

Texto Técnico

Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 1413-0386

TT/PCC/22

**PREVENÇÃO DE TRINCAS EM ALVENARIAS
ATRAVÉS DO EMPREGO DE TELAS
SOLDADAS COMO ARMADURA E
ANCORAGEM**

**Jonas Silvestre Medeiros
Luiz Sérgio Franco**

São Paulo – 1999

Texto Técnico
Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

Diretor: Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola
Vice-Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João da Rocha Lima Junior

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Antônio Domingues de Figueiredo
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

O Texto Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, destinada a alunos dos cursos de graduação.

FICHA CATALOGRÁFICA

Medeiros, Jonas Silvestre

Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem / J.S. Medeiros, L.S. Franco. -- São Paulo : EPUSP, 1999.

78 p. -- (Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/22)

1. Trincas 2. Alvenaria armada 3. Vedações verticais 4. Ancoragem 5. Tela metálica I. Franco, Luiz Sérgio II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

ISSN 1413-0386

CDU 620.172.24
624.012.15
692.8
624.137.6
624.078.72

PREVENÇÃO DE TRINCAS EM ALVENARIAS ATRAVÉS DO EMPREGO DE TELAS SOLDADAS COMO ARMADURA E ANCORAGEM

Prof. Dr. Jonas Silvestre Medeiros (jonastpc@pcc.usp.br)

Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco (lsfranco@pcc.usp.br)

Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Caixa Postal 61548 - 05424 970 - São Paulo – SP - Brasil

RESUMO

A alvenaria pode ser considerada o mais importante material de construção de edifícios empregado no Brasil. Muito embora o concreto armado ocupe o lugar de maior destaque na produção de estruturas, as alvenarias continuam sendo comumente empregadas como vedação e construção de residências.

Nos últimos anos, as estruturas de concreto têm se tornado mais esbeltas, principalmente devido à crescente redução de custos das obras e avanços na tecnologia do material. Some-se a isso a velocidade cada vez maior de execução de estruturas e a atuação de sobrecargas importantes a idades cada vez menores.

Contudo, esta nova tendência de projetar estruturas tem conduzido a ocorrência de problemas nas alvenarias e seus revestimentos. A fissuração de paredes é o problema patológico mais comum nestas situações.

Baseado em um estudo experimental, este trabalho propõe alguns parâmetros e detalhes construtivos a serem considerados no projeto de alvenaria e estruturas para evitar uma parte importante destas fissuras. O uso das telas metálicas eletrosoldadas é avaliado em ensaios de laboratório através de dois diferentes procedimentos. Inicialmente, foram determinadas as resistências à tração das ancoragens inseridas dentro de juntas de argamassa de prismas de alvenaria. Este ensaio é similar àquele especificado pela ASTM E754/94, tendo sido acrescentado um nível determinado de pré-compressão para simular o peso próprio e as tensões normalmente surgidas devido a ação da flexão da viga ou laje que restringe superiormente a parede.

Foram conduzidos também ensaios de paredes em escala natural para determinar o desempenho das ancoragens na ligação de paredes e pilares de concreto armado. Neste caso foram empregados balanços pré-fabricados de concreto armado como elemento de

apoio das paredes. Os resultados mostraram que as telas metálicas eletrosoldadas de arame galvanizado podem ser empregadas para prevenir fissuras de interface entre alvenaria e pilar, devendo-se respeitar para isso, limites de flechas máximas do elemento de suporte (viga ou laje).

Embora o desempenho das telas seja muito dependente do número, dimensões e tipo de fixação empregados, elas demonstraram ser capazes também de reduzir sensivelmente a influência da mão-de-obra quando comparadas a outros dispositivos empregados para esta finalidade (*ferro cabelos* e fitas metálicas).

Os ensaios também permitiram mostrar que os critérios de projeto de estrutura e alvenaria de vedação devem ser revistos de modo a considerar os efeitos de deformações excessivas nas alvenarias e em seus revestimentos de modo a prevenir parte das fissuras hoje observadas.

1. INTRODUÇÃO

As alvenarias são parte integrante dos edifícios construídos no Brasil. Elas sofrem interferência e interferem nas demais partes dos edifícios devendo seu estudo e avaliação de desempenho serem necessariamente sistêmicos.

Para a racionalização das alvenarias destinadas às vedações verticais merecem destaque as interferências existentes com a estrutura de concreto e seus elementos, os revestimentos, as esquadrias e as instalações. Esta posição estratégica transforma as alvenarias em alvo importante das ações de melhorias a serem implementadas pois sua importância se projeta nos custos destas outras partes da obra, tornando-as globalmente relevantes.

