com a condição, características e execução da argamassa de assentamento são muito importantes na prevenção dessa manifestação patológica.

Figura 30 – Fissuras devido a movimentações higroscópicas



Fonte: Caporrino (2015).

Diante do contexto apresentado, a Tabela 3 relaciona os itens de não conformidade com a manifestação patológica em potencial identificada, isto é, possíveis consequências patológicas que podem apresentar-se na estrutura em razão da não observação da exigência normativa.

Tabela 3 – Relação entre não conformidades e manifestações patológicas em potencial

Item do check-list	Manifestação patológica em potencial
5	Fissura Tipo 2
10	Fissura Tipo 1 Fissura Tipo 3
12	Fissura Tipo 1 Fissura Tipo 3
13	Fissura Tipo 3
14	Fissura Tipo 1 Fissura Tipo 2 Fissura Tipo 3
17	Fissura Tipo 1 Fissura Tipo 3
21	Fissura Tipo 2
26	Fissura Tipo 2
27	Fissura Tipo 2
28	Fissura Tipo 2

Legenda:

Fissura Tipo 1: Fissuras de cisalhamento devido à dilatação térmica da estrutura

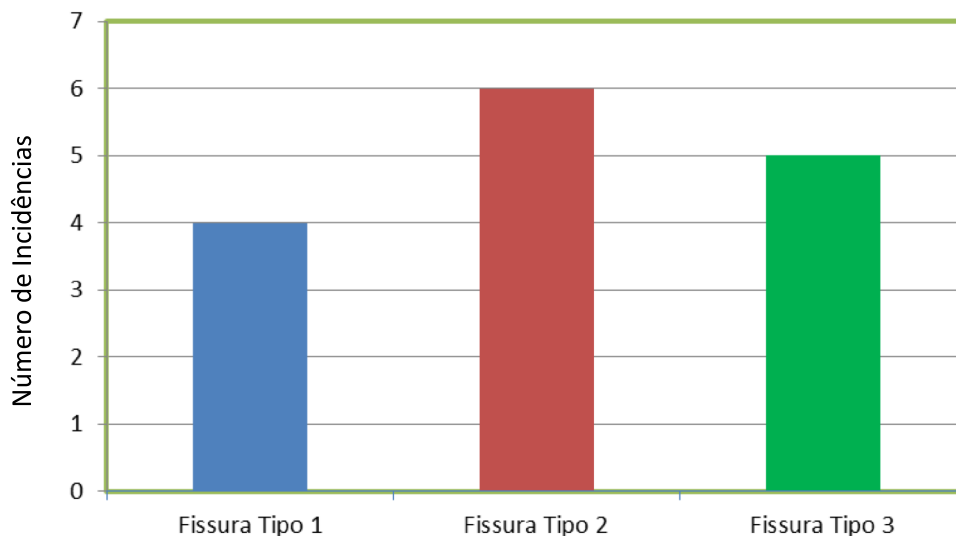
Fissura Tipo 2: Fissuras devido à atuação de cargas verticais

Fissura Tipo 3: Fissuras devido às movimentações higroscópicas

4.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

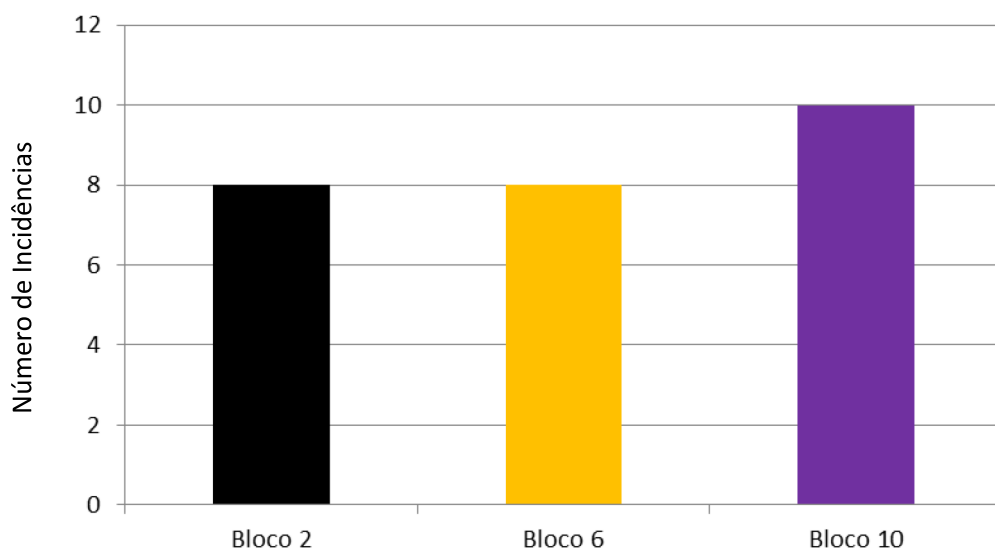
A Tabela 3 indica que a manifestação patológica em potencial que mais se repete em relação aos itens de não conformidade do *check-list* é a fissura do tipo 2, ocorrendo em seis dos dez itens listados, seguida pela fissura tipo 3 e fissura tipo 1, com cinco e quatro ocorrências, respectivamente, conforme ilustra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Incidência das fissuras nos itens



A partir da observação da Tabela 2, verifica-se que o bloco residencial identificado com maior número de não conformidades é o bloco 10, sendo o mesmo citado em todos os dez itens que não estão de acordo com a norma, enquanto que os demais blocos, 2 e 6, apresentam-se em oito itens. O Gráfico 3 ilustra a incidência dos itens não conformes por torre inspecionada.

