

---

## Prevenção da fissuração na junta de ligação pilar de concreto - parede de alvenaria

### Prevention of cracking in the concrete columns connection joint - masonry wall

Armando Lopes Moreno Junior <sup>1</sup>, Marco Antonio Campos <sup>2\*</sup>,  
André Munhoz de Argollo Ferrão <sup>1</sup>

---

#### RESUMO

A indústria da construção civil nacional, tentando vencer a corrida contra o crescente déficit habitacional, tem aumentado cada vez mais a velocidade de construção. Neste cenário de aceleração da construção, destaca-se o avanço tecnológico do concreto, que tem proporcionado o projeto de estruturas cada vez mais esbeltas. Desta forma, edificações com estruturas em concreto armado e fechamento em alvenaria, podem deslocar-se mais acentuadamente e podem impor tensões indevidas à parede de alvenaria, a ela fixada, em prazos cada vez mais curtos. Cria-se, portanto, cenário perfeito para a ocorrência de patologias que se apresentam, dentre outras, na forma de fissuras na interface pilar/alvenaria. Neste trabalho, técnicas de uso corrente pela indústria da construção civil nacional na fixação parede/pilar de concreto são avaliadas em relação ao custo, e correspondente benefício, em termos de eficiência na contenção da abertura de eventual fissura na região de ligação do pilar de concreto armado com a parede de alvenaria de vedação. Ao final, ressalta-se o grande potencial e, por outro lado, a inconstância de eficiência apresentada nas ligações com o emprego de tela eletrossoldada.

**Palavras-chave:** Fissuração; Alvenaria de vedação; Pilar de concreto; Tela eletrossoldada.

---

#### ABSTRACT

The construction industry, trying to win the race against the growing housing deficit, has been increasing the speed of construction. On the other hand, technological advances in concrete have provided the design of increasingly slender structures. In this context, buildings with reinforced concrete structures and masonry closing, when displaced more sharply, can impose undue stresses on the masonry wall attached to it, in increasingly shorter terms and with the use of connection techniques that can not be adequate to this new constructive panorama presented. Therefore, it creates a perfect scenario for the occurrence of pathologies that present themselves, among others, in the form of cracks in the pillar/masonry interface. In this work, tech-niques currently used by the national civil construction industry in fixing concrete wall/pillar are evaluated in relation to the cost, and corresponding benefit, in terms of efficiency in containing the opening of any crack in the connection region of the concrete pillar armed with sealing masonry wall. At the end, the great potential and, on the other hand, the inconstancy of efficiency presented in the connections with the use of electrowelded mesh are highlighted.

**Keywords:** Cracking; Masonry wall; Concrete columns; Electrowelded metallic screen.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – FECFAU-UNICAMP.

\*E-mail: engenheiriromarcoantonio@hotmail.com

<sup>2</sup> Consultor em Engenharia Civil e em Materiais de Construção Alternativos

## INTRODUÇÃO

A parede de alvenaria de vedação é constituída por elementos de alvenaria (blocos ou tijolos maciços) unidos por juntas de argamassa de assentamento. Estes materiais, com propriedades físicas e mecânicas individuais, devem trabalhar em conjunto de forma que a parede cumpra sua função de vedação.

Em termos de desempenho, espera-se que uma parede de vedação seja concebida, executada e utilizada segundo critérios específicos de segurança, de durabilidade, de resistência ao fogo, de conforto térmico e acústico, e de estanqueidade. Acrescente-se, logicamente, aos citados fatores, critérios que dizem respeito à estética e a economia. Quando alguns destes requisitos não são considerados ou, até mesmo, considerados segundo critérios ainda sem a devida comprovação técnico/científica, fatalmente ocorrerão problemas patológicos nas alvenarias de vedação. Um desses problemas é a fissuração.

Observa-se que o surgimento de fissuras em paredes de alvenaria de vedação decorre da inexistência ou falhas em projetos de estruturas e de vedações, para limitar as tensões atuantes a níveis compatíveis com as resistências das paredes e suas interfaces. Como alternativas teóricas a serem consideradas no projeto para a prevenção destas fissuras, têm-se a adoção de reforços metálicos para suportar as tensões atuantes nas regiões mais solicitadas, ou a realização de juntas de controle para dissipação destas tensões; com a escolha da melhor opção em função da relação custo-benefício (MEDEIROS; FRANCO, 1999).

Quando não há a consideração de um projeto para a contenção de fissuras na edificação, é muito provável que ocorram fissuras de interface parede de alvenaria e pilar de concreto. Esta patologia, embora de causa constatada, é de difícil prevenção e muitas das técnicas atualmente existentes no mercado da construção civil têm se mostrado ineficazes no sentido de evitá-la ou mesmo controlá-la.

Os trabalhos teóricos de Medeiros; Franco (1999), Thomaz *et al.* (2009) e Tramontin *et al.* (2013) recomendam a utilização de tela metálica na ligação pilar/alvenaria como forma de prevenir a ocorrência destas potenciais fissuras. A recomendação destes autores é para utilização de telas metálicas eletrossoldadas, galvanizadas e dotadas de fios com diâmetro em torno de 1 mm e malha quadrada de 15 mm.

O que se percebe atualmente é uma sofisticação cada vez maior nos mecanismos de prevenção desta fissura, com custos também cada vez maiores. Entretanto, o que deve ser observado é que nem sempre a duplicação de custos implica no dobro de eficiência. Comparar métodos existentes de prevenção destas fissuras em relação ao seu custo, e respectivo benefício, se torna necessário. Nesta linha insere-se este trabalho. Com base nos resultados apresentados por Tramontin *et al.* (2013), métodos de prevenção da fissura de interface pilar/parede, de emprego

corrente na indústria da construção civil nacional, foram avaliados em função de sua eficiência e custo.