A qualidade de alvenaria depende de uma série de fatores. Além da qualidade dos blocos, argamassas e demais materiais constituintes, são determinantes as técnicas construtivas empregadas e a qualidade da mão-de-obra. Todos estes aspectos devem, entretanto, serem considerados adequadamente na etapa de projeto de modo a satisfazerem as reais necessidades dos usuários.

O projeto não deve ser considerado pois, como um conjunto de especificações e desenhos que definem geometricamente as posições ou paginação dos componentes a serem empregados. Mais do que isso, o projeto deve apresentar claramente, além do produto final *alvenaria* a ser obtido, os meios necessários para produzi-lo. Isto implica na definição do processo de produção das paredes e suas interfaces com as demais partes da obra, além dos parâmetros e critérios necessários ao controle desta produção.

Embora o trabalho aqui discutido trate apenas de um aspecto discreto deste problema, ele reveste-se de importância para o comportamento das alvenarias de vedação. São estudadas com maior detalhes através de experimentos em laboratório, as técnicas de ligação ou ancoragem de paredes com pilares de concreto armado para determinar critérios de uso e especificação.

2. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE AS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO

A alvenaria de vedação é conformada em obra e constituída por tijolos ou blocos unidos por juntas de argamassa, formando um conjunto monolítico de características próprias, dependentes mas não idênticas aos materiais que a constitui.

As alvenarias podem ser classificadas de modo geral como de vedação e estrutural. Para ser considerada estrutural, as alvenarias devem ser dimensionadas por meio de método racional de cálculo que consideram sua capacidade suporte e coeficientes de segurança. As alvenarias resistentes suportam cargas além de seu próprio mas não são dimensionadas racionalmente.

As paredes de alvenaria de vedação têm como principal função proteger os ambientes e o próprio edifício, cumprindo os requisitos estabelecidos em projeto. Os níveis de exigência são variáveis para cada situação e para cada requisito específico a ser considerado. Aliás, deve-se ressaltar que este

desempenho é função do modo como a parede é construída e de seu relacionamento ao longo do tempo com as demais partes constituintes da edificação. Podem ser considerados como requisitos fundamentais das alvenarias destinadas à vedação de edifícios: estanqueidade, isolamento térmico e acústico, estabilidade mecânica, segurança ao fogo, estética, durabilidade e economia. À estes requisitos devem ser associadas características e propriedades funcionais para que o projeto cumpra seus objetivos. Dentre estas características merecem destaque no contexto deste trabalho, a deformabilidade e a resistência mecânica.

A deformabilidade das alvenarias pode ser entendida como a capacidade que a mesma possui de manter-se íntegra ao longo do tempo, distribuindo as tensões internas sem perda de desempenho. Esta propriedade merece destaque especial hoje em dia, devido às ações impostas às paredes pelos deslocamentos dos elementos da estruturas de concreto armado. O módulo de deformação de uma parede pode ser considerado para avaliar indiretamente esta capacidade de deformação. Quanto maior o módulo de deformação, menor a capacidade que a parede tem de se deformar e mais elevado será o nível de tensões internas solicitantes. A deformabilidade e o módulo de deformação são funções diretas do tipo e natureza do bloco, tipo da argamassa, dimensões dos blocos e espessuras das juntas da parede. A capacidade de se deformar sem fissurar também depende da aderência existente entre os blocos e a argamassa das juntas.

Embora a resistência mecânica conceitualmente não seja considerada fundamental para as paredes de alvenaria de vedação ela tem assumido também um papel de destaque. A deformação da estrutura nas primeiras idades somadas às deformações ao longo do tempo devido aos fenômenos de fluência e retração da estrutura, tem atingido magnitudes suficientes para impor solicitações não previstas nas paredes, provocando o surgimento de diversos tipos de problemas. As paredes de vedação, construídas de modo confinado entre os elementos da estrutura, acabam sendo carregadas pelas ações oriundas dos deslocamentos destes elementos. Esta situação mostra-

se ainda mais crítica quando os prazos e seqüências de construção não são observados de modo a minimizar esta transferência de carregamento.

A resistência mecânica de uma parede de alvenaria depende principalmente da resistência mecânica do bloco, particularmente no caso de esforços de compressão. Quando surgem esforços de tração e cisalhamento, as juntas de argamassas também passam a ocupar posição de destaque, sejam verticais ou horizontais.

Além disso, contribuem diretamente para o surgimento de problemas, a baixa capacidade resistente de parcela significativa dos blocos destinados a construção das alvenarias de vedação. Com menor capacidade resistente, as paredes apresentam mais problemas, em menor tempo e de maior magnitude.