Gráfico 3 – Incidência de não conformidade por torre



4.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Diante dos problemas expostos anteriormente observa-se a necessidade de haver a revisão dos procedimentos de execução de serviços relacionados ao tema estudado, a fim de promover melhorias técnicas nos processos construtivos da empresa, com o intuito de mitigar a ocorrência de patologias nas edificações.

Conforme fora apresentado nos tópicos anteriores, as fissuras devido à atuação de cargas verticais são as mais propensas a atingirem as torres observadas, requerendo assim, por parte da empresa, uma atenção maior nas etapas da execução que interferem diretamente nesse quesito e posterior acompanhamento nas torres residenciais mesmo após serem entregues aos clientes, pois esse tipo de manifestação patológica, dentre as três apresentadas, é a que se relaciona mais diretamente com a parte estrutural da edificação. Sugere-se fazer um treinamento mais intensificado e qualificado com as equipes de execução, bem como um acompanhamento diário realizado por profissionais capacitados durante a elevação da alvenaria, a fim de diminuir os riscos que envolvem esse tipo de fissura.

Ressalta-se que, a torre 10 é a mais sujeita à incidência das manifestações patológicas citadas neste trabalho, sendo necessário haver uma inspeção cuidadosa da mesma antes e após sua conclusão, além de vistorias e manutenção pós-entrega, caso haja o surgimento das fissuras em epígrafe.

Conforme o Gráfico 1 aponta, as fissuras causadas por movimentações higroscópicas são o segundo tipo mais propenso a ocorrerem nos blocos. Recomenda-se evitar sempre a presença de água na alvenaria concluída, além de realizar a impermeabilização adequada na fundação, assim como prover a edificação com dispositivos construtivos que afastem a água das paredes de alvenaria, como rufos e chapins. Observa-se que a empresa responsável pela construção das torres objeto de estudo deste trabalho faz o uso dos dispositivos mencionados, conforme verificado *in loco*. Medidas como essas corroboram para a prevenção de patologias muito comuns em diversas construções, como eflorescências (Figura 31) e fungos (Figura 32).

Figura 31 – Eflorescência



Fonte: Dreamstime (2017).

Figura 32 – Fungos

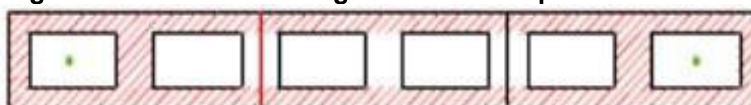


Fonte: Build Daily (2017).

A empresa construtora poderá realizar as melhorias propostas neste trabalho relacionadas à execução dos painéis de alvenaria estrutural para os seus próximos empreendimentos, a fim de mitigar o surgimento de não conformidades quando da etapa de execução das suas edificações. Ressalta-se que as medidas mencionadas a seguir, referentes aos itens que não foram observados durante a coleta de dados, serão eficientes na prevenção de patologias em potencial, sendo elas: fazer uso do compensador e/ou meio bloco a fim de evitar a quebra dos blocos estruturais; evitar

a exposição ao sol da argamassa de assentamento; preencher os septos transversais dos blocos estruturais com argamassa na execução de juntas horizontais, conforme ilustra a Figura 33; fazer uso apenas das argamassas que estão acondicionadas nas masseiras, evitando a reutilização da argamassa em contato com o chão ou andaime; realizar o adensamento do graute fazendo uso da haste metálica normatizada; realizar o grauteamento das paredes obedecendo a cura mínima de 24h após a conclusão da execução das mesmas.

Figura 33 – Cordões de argamassa nos septos transversais



Fonte: Acetti (2017).

5 CONCLUSÃO

A partir do que fora apresentado neste trabalho pode-se concluir que o mesmo:

- Contribuiu com a investigação e estudo sobre a identificação de patologias em potencial através da análise da execução de um empreendimento construído em alvenaria estrutural na cidade de São Luís/MA;
- Apresentou sugestões e melhorias no processo construtivo;
- Contribuirá positivamente com o padrão de qualidade das edificações;
- Promoverá ganhos nos aspectos relacionados à segurança no trabalho;
- Fomentará a prevenção das patologias nas alvenarias estruturais.

Ao término das análises foi possível identificar as fissuras que tem mais probabilidade de incidirem sobre as edificações, que são as fissuras devido à atuação de cargas verticais, bem como o bloco/torre mais suscetível à aparição de manifestações patológicas, que é o bloco 10. Os dados aqui reunidos e tabulados serão apresentados à empresa, para que a mesma tome as devidas providências para esse empreendimento como também para futuras construções.