### **A FISSURAÇÃO NA JUNTA DE LIGAÇÃO PILAR/ PAREDE**

As alvenarias de vedação são projetadas para dividirem ambientes e torná-los confortáveis e seguros, isolando-os sonora e termicamente e tornando-os estanques às intempéries e, em alguns casos, ao fogo. O método construtivo adotado na maioria das obras nacionais consiste em uma estrutura portante de concreto (lajes, vigas e pilares) e uma estrutura de vedação, composta por alvenaria em tijolos cerâmicos ou blocos de concreto ou cerâmicos.

Quanto a estrutura de concreto, face aos implementos nacionais na área de tecnologia do concreto, com a utilização atual de concretos com resistência à compressão cada vez mais elevada pela indústria da construção civil nacional, existe uma tendência ao incremento de esbeltez das estruturas. Segundo Medeiros (2005) os edifícios estão cada vez mais altos e mais esbeltos, com maiores vãos, com menos pilares, e com lajes menos espessas; o que pode resultar em estruturas mais deformáveis. Pode-se afirmar, também, que nos dias atuais não existe alteração daquele cenário descrito por Sabbatini (1998) do final da década de 90.

Em vigor, também existe a tendência de emprego de alvenaria de tijolos cerâmicos como vedação nas edificações. Este tipo de alvenaria, como já alertado pelo mesmo Sabbatini (1998), tem menor resistência à compressão e é mais rígida (menos deformável) que outros tipos de alvenaria. Este fato, aliado à já citada concepção de estruturas mais esbeltas, pode explicar o número elevado de patologias, manifestadas na forma de fissuras, observado nas alvenarias dos edifícios de andares múltiplos atuais, com estruturas em concreto armado e fechamento em alvenaria de tijolos cerâmicos. Nestas edificações, os componentes estruturais (pilares, vigas e lajes) acabam se deformando e sobrecarregando os painéis de alvenaria de vedação. Essa interação entre alvenaria e estrutura pode resultar na ocorrência de fissuras, esmagamentos e mesmo o colapso da parede de alvenaria de vedação (uma vez que não é concebida, originalmente, para resistir a estas tensões).

Em estudo de campo realizado por Jodas (2006) foram avaliadas 9 edificações na cidade de São Paulo [SP] com emprego de tela soldada na ligação pilar/alvenaria. Em três destas obras, justificados pela complexidade de aplicação correta da tela, a autora relata erros na fixação que comprometeram o sistema de contenção de fissuras proposto.

Em estudo de caso, Oliveira *et al.* (2019) analisaram as fissuras na alvenaria de vedação do campus da UEMG – Unidade de João Monlevade [MG]. As edificações vistoriadas, com idades em torno de 12 anos, apresentaram fissuras em praticamente todos os encontros da alvenaria aparente e pilar; patologia relacionada a ausência de armaduras de ligação nesta região. Para a recuperação destas regiões, Braga (2010) recomenda, através de estudos de casos de obras em situação de pós-ocupação, a remoção da argamassa de revestimento seguida da aplicação de

tela sobre a fissura, transpassando 20 cm para cada lado, e finalizan-do com a aplicação de nova argamassa de revestimento.

Antonio (2019), em estudo de caso em João Pessoa [PB], constatou a ocorrência, em três edificações avaliadas, de fissuras na ligação pilar/alvenaria. Dentre as usuais causas da patologia, como falhas na concepção e na execução de métodos de ligação pilar-alvenaria, o autor cita também a má qualidade da argamassa de assentamento. Como procedimento de reparo, o autor recomenda a remoção da argamassa de revestimento, seguida da instalação de uma tela de estuque (metal *deployée*) fixada com pregos ou cravos, e posterior aplicação de chapisco e argamassa de revestimento com baixo módulo de deformação, isto é, com baixo teor de cimento. Para ligação pilar/alvenaria a recomendação é inserir juntas flexíveis feitas com poliuretano expandido, feltro betumado ou isopor (ANTONIO, 2019).

A ligação da parede de alvenaria com o pilar é o local recorrente para o surgimento de fissuras. Neste sentido, através do projeto com especificações adequadas, tanto para as estruturas quanto para as vedações, pode-se limitar as tensões atuantes a níveis compatíveis com as resistências das paredes e suas interfaces ou mesmo adicionar reforços metálicos à ligação como suporte das tensões atuantes nas regiões mais solicitadas ou juntas de controle permitindo que estas tensões sejam dissipadas.

Segundo Pfefferman e Haseltine (1992), a ideia de usar reforços nas paredes de alvenaria é análoga a do concreto, uma vez que o material apresenta resistência limitada tanto à tração como ao cisalhamento. Em princípio, qualquer material de uso corrente na construção civil, com propriedades físicas e mecânicas adequadas, pode ser empregado como mecanismo de ligação da estrutura de concreto com a parede de alvenaria, desde que a tecnologia de aplicação do material seja empregada por mão-de-obra especializada, a ligação seja executada de acordo com procedimentos de eficiência comprovada e, principalmente, se tenha uma relação “custo x benefício” adequada aos anseios do empreendedor.

