

INCOMPATIBILIDADE DEFORMACIONAL COMO MECANISMO DE FORMAÇÃO DE FISSURAS NA INTERFACE ENTRE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIAS DE VEDAÇÃO

Reinan Tiago Fernandes dos Santos¹

¹*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia, Euclides da Cunha, Bahia, Brasil (reinantiago@gmail.com)*

Resumo: Este estudo realizou uma revisão narrativa da literatura sobre os mecanismos responsáveis pela formação de fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação. A análise evidenciou que a incompatibilidade deformacional entre os sistemas constitui a principal causa dessas manifestações, influenciada pelas propriedades dos materiais, deformações estruturais e práticas construtivas. Também foram discutidas diretrizes normativas e estratégias de prevenção.

Palavras-chave: Concreto armado; Alvenaria de vedação; Fissuração.

INTRODUÇÃO

A associação entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação constitui um dos sistemas construtivos mais empregados em edificações de múltiplos pavimentos, em razão de sua eficiência estrutural, viabilidade econômica e facilidade executiva. Tradicionalmente, as paredes de vedação são concebidas como elementos destinados exclusivamente à compartimentação dos ambientes e ao atendimento de requisitos de conforto térmico, acústico e estanqueidade. Entretanto, diversos estudos demonstram que, após sua execução, essas paredes passam a interagir mecanicamente com vigas e pilares, influenciando o comportamento global da estrutura. Essa interação altera a rigidez lateral da edificação, modifica a distribuição dos esforços internos e interfere diretamente nos deslocamentos e nos mecanismos de deformação do sistema estrutural, evidenciando que a alvenaria, embora não dimensionada para resistir às ações estruturais, participa do comportamento resistente da edificação (ANGEL et al., 1994; ALVA; MONTANDON, 2019; MESSAOUDI et al., 2022).

A interação entre concreto armado e alvenaria, contudo, é marcada pela incompatibilidade entre as propriedades mecânicas desses materiais. Enquanto o concreto armado sofre deformações decorrentes de carregamentos, retração, fluência e variações térmicas, a alvenaria apresenta comportamento distinto em função de sua elevada rigidez, anisotropia e movimentações higroscópicas. A diferença entre essas respostas mecânicas gera concentrações de tensões na interface entre os sistemas, favorecendo o aparecimento de fissuras que comprometem o desempenho funcional da edificação, reduzindo sua

estanqueidade, durabilidade e qualidade estética, além de aumentar os custos de manutenção. Nesse contexto, a fissuração na interface entre estrutura e vedação configura-se como uma das manifestações patológicas mais recorrentes em edifícios de concreto armado, sendo amplamente discutida na literatura técnica nacional e internacional (THOMAZ, 1989; JUSTE, 2001; TEIXEIRA, 2010).

Apesar dos avanços obtidos nas pesquisas sobre concreto armado, alvenaria e interação entre esses sistemas, o conhecimento disponível permanece fragmentado entre estudos voltados às propriedades dos materiais, às análises estruturais, aos modelos numéricos e às recomendações normativas (ANGEL et al., 1994; ALVA; MONTANDON, 2019; MESSAOUDI et al., 2022). Embora esses trabalhos tenham ampliado a compreensão de aspectos específicos do comportamento da interface estrutura-vedação, ainda são limitadas as abordagens que integram, de forma sistemática, os diferentes mecanismos responsáveis pela formação das fissuras em condições usuais de serviço, especialmente aqueles relacionados à incompatibilidade deformacional entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação. Essa lacuna dificulta a consolidação de diretrizes que subsidiem o projeto, a execução e o diagnóstico das manifestações patológicas, evidenciando a necessidade de reunir criticamente as evidências disponíveis para construir uma visão abrangente dos fatores envolvidos na origem dessas fissuras e das estratégias empregadas para sua prevenção.

Diante desse contexto, emerge a seguinte questão de pesquisa: quais fatores relacionados às propriedades mecânicas dos materiais, aos mecanismos de interação



entre estrutura e vedação e às práticas construtivas são apontados pela literatura como determinantes para a formação de fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação?

Para responder a essa questão, este trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão crítica da literatura acerca dos mecanismos responsáveis pela formação de fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação, discutindo suas causas, padrões de ocorrência, diretrizes normativas e estratégias de prevenção. Como objetivos específicos, busca-se: (i) caracterizar as propriedades mecânicas do concreto armado e da alvenaria relacionadas à incompatibilidade deformacional; (ii) analisar os mecanismos responsáveis pela formação das fissuras na interface entre estrutura e vedação; (iii) identificar os principais padrões geométricos de fissuração descritos na literatura; (iv) discutir as recomendações normativas relacionadas ao desempenho das vedações verticais; e (v) sintetizar as principais estratégias preventivas e mitigadoras apresentadas pelos estudos nacionais e internacionais.