A atenção aos detalhes construtivos, preocupação com escolha e compra de materiais corretos a serem empregados, o acompanhamento de um profissional capacitado durante a execução e mão de obra qualificada, são alguns dos fatores determinantes na manifestação ou não de fissuras em alvenaria estrutural, visto que o descumprimento ou negligência por parte de qualquer empresa em relação a esses componentes, por certo, implicará na aparição de manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

ACETTI, Kristiane Mattar. **Contribuições ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria.** Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/6196815/alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 17 dez. 2017

ANTUNES, B. Alvenaria estrutural: sistema em evolução. **Revista Construção Mercado.** São Paulo, n. 41, p. 151 – 156, dez. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Mãos a Obra pro4.** 1edição. Câmara brasileira do livro, SP Brasil. Alaúde editorial LTDA. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de Revestimentos de Argamassa,** (s/d). Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6136:** blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 15270-1:** componentes cerâmicos - parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-2:** componentes cerâmicos - parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15812-2:** Blocos cerâmicos - parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 7170:** Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

BARROS, M.M.B. **Processo de Produção das alvenarias Racionalizadas.** São Paulo, EPUSP-PCC, 1998.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Bloco Cerâmico**, 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

BUILDDAILY. **Como Destruir o Fungo nas Paredes**. Disponível em: <<http://bulddailys.com/pt/pages/1647530>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: LTC, v. 5, 2006.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados**. São Paulo: Pini, 2015.

CARDOSO, F. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios**. São Paulo: EPUSP-PCC, 2001.

CERÂMICA 6. **Blocos Estruturais**. Disponível em: <<http://www.ceramica6.com.br/bloco-estrutural-estruturais-linha29-vertical.php>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

CERÂMICA SOLLO. **Tijolos Maciços**. Disponível em: <<http://ceramicasollo.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

CLARO, A.. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção I**. Florianópolis: UFCS, 2013.

CORSINI, R. Gesso Projetado. **Revista Equipe de Obra**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/43/gesso-projetado-saiba-quais-os-procedimentos-para-fazer-o-243493-1.asp>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?**. 2010. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-seoriginam-quais-os-tipos-179241-1.asp>>. Acesso em 22 mai. 2017.

DREAMSTIME. **Sais da Eflorescência.** Disponível em: <<https://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-royalty-free-sais-da-efloresc%C3%A2ncia-image32008818>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

FREITAS Jr. J. de A. **Notas de aula da disciplina Construção Civil II.** Curitiba: UFPR, 2012.

LEIAUT DICAS. **Dimensionamento de área/perímetro.** Disponível em: <<https://www.leiautdicas.com/2015/11/cap-1-dimensionamento-de-areaperimetro/>>. Acesso em 27 jun. 2017.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** Boletim Técnico – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MORAES, R. S. **Análise de sistemas mistos de concreto armado e alvenaria.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2012.

OLIVEIRA, Helison. **Tijolos maciços.** Disponível em: <<http://ceramicasollo.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

OSVALDO, G.H.J.; RAMALHO, M. A. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural.** Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, 2008.

PAULUZZI Blocos Cerâmicos. Sapulcaia do Sul. Disponível em: <<http://pauluzzi.com.br/>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

REVISTA TÉCNICA. São Paulo, n. 34, p. 26-31, mai./jun. 1998.

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

SABBATINI, F.H. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios.** São Paulo: EPUSP-PCC, 2003.

SAMPAIO, M. B. **Fissuras em edifícios residências em alvenaria estrutural.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo 2010.

SANTOS JÚNIOR, Luís Viana dos. **Projeto e execução de alvenarias: fiscalização e critérios de aceitação**. São Paulo: Pini, 2014.

SILVA, J. A. R. M.; ABRANTES, V. Avaliação do risco de fissuração de alvenarias de tijolo sob ações de carácter térmico. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO EM TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p. 87-94.

SILVA, L. M. B. **Desenvolvimento de um sistema especialista para o diagnóstico de fissuras em concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

SINAPROCIM – SINCIDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE CIMENTO. **Blocos de Concreto**. Disponível em: <http://www.sinaprocim.org.br/Upload/Esp_Tecn/blocos.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2017.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER. T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1998.

TAUIL, C. A; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

TECMOLD – Pisos e Blocos de Concreto. Disponível em: <<http://www.tecmold.com.br/web/blocos.php>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: co-edição IPT/EPUSP/PINI, 2001.

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

TRAMONTIN, A. P. **Avaliação experimental dos métodos de prevenção de fissuras na interface da alvenaria de vedação de pilar de concreto**. São Paulo. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Campinas, faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2005.

UFRGS. **Alvenaria estrutural.** Disponível em:
<<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em:
19 jun. 2017.

VERÇOZA, E. J. **Patologias das Edificações.** 1a Ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.

ZULIAN, C. S.; DONÁ, E. C.; VARGAS, C. L. **Notas de aula da disciplina de Construção Civil.** Paraná: UEPG-DEC, 2002.