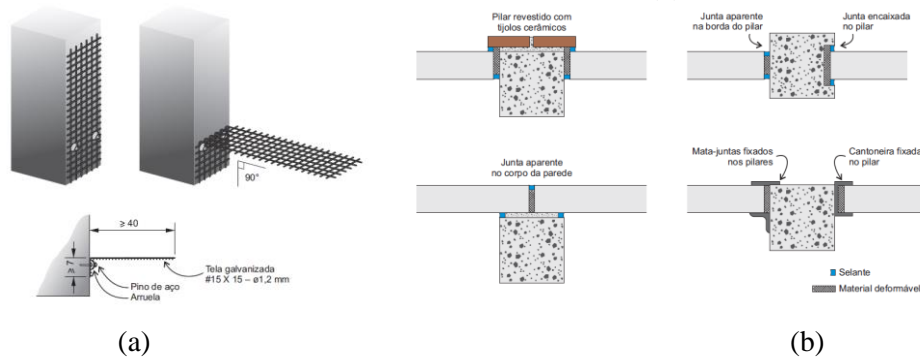
A ancoragem das paredes nos pilares pode ser feita através de barras de aço (“ferros cabelo”) com diâmetros pequenos (entre 4 a 6 mm) fixados com adesivo epóxi nos pilares de concreto e posicionados nas juntas de argamassa de assentamento das paredes. Atualmente, em substituição ao “ferro cabelo”, é usual o emprego de telas metálicas eletrossoldadas, de arame de pequenos diâmetros, fixadas aos pilares com pinos metálicos, arruelas e cantoneiras. No caso da fixação dos elementos metálicos por pinos, é usual o emprego de uma ferramenta própria conhecida como “revólver elétrico”.

Os chamados “ferros cabelo” são utilizados na construção civil de forma empírica, mesmo existindo normas brasileiras para tal finalidade. Esta técnica de prevenção de fissuras, empregada desde meados do século XVIII, é utilizada até os dias atuais.

As telas de arames eletrossoldadas foram inicialmente utilizadas como cercas e alambrados e seu emprego na construção civil como elemento constituinte do concreto armado

data do início do século XX. Atualmente, seu emprego como dispositivo de prevenção de fissuras na ligação parede/estrutura tem se difundido e muitos são os adeptos e defensores deste material para tal finalidade.

**Figura 1** - Fixação entre alvenarias e pilares com o emprego de tela metálica galvanizada (a). Ligações entre alvenarias e pilares, recomendadas para estruturas flexíveis (b).



Fonte: Thomaz *et al.*, (2009).

Esta técnica construtiva para redução de fissuras na ligação de pilares de concreto com a alvenaria é apresentada no manual técnico de alvenaria de vedação em blocos cerâmicos publicado por Thomaz *et al.* (2009) onde estes autores recomendam a instalação de telas metálicas eletrossoldadas, galvanizadas, e dotadas de fios com diâmetro em torno de 1 mm e malha quadrada de 15 mm (Figura 1). Estas telas são aplicadas a cada duas fiadas e são fixadas no concreto com pinos metálicos (“tiros” aplicados com finca-pinos), conforme Figura 1 (a).

Observa-se que na instalação destas telas, estas devem ser dobradas a 90°, com os pinos e arruelas fixadas o mais próximo desta dobra. Para paredes de 9 cm de espessura um pino apenas é o suficiente para fixar a tela, ao passo que para paredes mais espessas deve-se fixar a tela com dois pinos. Como reforço da tela na estrutura pode-se aplicar cantoneira metálica entre a tela e a arruela/cabeça do pino. A corrosão da tela é evitada com o recorte da largura da tela de 1 ou 2 cm menor que a espessura da parede.

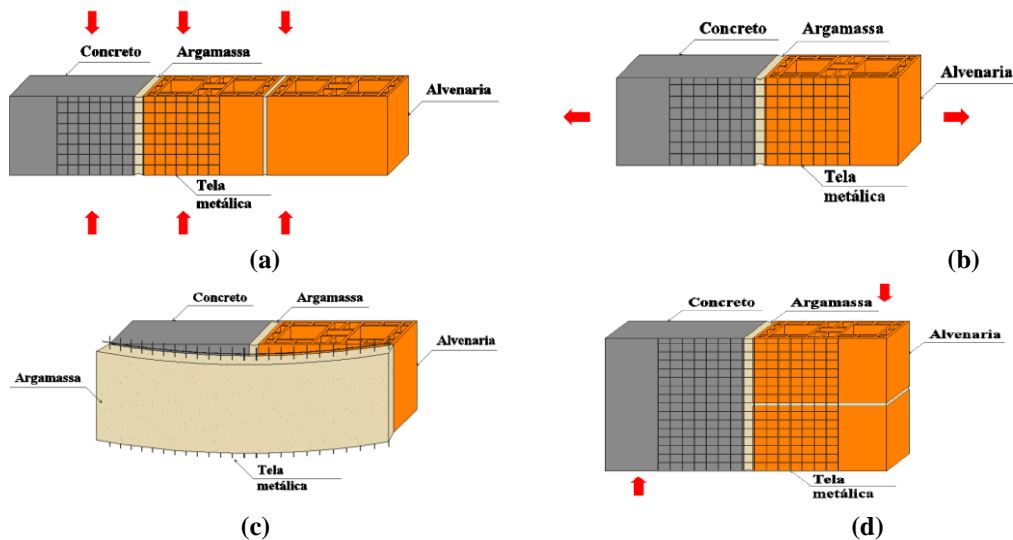
Para ligações mais fortes Thomaz *et al.* (2009) recomendam a adoção de armaduras de espera introduzidas na armadura do pilar, ou com “ferro cabelo” fixados a 40 ou 50 cm de altura de alvenaria, com transpasse de 50 cm para o interior da alvenaria e com penetração no pilar de 6 a 8 cm. Ao passo que para as estruturas muito flexíveis ou paredes muito longas, estes mesmos autores recomendam a adoção de juntas flexíveis na ligação pilar/alvenaria com a ancoragem com cantoneiras metálicas, telas ou “ferro cabelo” e o acabamento com selante flexível, Figura 1 (b), limitando assim as solicitações na alvenaria pelas deformações da estrutura.