Por fim, adota-se como pressuposto de pesquisa que as fissuras desenvolvidas na interface entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação decorrem predominantemente da incompatibilidade deformacional entre esses sistemas, sendo sua ocorrência intensificada por fatores relacionados às propriedades mecânicas dos materiais, ao detalhamento de projeto, aos procedimentos executivos e à insuficiente compatibilização entre estrutura e vedação. A reunião crítica das evidências disponíveis permitirá compreender de forma integrada esses mecanismos e contribuir para o aperfeiçoamento das práticas de projeto, execução e manutenção das edificações.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, desenvolvida por meio de uma revisão narrativa da literatura, cujo propósito consiste em reunir, sistematizar e analisar criticamente o conhecimento científico disponível acerca dos mecanismos responsáveis pela formação de fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação. A opção pela revisão narrativa fundamenta-se na necessidade de integrar evidências provenientes de diferentes tipos de publicações, permitindo uma compreensão abrangente dos fatores mecânicos, construtivos e normativos relacionados ao fenômeno investigado.

O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados científicas nacionais e internacionais, incluindo Google Scholar, Portal de Periódicos da CAPES, Scopus e Web of Science, além de dissertações, teses, livros técnicos e normas brasileiras relacionadas ao tema. Foram priorizadas publicações

reconhecidas pela literatura especializada, incluindo estudos experimentais, investigações numéricas, revisões técnicas e documentos normativos que abordassem direta ou indiretamente a incompatibilidade deformacional entre estrutura e vedação.

A seleção das referências foi orientada por critérios de pertinência temática. Foram incluídos estudos que tratassem de pelo menos um dos seguintes aspectos: propriedades mecânicas do concreto armado e da alvenaria; fenômenos de retração, fluência e deformações diferenciais; mecanismos de formação de fissuras; padrões geométricos de fissuração; comportamento da interface estrutura-vedação; desempenho das vedações verticais; recomendações normativas; e estratégias de prevenção ou mitigação das manifestações patológicas. Foram excluídos estudos cujo enfoque estivesse restrito ao dimensionamento estrutural sem abordar a interação com as vedações, bem como publicações sem relação direta com o objeto desta revisão.

Após a seleção das referências, procedeu-se à leitura integral dos documentos, seguida da extração e organização das informações relevantes. Posteriormente, realizou-se uma análise qualitativa e comparativa dos estudos, buscando identificar convergências, divergências, limitações e lacunas do conhecimento relacionadas ao comportamento da interface entre concreto armado e alvenaria. A análise privilegiou a interpretação crítica das evidências apresentadas pelos diferentes autores, evitando a simples descrição individual dos trabalhos consultados.

Para sistematizar a discussão, os estudos foram organizados em cinco categorias analíticas, definidas de acordo com os objetivos da pesquisa: (i) propriedades mecânicas do concreto armado e da alvenaria relacionadas à incompatibilidade deformacional; (ii) mecanismos de formação das fissuras na interface entre estrutura e vedação; (iii) padrões geométricos de fissuração; (iv) diretrizes normativas e requisitos de desempenho aplicáveis às vedações verticais; e (v) estratégias de prevenção e mitigação das fissuras descritas na literatura. Essa organização permitiu integrar os resultados de diferentes pesquisas, favorecendo a identificação das principais evidências científicas e das lacunas ainda existentes sobre o tema.

Por se tratar de uma revisão narrativa da literatura, não foram empregados procedimentos estatísticos, metanálise ou métodos quantitativos de síntese. A discussão concentrou-se na interpretação crítica das evidências disponíveis, buscando compreender de forma integrada os fatores envolvidos na origem das fissuras e suas implicações para o projeto, a execução e o desempenho das edificações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades mecânicas do concreto armado e da alvenaria: incompatibilidade deformacional