No Brasil, a NBR 7200 (1998) recomenda a utilização de tela metálica, plástica ou de outro material semelhante para suportar estas movimentações diferenciais. Concomitantemente, para as fachadas e paredes externas com revestimento cerâmico a NBR 13755 (2017) recomenda

apenas a utilização de tela metálica soldada, constituída de um fio com diâmetro igual ou maior do que 2 mm e malha com abertura quadrada de 5 x 5 cm, tendo como principal função inibir a retração da argamassa (ANTUNES, 2016).

A adoção destas telas metálicas na ligação pilar/alvenaria tem como principal função suportar os esforços originados de compressão (Figura 2a), esforços de tração (Figura 2b), de flexão (Figura 2c) e de flambagem e cisalhamento (Figura 2d).

**Figura 2** - Representação esquemática dos esforços ocorridos na ligação pilar/alvenaria: compressão, (a), tração, (b), flexão, (c), e flambagem e cisalhamento, (d).



Fonte: Antunes, (2016).

Medeiros e Franco (1999) apresentam os tipos de dispositivos para a ligação pilar/alvenaria, Figura 3 (a), e aqueles para a fixação destes dispositivos, Figura 3 (b), disponíveis no mercado nacional. A partir desta identificação os autores compararam em laboratório o uso da tela metálica como elemento de ligação pilar/parede com as barras de aço conhecidas como “ferro-cabelo”. Neste trabalho experimental eles concluíram que as telas metálicas apresentam resistência ao arrancamento menos dispersas que os outros dispositivos avaliados, além de observarem que a tela metálica é o dispositivo mais fácil de ser posicionado no centro da junta de argamassa.

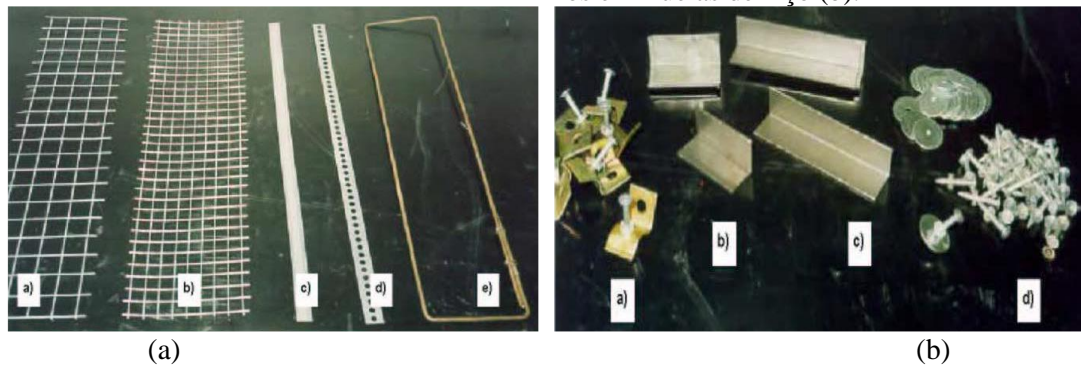
Ao final, Medeiros e Franco (1999) concluem que a tela metálica é a melhor alternativa para a ligação de paredes de vedação e pilares de concreto armado para prevenir fissuras nessa interface, desde que bem executado o procedimento, com ênfase para a correta execução da fixação da tela ao pilar. Entretanto, estes mesmos autores enfatizam que, quando fixada de modo incorreto, a tela pode ter seu desempenho comprometido.

Na parte experimental laboratorial de seu estudo, Jodas (2006) comparou a utilização de telas soldadas e “ferro cabelo” tanto em blocos cerâmicos em separado como na ligação

pilar/alvenaria. Como resultados principais a tela soldada apresentou melhor desempenho de resistência à tração e deslocamento relativo.

Jodas (2006), ao avaliar o comportamento da tela metálica (fixada por pinos metálicos ao pilar) como elemento de ligação pilar/parede, também alerta para os inconvenientes da má execução da ligação. Tramontin *et al.* (2013), ao avaliar em laboratório dispositivos de ligação pilar/parede, também concluiu que a ligação por pinos da tela ao pilar pode resultar em perda de eficiência e comprometer todo o sistema de prevenção da fissura em execução.

**Figura 3** - Tipos de Dispositivos de Ligação Alvenaria-Pilar: a) Tela Metálica Eletrossoldada, malha 25x25 mm; b) Tela Metálica Eletrossoldada, malha 15x15 mm; c) Fita Corrugada; d) Fita Perfurada; e) Ferro Cabelo Dobrado (a).  
Tipos de Fixação dos Dispositivos de Ligação Alvenaria-Pilar: a) Cantoneiras Curtas de Aço; b) Cantoneiras de Aço de 50 mm; c) Cantoneiras de Aço de 100 mm; d) Pinos e Arruelas de Aço (b).



Fonte: Medeiros e Franco, [1].

Buscando uma alternativa para a fixação da tela por pinos metálicos, Tramontin *et al.* (2013) avaliaram o comportamento da tela fixada ao pilar via cantoneira metálica que, por sua vez, seria fixada ao pilar com os mesmos pinos. Os resultados obtidos por Tramontin *et al.* (2013) serão mais bem comentados em item posterior.