O concreto armado e a alvenaria de vedação possuem naturezas mecânicas distintas que, quando integradas em edifícios de múltiplos pavimentos, resultam em estados de tensão complexos devido à sua falta de harmonia comportamental. O concreto armado é um material composto, constituído pela mistura de agregados, aglomerante e água, no qual a armadura de aço é introduzida para resistir aos esforços de tração, enquanto a matriz de concreto absorve as tensões de compressão (TEIXEIRA, 2010; FORTES et al., 2017). Por sua vez, a alvenaria de vedação é caracterizada como um componente heterogêneo e anisotrópico, formado por unidades (blocos cerâmicos ou de concreto) unidas por juntas de argamassa, cuja função primordial é o fechamento de vãos, não sendo geralmente dimensionada para suportar cargas estruturais além do seu peso próprio (BAUER, 2019; SILVA, 2003). A literatura técnica enfatiza que as paredes de alvenaria apresentam rigidez elevada, o que as impede de acompanhar as deformações da estrutura de suporte, configurando o fenômeno da incompatibilidade deformacional (ALLEN, 2013; SILVA, 2003). Segundo Teixeira (2010), a evolução tecnológica permitiu o projeto de estruturas de concreto mais esbeltas e flexíveis, enquanto os métodos de execução da alvenaria permaneceram conservadores, o que potencializou o surgimento de manifestações patológicas na interface entre os sistemas.

As deformações do concreto armado são governadas por fenômenos reológicos como a retração e a fluência, que provocam movimentações diferidas ao longo do tempo. A retração é definida como a redução do volume do concreto independentemente de cargas externas, ocorrendo tanto no estado plástico, devido à perda de água por evaporação, quanto no estado endurecido, subdividindo-se em componentes como retração plástica, autógena, térmica e por secagem — sendo esta última influenciada pela umidade relativa do ambiente e pela espessura da peça (FORIGO et al., 2016; MILAGRES, 2019). Paralelamente, a fluência (ou deformação lenta) manifesta-se como o aumento da deformação sob tensão de compressão constante, sendo influenciada pela idade do concreto no momento do carregamento e pela duração da carga (JUSTE, 2001; KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014).

De acordo com a NBR 6118 (2014), essas deformações são consideradas ações permanentes indiretas que devem ser previstas em projeto, pois alteram a distribuição de esforços e podem provocar fissuras em elementos não estruturais quando as tensões de tração superam a resistência do material. Em sentido oposto, a alvenaria pode sofrer expansão

por umidade — movimentação higroscópica que, ao ser restringida pela rigidez da estrutura, gera tensões internas e resulta em fissuras horizontais ou verticais (TEIXEIRA, 2010).

A interação entre esses fenômenos pode ser compreendida de forma esquemática na Figura 1. Enquanto o concreto armado sofre retração, fluência e deflexões decorrentes das ações permanentes e variáveis, a alvenaria apresenta comportamento distinto, caracterizado principalmente pela expansão higroscópica e elevada rigidez. A incompatibilidade entre essas deformações gera concentrações de tensões na interface entre vigas, pilares e painéis de vedação, favorecendo o surgimento das fissuras descritas pela literatura.

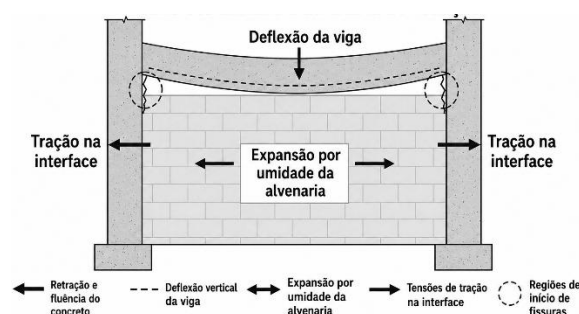


Figura 1 – Mecanismo de incompatibilidade deformacional entre concreto armado e alvenaria de vedação.

Entre os diversos parâmetros responsáveis por esse comportamento diferenciado, destaca-se o módulo de elasticidade, que influencia diretamente a capacidade de cada material em acomodar deformações. O módulo de elasticidade (ou módulo de Young) é o parâmetro fundamental que define a rigidez e a capacidade de absorção de deformações dos materiais (BEER, 2015; HIBBELER, 2017) e figura como parâmetro central na caracterização da incompatibilidade deformacional entre estrutura e vedação. Na alvenaria, esse módulo é influenciado pela interação entre bloco e argamassa de assentamento, sendo a argamassa geralmente o elo mais deformável e menos resistente do conjunto. Sabbatini (1984) aponta que a argamassa deve possuir módulo de elasticidade adequado para acomodar movimentações térmicas e de retração sem sofrer ruptura. Fortes et al. (2017) e Juste (2001) convergem ao descrever o mecanismo de ruptura: confinada entre os blocos, a argamassa entra em estado de compressão triaxial, enquanto os blocos são submetidos a tensões laterais de tração; a diferença de deformabilidade transversal faz com que a argamassa tenda a se expandir lateralmente mais do que os blocos, gerando tensões de cisalhamento na interface e fissuras verticais de tração nas unidades.



Esse comportamento foi quantificado experimentalmente por Fortes et al. (2017) em ensaios de paredes de alvenaria com blocos de concreto de alta resistência: os módulos de elasticidade secantes obtidos foram sempre superiores ao valor estimado pela NBR 15961-1 ($E = 800 \text{ fpk}$) no caso de paredes não grauteadas, com diferenças entre 50% e quase 100%, ao passo que, para paredes grauteadas, os valores ficaram mais próximos da estimativa normativa, variando entre 688 fpk e 848 fpk. Diversos resultados superaram, ainda, o limite de 16 GPa estabelecido pela norma brasileira, levando os autores a sugerir a eliminação desse limite para alvenarias de blocos de alta resistência — evidência de que a rigidez real da alvenaria pode divergir consideravelmente das previsões normativas, com implicações diretas sobre a forma como a vedação absorve ou resiste às deformações impostas pela estrutura.

Em sentido complementar, mas voltados a outro tipo de unidade, Paixão e Gerges (2007) determinaram experimentalmente módulos de elasticidade distintos para a alvenaria de tijolos cerâmicos maciços conforme a direção do carregamento em relação às juntas de argamassa: $E_y = 2,95 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ para carregamento perpendicular às juntas e $E_x = 1,89 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ para carregamento paralelo a elas. Segundo as autoras, essa anisotropia mecânica decorre da menor resistência e maior deformabilidade da argamassa em relação aos tijolos, principal responsável pelas alterações no módulo de elasticidade da parede quando confinada lateralmente sob estado triaxial de tensões.

A comparação entre os quatro estudos revisados revela uma convergência conceitual relevante: Fortes et al. (2017), Forigo et al. (2016) e Giroto, Barbosa e Maciel (2014) reconhecem que os modelos normativos simplificados — seja a estimativa de módulo de elasticidade da NBR 15961-1, seja o modelo de retração da NBR 6118 — apresentam desvios em relação aos resultados experimentais, sugerindo que sua aplicação direta pode subestimar ou superestimar as tensões geradas na interface estrutura-vedação. Há, contudo, divergência quanto ao enfoque material: Fortes et al. (2017) e Paixão e Gerges (2007) concentram-se nas propriedades mecânicas e elásticas da alvenaria (blocos de concreto e tijolos cerâmicos, respectivamente), enquanto Giroto, Barbosa e Maciel (2014) e Forigo et al. (2016) tratam exclusivamente do comportamento do concreto, sem abordar a interação física entre os dois materiais. Nenhum dos quatro estudos investiga conjunta e simultaneamente o comportamento do concreto armado e da alvenaria em uma mesma interface construtiva. Essa ausência evidencia uma lacuna na literatura consultada: falta quantificação experimental direta das tensões geradas pela incompatibilidade deformacional entre vigas de concreto armado e painéis de alvenaria, restando aos

estudos disponíveis apenas a caracterização isolada das propriedades de cada material.

3.2 Mecanismos de formação das fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação

Conforme discutido na subseção anterior, a fissuração na interface entre estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação resulta do alívio de tensões acumuladas entre esses elementos, ocorrendo sempre que a intensidade dos esforços impostos supera a capacidade de absorção dos materiais (THOMAZ, 1989). KOMARCHEUSKI e SILVA (2014), com base em Thomaz (1989) e Roman e Carvalho (2001), descrevem que, quando a viga de apoio e a viga superior se deformam de maneira distinta, a alvenaria — devido à forte ligação entre seus elementos — tende a redistribuir as cargas internamente, criando zonas mais rígidas e zonas mais deformáveis. Esse fenômeno é conhecido como "efeito de arco", no qual a parede se desliga da viga nos pontos de maior deformação, concentrando cargas próximas aos apoios. Diferentes padrões de fissuração surgem como consequência, variando conforme a relação entre as deformações da viga inferior e da superior.