Antunes (2016) verificou em laboratório a eficiência do uso da tela metálica quando inserida em argamassa para reforço do sistema de revestimento. Para tanto a autora propôs três metodologias de ensaios laboratoriais. O ensaio de tração proposto para caracterizar as telas metálicas de malha quadrada permitiu mensurar diferenças significativas no limite de resistência à tração, falhas predominantemente na zona de solda e valores de tensão de ruptura das malhas. Com o ensaio de resistência à tração direta foi possível analisar a resistência de argamassas com e sem tela metálica aplicada sobre a interface alvenaria-estrutura obtendo a argamassa sem tela resistência 35,03% inferior a obtida na argamassa reforçada com tela metálica. O terceiro ensaio laboratorial realizado foi de tração na flexão em 4 pontos, onde a autora observou que a ruptura ocorre por escoamento da tela metálica com fissuração anterior da argamassa, independentemente da posição da tela no revestimento. Antunes (2016) evidencia a importância do cobrimento da tela em situação real de obra como forma de evitar a corrosão precoce da tela.

Dentre os estudos apresentados, se observa uma crescente sofisticação da técnica de ligação pare-de/pilar, com resultante incremento de custos. O objetivo de qualquer dos métodos propostos é, obviamente, a contenção do processo de fissuração na ligação pilar/parede. Entretanto, este incremento de custos nem sempre resulta na eficiência pretendida na contenção do processo de fissuração em questão. Desta forma, avaliar a relação entre custos, e respectivos benefícios, das técnicas de prevenção de fissuras na ligação pilar/parede, de uso corrente na indústria da construção civil nacional, se faz necessário.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação de custos/benefícios aqui apresentada, está fundamentada nos resultados apresentados por Tramontin *et al.* (2013), onde diversos mecanismos de prevenção da fissura na ligação parede/pilar, atualmente em uso pela indústria da construção civil nacional, estão reunidos e avaliados em relação a respectiva abertura de fissura na ligação.

Tramontin *et al.* (2013), executaram estudo experimental onde um pequeno pilar de concreto, com seção transversal quadrada de lado igual a 20 cm e comprimento de 50 cm foi executado. Neste pilar, os dispositivos de ligação (barra ou tela) foram instalados. No caso da barra de aço (5,0 ou 6,3 mm), a mesma foi inserida em furação prévia no pilar e ancorada com adesivo. No caso da tela (malha quadrada de 15mm e diâmetro do fio de 1,63 mm), a mesma foi ligada ao pilar por intermédio de pinos e arruelas ou por intermédio de cantoneiras metálicas. A barra de aço de 5,0 mm apresentou resistência ao escoamento de 837,5 MPa, deformação de início de escoamento de 0,64% e módulo de deformação de 190,1 GPa. A barra de aço de 6,3 mm de diâmetro apresentou resistência ao escoamento de 623,5 MPa, deformação de início de escoamento de 0,54% e módulo de deformação de 181,4 GPa. A tela eletrossoldada apresentou resistência ao escoamento de 171,5 MPa.

Na face lateral dos pilares, cujo dispositivo de ligação estava instalado (barra ou tela), foram posicionados os prismas, constituídos por dois blocos cerâmicos. Os prismas foram posicionados de forma que os dispositivos de ligação ficassem inseridos na junta de assentamento entre os blocos, com comprimentos de ancoragem de 40 cm; comprimento que se mostrou mais eficiente nos ensaios prévios de arrancamento executados. Em alguns modelos, a face do pilar, em contato com os blocos cerâmicos, foi tratada com argamassa aditivada com adesivo acrílico.

Alguns parâmetros foram mantidos constantes no trabalho, como o tipo de alvenaria de vedação (bloco cerâmico de 14x19x39 cm); a argamassa de assentamento (argamassa industrializada); o concreto de execução dos pilares (cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo e água) e a tensão prévia de compressão aplicada à alvenaria (por meio de dispositivos metálicos projetados para este fim).



O bloco cerâmico apresentou resistência à compressão de 2,11 MPa e absorção de água de 9,32%. A resistência à compressão da argamassa de assentamento, avaliada aos 28 dias de idade e em corpos de prova cilíndricos de 5,0 cm de diâmetro e 10 cm de altura, foi de 2,05 MPa. Esta mesma argamassa apresentou resistência de aderência à tração, avaliada em seis amostras, variando de 0,413 MPa a 0,672 MPa e resistência de aderência na flexão, avaliada em prismas de 5 blocos, segundo procedimento da ASTM E518 (2010), de 0,403 MPa.

O concreto para fabricação dos pequenos pilares foi executado com Cimento Portland CPIII-32, no traço, em volume, 1:2:3 (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo) e com relação água/cimento  $a/c = 0,45$ . A resistência à compressão desta mistura, avaliada aos 28 dias de idade, em corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura foi de 32 MPa.

Dessa forma, considerando as variáveis: tipo de reforço de aço (ferro cabelo ou tela), diâmetro da barra do “ferro cabelo” (5,0 mm ou 6,3 mm), tratamento ou não da superfície de contato do pilar/parede e tipo de fixação da tela (pinos ou cantoneiras), foram avaliados em laboratório trinta e duas amostras, sendo 4 para cada um dos oito modelos descritos a seguir.

- 1) Barra de aço com 5,0 mm e superfície do pilar com tratamento prévio;
- 2) Barra de aço com 5,0 mm e superfície do pilar sem tratamento prévio;
- 3) Barra de aço com 6,3 mm e superfície do pilar com tratamento prévio;
- 4) Barra de aço com 6,3 mm e superfície do pilar sem tratamento prévio;
- 5) Tela de aço fixada no pilar por pinos e arruelas, superfície do pilar com tratamento;
- 6) Tela de aço fixada no pilar por pinos e arruelas, superfície do pilar sem tratamento;
- 7) Tela de aço fixada no pilar por cantoneiras metálicas e superfície do pilar com tratamento;
- 8) Tela de aço fixada no pilar por cantoneiras e superfície do pilar sem tratamento.