No plano horizontal, o abatimento e o recalque plástico da argamassa de assentamento, somados à retração, podem provocar o destacamento da parede em relação à viga superior caso o encunhamento seja executado antes da estabilização do conjunto (THOMAZ, 1989). Já na interface vertical com os pilares, o mecanismo de fissuração associa-se com frequência ao destacamento por falta de ancoragem adequada ou a movimentações térmicas diferenciadas entre concreto e blocos (THOMAZ, 1989). A transferência de tensões entre bloco e argamassa revela um mecanismo específico: Fortes et al. (2017) e Juste (2001) explicam que a argamassa, mais deformável, entra em compressão triaxial sob carga, induzindo tensões de tração lateral nos blocos; quando a resistência à tração do bloco é superada, surgem fissuras verticais que se propagam pela parede. Comparando-se esse mecanismo vertical com os de origem horizontal e inclinada descritos acima, observa-se uma divergência de comportamento conforme a propriedade da argamassa: argamassas com alto módulo de elasticidade concentram as deformações em poucas fissuras de grande abertura, ao passo que argamassas mais deformáveis tendem a dissipar as tensões em microfissuras menos prejudiciais (JUSTE, 2001) — o que sugere que o mecanismo vertical, ligado à rigidez da argamassa, é mais controlável em projeto do que os mecanismos horizontal e inclinado, mais dependentes de deflexões estruturais e de condições higrótérmicas externas. Contudo, persistem lacunas na literatura nacional quanto ao estabelecimento de limites de flecha que garantam a integridade das alvenarias sob diferentes



tipos de blocos e argamassas, indicando a necessidade de maior investigação sobre a influência da fluência na redistribuição de cargas ao longo da vida útil do edifício (KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014; JUSTE, 2001).

3.3 Padrões geométricos de fissuração na interface entre estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação

A identificação dos padrões geométricos de fissuração é essencial para o diagnóstico das causas patológicas, já que a configuração das aberturas decorre diretamente do sentido das tensões atuantes sobre o sistema, conforme os mecanismos de alívio de tensão discutidos nas subseções anteriores. A literatura técnica classifica as fissuras em alvenarias de vedação principalmente segundo abertura, atividade e direção, sendo vertical, horizontal, diagonal (ou inclinada) e em degraus os padrões mais recorrentes (TEIXEIRA, 2010).

Os diferentes mecanismos de deformação discutidos anteriormente manifestam-se por meio de padrões geométricos distintos de fissuração, cuja identificação auxilia o diagnóstico das manifestações patológicas. As fissuras verticais são frequentemente observadas na interface entre a alvenaria e os pilares de concreto armado, decorrendo do destacamento entre os materiais por falta de ancoragem adequada ou de movimentações térmicas e higroscópicas que a rigidez do pilar impede de serem acompanhadas pela vedação (TEIXEIRA, 2010). O padrão horizontal, por sua vez, manifesta-se em três posições distintas da edificação, com causas próprias. No topo da parede, associa-se ao 'efeito de arco' causado pela deflexão da viga de suporte, que se descola da parede na região central de maior flecha (KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014); ao recalque plástico da argamassa de assentamento somado à retração, que pode causar abatimento da parede e formar um vazio horizontal sob a viga se o fechamento for executado precocemente (THOMAZ, 1989; MILAGRES, 2019).

As fissuras inclinadas ou diagonais relacionam-se tipicamente a estados de cisalhamento ou a movimentações diferenciais significativas. Segundo Thomaz (1989) e Teixeira (2010), fissuras inclinadas nos cantos de portas e janelas originam-se da concentração de tensões nessas aberturas, agravada pela flexão dos elementos estruturais adjacentes. Quando decorrentes de recalques diferenciais de fundação, tendem a ser mais largas e a inclinar-se na direção do ponto de maior recalque, diferenciando-se das fissuras de flexão por apresentarem esmagamentos localizados em forma de escamas (THOMAZ, 1989; TEIXEIRA, 2010). KOMARCHEUSKI; SILVA (2014) observam, ainda, que em painéis com comprimento superior à altura, a deformação da viga

inferior pode induzir fissuras inclinadas que sugerem o desprendimento de partes da parede.

Em síntese, observa-se convergência na literatura quanto à relação direta entre a geometria da fissura e a natureza do esforço solicitante, permitindo uma classificação padronizada dos padrões. Há, contudo, lacuna no detalhamento da transição entre rupturas por tração pura e por cisalhamento sob carregamento complexo. Enquanto autores como Juste (2001) priorizam o comportamento mecânico microscópico da interface bloco-argamassa, outros como KOMARCHEUSKI; SILVA (2014) e Teixeira (2010) enfatizam a interação macroscópica estrutura-vedação.

3.4 Diretrizes normativas e desempenho das vedações verticais

A normalização técnica brasileira para vedações verticais e estruturas de concreto passou por evoluções significativas, introduzindo conceitos fundamentais de desempenho, vida útil e durabilidade. Um marco desse processo foi a introdução da ABNT NBR 15575 em 2010, que consolidou o conceito de desempenho formulado originalmente pela ISO 6241, definindo vida útil como o período em que a estrutura e seus componentes satisfazem os requisitos de projeto sem intervenções imprevistas (MILAGRES, 2019). Complementarmente, a ABNT NBR 6118 (2014) estabelece que as soluções estruturais devem atender a requisitos de qualidade que garantam capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade, definindo vida útil de projeto como o tempo em que as características das estruturas se mantêm sem intervenções significativas, desde que respeitados os planos de manutenção (TEIXEIRA, 2010; ABNT, 2014).

No controle de fissuras e deslocamentos, a ABNT NBR 6118 (2014) define os Estados Limites de Serviço (ELS), subdivididos em formação de fissuras (ELS-F), abertura de fissuras (ELS-W) e deformações excessivas (ELS-DEF) (KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014; ABNT, 2014). Para elementos não estruturais, como as alvenarias de vedação, a norma prescreve limites de deslocamento após a construção da parede da ordem de $L/500$ ou 10 mm (TEIXEIRA, 2010; KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014).

Quanto à alvenaria estrutural e de vedação com blocos de concreto, as diretrizes da ABNT NBR 15961 estabelecem parâmetros para o cálculo da resistência e do módulo de elasticidade, este último comumente estimado como 800 vezes a resistência característica à compressão (800 fpk) (FORTES et al., 2017). Como já evidenciado experimentalmente na análise das propriedades mecânicas (item 3.1), essa estimativa normativa mostrou-se imprecisa para blocos de alta resistência (acima de 16 MPa): os valores reais tendem a ser superiores para paredes não grauteadas e



inferiores para paredes grauteadas, o que leva Fortes et al. (2017) a recomendar, por precaução, a adoção de coeficientes entre 600 e 650 fpk. Juste (2001) corrobora a visão de que a normalização nacional para alvenaria permanece menos amadurecida que a do concreto armado, ressaltando que normas como a NBR 10837 (1989) baseavam-se em adaptações de códigos estrangeiros, como o ACI 530, muitas vezes desconsiderando as peculiaridades dos materiais brasileiros — uma assimetria de maturidade normativa que ajuda a explicar por que os desvios entre previsão e comportamento real são mais acentuados na alvenaria do que no concreto armado.

A literatura aponta consenso sobre a importância da integração entre normas de materiais, como a NBR 12655 para o preparo do concreto e a NBR 13281 para argamassas industrializadas, na garantia do desempenho do sistema (TEIXEIRA, 2010; JUSTE, 2001). Persistem, contudo, lacunas significativas quanto à harmonização entre os limites de deformabilidade impostos pelas normas de estrutura e a capacidade de suporte das vedações (KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014). Diante das divergências normativas já identificadas — sobretudo quanto aos limites de flecha admissíveis e à precisão das estimativas de módulo de elasticidade —, os autores convergem ao afirmar que a mera obediência aos fatores limitantes normativos não garante a ausência de fissuras, sendo necessário o refinamento dos métodos de cálculo para compatibilizar as deformações diferenciais entre a estrutura flexível de concreto e a vedação rígida (JUSTE, 2001; KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014; FORTES et al., 2017).

3.5 Estratégias de prevenção e mitigação das fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação

A prevenção de manifestações patológicas na interface entre estrutura e vedação é apontada pela literatura como estratégia tecnicamente e economicamente superior ao tratamento corretivo, uma vez que os custos de intervenções pós-entrega são significativamente mais elevados (TEIXEIRA, 2010; MILAGRES, 2019). As estratégias mitigadoras concentram-se na compatibilização das deformações por meio de detalhes construtivos que permitem a absorção de tensões ou a livre movimentação dos elementos (THOMAZ, 1989; SABBATINI, 1984; TEIXEIRA, 2010). Os autores convergem ao afirmar que a eficácia dessas técnicas depende da correta especificação de materiais e de um rigoroso sequenciamento executivo, que deve considerar o tempo de maturação do concreto e a estabilização das deformações iniciais da estrutura (TEIXEIRA, 2010; KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014).

Para a interface vertical entre alvenaria e pilares — padrão de fissuração já discutido no item 3.3 —, a principal técnica descrita é a ancoragem metálica, com destaque para o uso de telas soldadas galvanizadas em substituição ao tradicional 'ferro cabelo' (TEIXEIRA, 2010). Na interface horizontal superior, a estratégia central de mitigação é o encunhamento (ou fixação), cuja escolha entre método rígido ou flexível depende da função pretendida para a alvenaria (THOMAZ, 1989; SABBATINI, 1984). Já para estruturas flexíveis sujeitas a grandes deflexões, a fixação flexível é amplamente defendida por utilizar materiais de baixo módulo de elasticidade, como o poliuretano expandido ou a 'argamassa podre' (traço rico em cal e pobre em cimento), capazes de absorver as movimentações estruturais sem transmitir esforços excessivos à vedação (SABBATINI, 1984; TEIXEIRA, 2010).