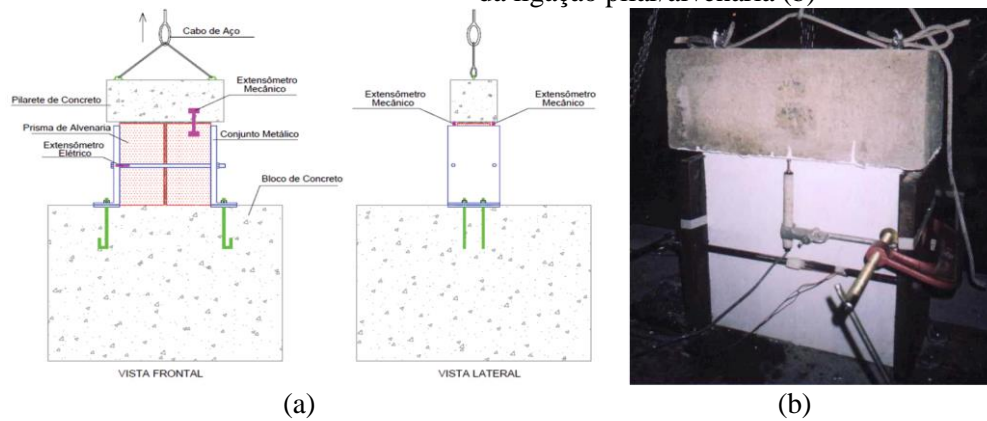
Os modelos foram posicionados no mesmo equipamento utilizado para o ensaio de arrancamento dos dispositivos de ligação e, em arranjo semelhante, os prismas foram pré-comprimidos, de maneira a simular-se situação em serviço da parede. Esse esforço de compressão aplicado aos blocos de cada modelo foi estimado em 15 kN, equivalente ao que ocorreria em ligação localizada a meia altura de parede de alvenaria com pé-direito de 2,70 m. Um equipamento especial foi construído para esta finalidade. Neste equipamento os prismas (2 blocos) foram dispostos entre chapas metálicas, conectadas por tirantes rosqueados e instrumentados que, por sistema de aperto com porcas, aplicavam esforço controlado de tração.

Posicionados no equipamento, os modelos foram ensaiados à tração direta da ligação, conforme ilustrado na Figura 4 (a). Com o prisma (parede) fixado ao equipamento, e por intermédio de cabos conectados ao pilar, tracionou-se o sistema até o instante que o observador, distante 50 cm do modelo e a olho nú, observasse a primeira fissura.

Neste ensaio foi avaliada a evolução da abertura da fissura na junta pilar/parede, em função do car-regamento aplicado ao modelo. Esta evolução da abertura de fissura foi o parâmetro adotado neste trabalho para análise da eficiência de cada ligação parede/pilar proposta.

A Figura 4 (b) ilustra o posicionamento de defletômetros na região da ligação pilar/parede, bem como o artifício empregado para tornar mais evidente, ao observador, as fissuras: pintura dos blocos cerâmicos com tinta látex branca.

**Figura 4** - Arranjo esquemático do ensaio da ligação pilar/alvenaria (a). Arranjo real do ensaio da ligação pilar/alvenaria (b)

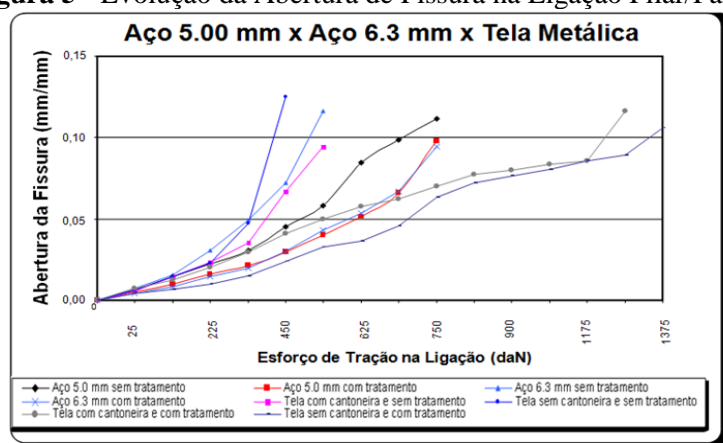


Fonte: Tramontin *et al.*, (2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 mostra a evolução da abertura da fissura na ligação pilar/parede, em função da carga de tração aplicada nos modelos avaliados, até o surgimento da primeira fissura visível a olho nu (abertura em torno de 0,1 mm). Pela avaliação dos resultados, Tramontin (2005), observa que:

- 1) O tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilar de concreto é fundamental para melhorar a eficiência dos métodos de prevenção da fissura pilar/parede avaliados;
- 2) As barras de aço tipo “ferro cabelo” apresentam desempenho limitado quando comparadas com as telas metálicas eletrossoldadas galvanizadas com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilar;
- 3) Os desempenhos obtidos para a barra de aço com diâmetros 5,0 mm e 6,3 mm, com tratamento de chapisco com adesivo acrílico, foram praticamente equivalentes;
- 4) O uso da cantoneira metálica, na ligação da tela com o pilar de concreto, quando comparado ao uso de pinos e arruelas, não se mostrou eficiente; e
- 5) A tela metálica eletrossoldada galvanizada, malha 15x15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, sem cantoneira e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilar, foi a melhor técnica, dentre as avaliadas neste trabalho, de prevenção da fissura que ocorre na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto, pois apresentou os menores resultados de abertura de fissura e teve a maior carga correspondente ao surgimento da primeira fissura, visível a olho nu.

**Figura 5** - Evolução da Abertura de Fissura na Ligação Pilar/Parede.

Fonte: Tramontin, (2005).

## AVALIAÇÃO CUSTO x BENEFÍCIO

Para a realização de uma análise “Custo x Benefício” dos resultados apresentados na Figura 5 foi feito um levantamento de custos para a execução dos serviços de fixação da parede de alvenaria ao pilar de concreto (Tabela 1).

Todos os modelos de ligação da parede com o pilar de concreto foram executados por profissionais experientes no ramo. O tempo de execução de cada modelo foi registrado e multiplicado pelo custo respectivo da mão-de-obra, obtido em revistas especializadas da área. Um pedreiro (execução da ligação) e um armador (corte e dobramento das barras, telas e cantoneiras metálicas) foram os profissionais considerados na composição de custos apresentada (Tabela 1).

**Tabela 1** - Levantamento de Custos para a Execução dos Serviços de Fixação da Parede.

Serviço	Custo (US\$)* Base: Dezembro/2021.	Custo Ponderado
Tela metálica sem cantoneira e sem tratamento	1,4327	1
Tela metálica sem cantoneira e com tratamento	1,5566	1,0865
Tela metálica com cantoneira e sem tratamento	1,6457	1,1486
Tela metálica com cantoneira e com tratamento	1,7696	1,2351
Aço CA-50 5,0 mm sem tratamento	2,2343	1,5595
Aço CA-50 6,3 mm sem tratamento	2,2885	1,5973
Aço CA-50 5,0 mm com tratamento	2,3582	1,6459
Aço CA-50 6,3 mm com tratamento	2,4124	1,6838

\* Média do Dólar comercial no mês de Dezembro de 2021 foi de R\$ 5,65.

Fonte: Tramontin, (2005).

O mesmo procedimento foi executado em relação aos materiais de cada modelo, onde dispositivo de ligação (barra ou tela), pinos, arruelas e cantoneiras metálicas tiveram seu custo obtido em revistas especializadas da construção civil.

Vale observar que o custo de execução do pilar (mão-de-obra e materiais), bem como os custos dos materiais comuns aos modelos (blocos cerâmicos e argamassa de assentamento), não foram computados nos valores apresentados na Tabela 1, anterior.

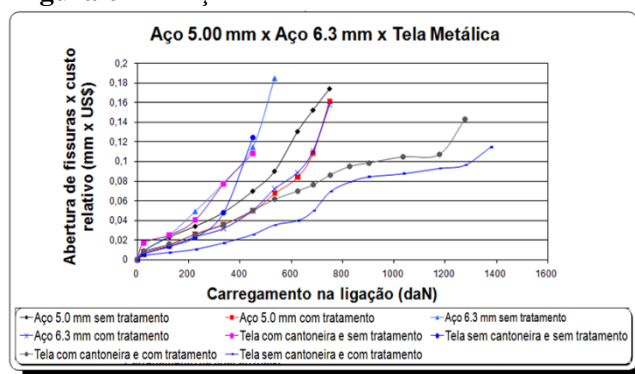
No caso da avaliação de custos do equipamento que dispara os pinos metálicos para fixação da tela ou da cantoneira ao pilar de concreto, foi considerado o valor da locação, por hora, deste equipamento multiplicado pelo tempo de execução da respectiva ligação.

Nos custos ponderados apresentados na Tabela 1, o valor unitário diz respeito ao menor dos custos entre as técnicas de ligação parede/pilar avaliadas (referência). Todos os demais custos ponderados apresentados na Tabela 1 representam a relação de custos do modelo respectivo em comparação com o modelo de referência (valores maiores que “1”).

Uma vez que o objetivo principal dos modelos avaliados é a contenção da fissura na junta pilar/parede, os valores de abertura desta fissura, em função do carregamento aplicado ao modelo, podem ser considerados como parâmetro de avaliação da eficiência de cada modelo de prevenção desta fissura. Da mesma forma, cada modelo tem um custo diferente, cujo levantamento está apresentado na Tabela 1. Avaliar a eficiência de cada modelo proposto de contenção da fissura parede/pilar implica na consideração destes dois parâmetros: abertura da fissura e custo.

Sendo assim, tomando-se os valores de evolução da abertura de fissura para cada modelo, em função do carregamento aplicado na ligação (Figura 4), e multiplicando-os pelo respectivo valor de custo ponderado (Tabela 1), foram obtidas as curvas apresentadas na Figura 8.

**Figura 6 - Relação “Custo x Benefício” dos modelos.**



Fonte: Tramontin, (2005).

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 1 evidencia os menores custos de execução da ligação parede/pilar com o emprego de tela. O modelo com “ferro cabelo” mostrou-se mais caro. A facilidade de execução

da ligação com tela, implicando em menores custos com mão de obra, pode explicar estes resultados.

Quando se observa a Figura 6, percebe-se que a diferença de custos entre algumas das técnicas avaliadas não foi suficiente para alterar, significativamente, o quadro de eficiência apresentado na Figura 5. Pela Figura 5 nota-se que nem sempre as técnicas de custo mais elevado são as mais eficientes no sentido de contenção da abertura da fissura na ligação. Modelos mais baratos, com o emprego de tela, resultaram em aberturas da fissura na ligação pilar/parede bem menores que as aberturas apresentadas por modelos mais caros, como aqueles modelos que empregam o “ferro cabelo”. Desta forma, pode-se afirmar que o emprego da tela soldada, nesta análise de custos e consequentes benefícios, se mostrou mais adequado.