O controle das propriedades das argamassas — cujo mecanismo de concentração ou dissipação de tensões foi detalhado no item 3.2 — também atua como medida preventiva: argamassas com alto módulo de elasticidade tendem a concentrar tensões e gerar microfissuras, enquanto materiais mais deformáveis dissipam a energia em microfissuras imperceptíveis, preservando a estanqueidade do sistema (JUSTE, 2001). Como medidas complementares, Teixeira (2010) recomenda o reforço do revestimento com telas metálicas galvanizadas em regiões de alta concentração de tensões, como pavimentos sobre pilotis e últimos pavimentos, onde a amplitude térmica é maior. Outra solução, sugerida por Paixão e Gerges (2007) em um estudo originalmente voltado ao desempenho acústico, é a execução de conexões elásticas com borracha e silicone nas bordas da parede; embora não validada diretamente para o problema da incompatibilidade deformacional estrutural, a técnica é razoavelmente aplicável ao caso, na medida em que promove a dessolidarização e a redução da transmissão de vibrações e esforços entre os sistemas.

Existe consenso na literatura sobre a necessidade de retardar ao máximo a execução do encunhamento (pelo menos 14 a 28 dias após a alvenaria, ou até 70 dias após a laje) e de realizar a montagem das paredes do topo para a base do edifício, permitindo a deflexão gradual dos suportes (THOMAZ, 1989; SABBATINI, 1984; TEIXEIRA, 2010). Observa-se, contudo, divergência quanto aos limites exatos de deformabilidade que cada técnica suporta, e uma lacuna significativa no desenvolvimento de normas brasileiras específicas que padronizem os ensaios de módulo de elasticidade para o conjunto bloco-argamassa (JUSTE, 2001; KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014; FORTES et al., 2017). Os autores concluem que a mitigação eficiente requer a integração entre o projeto estrutural — que deve limitar as flechas de forma mais rigorosa do que os



mínimos normativos atuais — e o projeto de vedações, que deve detalhar as juntas de movimentação e os materiais de interface (KOMARCHEUSKI; SILVA, 2014; MILAGRES, 2019).

CONCLUSÃO

A presente revisão de literatura teve como objetivo analisar criticamente os mecanismos responsáveis pela formação de fissuras na interface entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação, reunindo evidências acerca das propriedades mecânicas dos materiais, dos mecanismos de interação entre estrutura e vedação, dos padrões geométricos de fissuração, das diretrizes normativas e das principais estratégias preventivas descritas na literatura. A análise realizada permitiu responder à questão de pesquisa ao demonstrar que o surgimento dessas manifestações patológicas está associado, predominantemente, à incompatibilidade deformacional existente entre os dois sistemas construtivos.

Os estudos revisados evidenciaram que o concreto armado e a alvenaria apresentam comportamentos mecânicos distintos diante das ações permanentes e das variações ambientais. Enquanto o concreto sofre retração, fluência e deformações decorrentes dos carregamentos ao longo do tempo, a alvenaria responde principalmente às movimentações higroscópicas, às variações térmicas e às características próprias de sua composição. A interação entre esses fenômenos gera concentrações de tensões nas interfaces entre vigas, pilares e painéis de vedação, favorecendo o aparecimento de fissuras verticais, horizontais e inclinadas, cuja geometria depende diretamente do mecanismo de deformação predominante.

A revisão também demonstrou que, embora existam avanços significativos na caracterização isolada do comportamento do concreto armado e da alvenaria, ainda são escassos os estudos que investigam experimentalmente a interação simultânea entre esses materiais em condições reais de serviço. Da mesma forma, verificou-se que as prescrições normativas atualmente disponíveis não contemplam de forma suficientemente integrada os efeitos da incompatibilidade deformacional, especialmente quanto aos limites de deslocamentos estruturais compatíveis com o desempenho das vedações e à representação do comportamento conjunto estrutura-vedação.

No âmbito das estratégias preventivas, observou-se consenso quanto à importância da compatibilização entre os projetos estrutural e de vedação, da limitação das deformações da estrutura, da especificação adequada de argamassas e elementos de ligação, da execução correta do encunhamento e da adoção de detalhes construtivos capazes de acomodar movimentações diferenciais. A literatura converge ao

indicar que a prevenção das fissuras depende da atuação integrada desde a fase de projeto até a execução da obra, superando a abordagem tradicional que considera a alvenaria apenas como elemento não estrutural.

Como principal contribuição, esta revisão reúne e integra evidências dispersas na literatura nacional e internacional, oferecendo uma visão sistematizada dos mecanismos responsáveis pela incompatibilidade deformacional entre concreto armado e alvenaria de vedação. Essa síntese contribui para subsidiar projetistas, pesquisadores e profissionais da construção civil na compreensão das causas das manifestações patológicas e na adoção de soluções mais eficazes para sua prevenção.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras priorizem investigações experimentais em escala real e estudos numéricos que considerem simultaneamente os efeitos da retração, da fluência, das deformações térmicas, das movimentações higroscópicas e da interação mecânica entre estrutura e vedação. Também se mostra necessária a evolução das normas técnicas, incorporando critérios específicos para compatibilização deformacional entre concreto armado e alvenarias de vedação, de modo a ampliar o desempenho, a durabilidade e a vida útil das edificações.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.
- ALLEN, Edward; IANO, Joseph. Fundamentos da engenharia de edificações: materiais e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção. Coordenação de João Fernando Dias. 6. ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JR., E. Russell; DEWOLF, John T.; MAZUREK, David F. Mechanics of materials. 7th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.
- FORIGO, Camila et al. Análise da deformação por retração em vigas de concreto armado conforme a NBR 6118 (2004) e modelos de previsão. In: III SEMINÁRIO SOBRE INOVAÇÃO NA ENGENHARIA CIVIL (INOVACIVIL), 2016, Maringá. Anais... Maringá: UEM, 2016.
- FORTES, E. S. et al. Compressive strength of masonry constructed with high strength concrete blocks. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 10, n. 06, p. 1273-1319, 2017.



- GIROTTTO, L. S.; BARBOSA, M. P.; MACIEL, G. F. Estudo do comportamento reológico na retração plástica e na fissuração de argamassas de concreto auto-adensável. *IBRACON Structures and Materials Journal*, v. 7, n. 1, p. 25-37, Feb. 2014.
- HIBBELER, R. C. *Mechanics of materials*. 10th ed. Hoboken: Pearson, 2017.
- JUSTE, Andréa Elizabeth. Estudo da resistência e da deformabilidade da alvenaria de blocos de concreto submetida a esforços de compressão. 2001. 229 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-26052006-151504/>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- KOMARCHEUSKI, Jonata Stadnik; SILVA, Mikael de Oliveira Nunes da. Análise dos Estados Limite de Serviço em estruturas de concreto armado utilizando parâmetros obtidos em obra. 2014. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Setor de Tecnologia, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/08/TFC-MikaelJonata.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- MILAGRES, Eduardo Araújo. Retração e secagem do concreto: estudo da retração do concreto e o aparecimento de patologias. 2019. 54 f. Monografia (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- PAIXÃO, Dinara Xavier da; GERGES, Samir Nagi Yousri. Influência de propriedades físicas-mecânicas para a determinação da frequência de coincidência no isolamento sonoro de parede de alvenaria. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 143-157, jul./set. 2007.
- SABBATINI, Fernando Henrique. Processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária. 1984. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24082017-091234/>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- SILVA, Margarete Maria de Araújo. Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação. 2003. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032004-150128/publico/DissertacaoMargarete.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- TEIXEIRA, César Herencio. Fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado: recomendações para técnicas de prevenção. 2010. 77 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- THOMAZ, E. (1989). *Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação* (1ª ed.). São Paulo: Pini, IPT, EPUSP.
- ALVA, Gerson Moacyr Sisniega; MONTANDON, Guilherme Augusto Moreira. Structural models for analysis of reinforced concrete frame buildings with masonry infills. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, São Paulo, v. 12, n. 5, p. 1058–1085, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952019000500006>.
- ANGEL, Richard; ABRAMS, Daniel P.; SHAPIRO, Daniel; UZARSKI, Joe; WEBSTER, Mark. Behavior of reinforced concrete frames with masonry infills. *Structural Research Series*, n. 589. Urbana-Champaign: Department of Civil Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1994.
- ISLAM, Md. Munirul; SEN, Debasish; CHOWDHURY, Sharmin Reza. Finite element analysis on the effect of gap between masonry infill and reinforced concrete frame under inplane loading. *Civil Engineering Infrastructures Journal*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22059/CEIJ.2024.375383.2055>.
- MESSAOUDI, Abdelghaffar; CHEBILI, Rachid; MOHAMED, Hossameldeen; RODRIGUES, Hugo. Influence of masonry infill wall position and openings in the seismic response of reinforced concrete frames. *Applied Sciences*, Basel, v. 12, n. 19, p. 9477, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12199477>.