Vale ressaltar o comportamento nem sempre tão previsível dos modelos em tela, que alternaram comportamentos muito bons (tela sem cantoneira e com tratamento) e comportamentos até piores que os apresentados pelos modelos com “ferro cabelo” (tela com cantoneira e sem tratamento). Ressalta-se, desta forma, com base nestes resultados, que o cuidado na execução da ligação com tela é fator dos mais importantes para garantia de sua eficiência.

Esse comportamento instável da tela apresentado foi também observado nos trabalhos de Medeiros; Franco (1999) e Jodas (2006), que alertaram o meio técnico para o fato de que ligações pilar/parede com o emprego de tela mal executadas podem praticamente tornar nula a ação da ligação alvenaria/estrutura. Ressalta-se que no trabalho de Tramontin *et al.* (2013) as ligações foram executadas por profissionais experientes, o que não impediu o comportamento instável dos modelos com tela avaliados.

Em relação ao emprego de cantoneira metálica para a ligação da tela ao pilar de concreto, em detrimento à conexão com pinos e arruelas pode-se afirmar, pelos resultados da Figura 6, que seu emprego não é justificável. O custo adicional do emprego da cantoneira não foi justificado, em termos de eficiência na contenção da abertura da fissura na ligação pilar/parede.

O custo adicional com tratamento da face do pilar com argamassa e adesivo acrílico parece, pelos resultados desta pesquisa, que se justifica. A eficiência de um mesmo modelo com tratamento foi sempre maior que a do mesmo modelo sem o tratamento da face do pilar.

No que diz respeito ao diâmetro da barra a ser empregada na ligação tipo “ferro cabelo”, os resultados desta pesquisa evidenciam que o custo adicional pelo emprego de barra com maior diâmetro não é justificado em termos de eficiência na contenção da abertura da fissura na ligação pilar/parede. Nota-se na Figura 8 resultados de eficiência iguais ou inferiores quando se compara “ferros cabelo” de 6,3 mm com o de 5,0 mm.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de custos apresentada nesta pesquisa evidenciou o fato de que nem sempre as técnicas de custo mais elevado são as mais eficientes no sentido de contenção da abertura da

fissura na ligação pilar/parede. Modelos mais baratos, com o emprego de tela soldada, se mostraram mais eficientes.

Foi comprovado, nesta pesquisa, o comportamento nem sempre tão previsível dos modelos em tela soldada. Ressalta-se, desta forma, com base nestes resultados, que o cuidado na execução da ligação com tela é fator dos mais importantes para garantia de sua eficiência.

O custo adicional com tratamento da face do pilar com argamassa e adesivo acrílico parece, pelos resultados desta pesquisa, foi justificado. A eficiência de um mesmo modelo com tratamento foi sempre maior que a do mesmo modelo sem o tratamento da face do pilar.

No que diz respeito ao diâmetro da barra a ser empregada na ligação tipo “ferro cabelo”, os resultados desta pesquisa evidenciam que o custo adicional pelo emprego de barra com maior diâmetro não é justificado em termos de eficiência na contenção da abertura da fissura na ligação pilar/parede.

Dentre as técnicas de contenção da fissura na ligação pilar de concreto/parede de alvenaria avaliadas nesta pesquisa, com base na análise de custos e consequentes benefícios, pode-se concluir que, executada de modo adequado, a técnica de ligação com o emprego de tela eletrossoldada, aplicada com pinos e arruelas e com tratamento da face do pilar com argamassa e adesivo acrílico, é a mais eficiente.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **ASTM E 518**: Standard test methods for flexural bond strength of masonry. Philadelphia, EUA, 2010.

ANTONIO, F. de L. **Trincas em alvenaria de vedação ou convencional**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

ANTUNES, G. R. **Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

BRAGA, N. M. T. **Patologias nas construções: trincas e fissuras em edifícios**. 2010. Monografia (Especialização em Engenharia) - Escola de Engenharia UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2010.

JODAS, M. **Estudo das ligações entre pilares de concreto e alvenaria cerâmica de vedação**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MEDEIROS, H. Alerta! Deformações excessivas: edifícios expõem patologias de todo tipo na alvenaria. Por que as estruturas estão deformando como nunca?. **Thécne**, v. 97, n. 13, pp. 48, 2005.

MEDEIROS, J. S.; FRANCO L. S. **O uso de telas metálicas eletrossoldadas como armadura e ancoragem de paredes de vedação**. In: Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, EPUSP, São Paulo, SP, Brasil, 1999.

OLIVEIRA, G. M. V.; CALDEIRA, P. H. A.; JUNIOR, L. A. S.; VIEIRA, A. C. Análise de fissuras em alvenaria de vedação - Estudo de caso: UEMG - Unidade de João Monlevade, **Research, Society and Development**, v. 8, n. 12, p. e368121617, 2019.

PFEFFERMAN, O.; HASELTINE, B.A. El desarrollo de armaduras para tendeles a lo largo de dos décadas, **Informes de la construction**, vol. 44, n° 421, pp. 27-34, septiembre / octubre 1992.

SABBATINI, F. H. As fissuras com origem na interação vedação-estrutura. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1998, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo, 1998.

THOMAZ, E.; MITIDIERI FILHO, C. V.; CLETO, F. da R.; CARDOSO, F. F. **Código de práticas nº 01 - alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. Publicação IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

TRAMONTIN, A. P. **Avaliação experimental dos métodos de prevenção de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

TRAMONTIN, A. P.; MORENO JÚNIOR, A. L.; OLIVEIRA, C. R. de. Experimental evaluation of the prevention methods for the interface between masonry infill walls and concrete columns. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 6, pp. 765-782, 2013.

*Recebido em: 15/01/2022*

*Aprovado em: 05/02/2022*

*Publicado em: 10/02/2022*