3. FISSURAS EM PAREDES DE VEDAÇÃO

Entre os problemas patológicos mais comuns das paredes de vedação incluem-se as fissuras e trincas. Estas manifestações são apontadas como o dano mais observado em paredes de alvenaria, como mostra um levantamento realizado por PFEFFERMAN; HASELTINE (1992).

A fissuras e trincas originam-se devido ao mecanismo inerente que os materiais possuem de aliviar as tensões que lhe são impostas. Além de provocar desconforto psicológico para o usuário, as fissuras e trincas podem provocar a perda de estanqueidade da parede e conseqüente degradação com o passar do tempo.

Pode-se classificar a origem das fissuras e trincas de paredes como sendo interna ou externa. As fissuras com origem externa ocorrem devido à ação de choques e cargas suspensas, cargas transmitidas pelos elementos estruturais ou deslocamentos transferidos à parede pelo seu suporte. As manifestações de origem interna são provocadas principalmente pela ação da temperatura e umidade.

Mudanças na quantidade de umidade e na temperatura das paredes e da estrutura, por exemplo, provocam movimentações de contração e expansão que podem causar fissuras e trincas. A magnitude destes movimentos internos depende principalmente das propriedades dos materiais (retração na secagem, dilatação térmica, etc.) e componentes empregados e das variações das condições de umidade e temperatura.

As fissuras e trincas de origem externa decorrentes da incompatibilidade entre estruturas de concreto armado e alvenarias de vedação têm ocorrido ultimamente em maior quantidade e intensidade. Estes problemas têm sido causados notadamente por movimentos diferenciais entre os elementos de concreto armado e as paredes.

A menor rigidez apresentada por estas estruturas pode ser explicada, por exemplo, pela redução de custo através da obtenção de menor consumo de forma e concreto, maior confiança nas ferramentas de cálculo e necessidade de maior área livre para garagens. Quando comparadas com estruturas projetadas anteriormente, pode-se perceber uma série de características diferenciadas, a saber: menor número de pilares, menor número de vigas, lajes e vigas com vãos maiores, maior número de paredes apoiadas sobre lajes, maior quantidade de balanços e menor rigidez dos nós, como exemplifica SABBATINI (1998).

A inadequação da seqüência e velocidade de execução e ausência de um projeto que considere adequadamente a interação entre estes subsistemas na definição de materiais, detalhes de projeto, método e técnicas executivas podem ser apontados como aspectos fundamentais nesta questão. Entre as hipóteses assumidas e não verificadas que influenciam diretamente a deformação da estrutura, estão: o módulo de deformação considerado no dimensionamento e não obtido na obra, aumento da fluência e retração devido à velocidade de execução e carregamento, diminuição da rigidez devido à microfissuração em trabalho e consideração do enrijecimento dos pórticos pelas paredes.

Com relação à inadequação da seqüência de execução destacam-se os seguintes aspectos: adoção de menor prazo de escoramento fixo e reescoramento, falta de cuidados na cura, antecipação da execução da alvenaria para liberação de frentes de serviço, adoção de menores prazos para fixação superior das paredes.

Com relação às inadequações construtivas adotadas para a execução das paredes podem ser destacadas as seguintes: fixação superior rígida contribuindo para a introdução de tensões iniciais decorrentes dos primeiros carregamentos, ligação lateral com os pilares ineficiente, emprego de argamassa de assentamento de rigidez elevada, bloco de resistência mecânica insuficiente, juntas horizontais de assentamento de pequena espessura, insuficiência de vergas e contravergas e ausência ou insuficiência de juntas de controle.

Podemos concluir, portanto, que os procedimentos adotados tradicionalmente para a execução das alvenarias já não mostram a mesma eficiência que antes, contribuindo diretamente para o surgimento dos atuais problemas. Na prática, os deslocamentos ocorridos tem sido superiores àqueles esperados e as paredes acabam funcionando, em maior ou menor grau, como contraventamento dos pórticos, impedindo parte considerável de seu deslocamento, em função de sua resistência e capacidade de se deformar.

Como resultado desta situação tem-se a ocorrência sistemática de fissuras e trincas, muitas vezes com descolamento de revestimentos, uma vez que a alvenaria não foi dimensionada para esta finalidade. Esta falta de compatibilidade tem origem evidente ainda na fase de projeto (arquitetura, estrutura e alvenaria) e pode conduzir a situações extremas onde a parede de vedação sofre intensa fissuração e até ruptura como mostra as Figura 1 e a Figura 2.

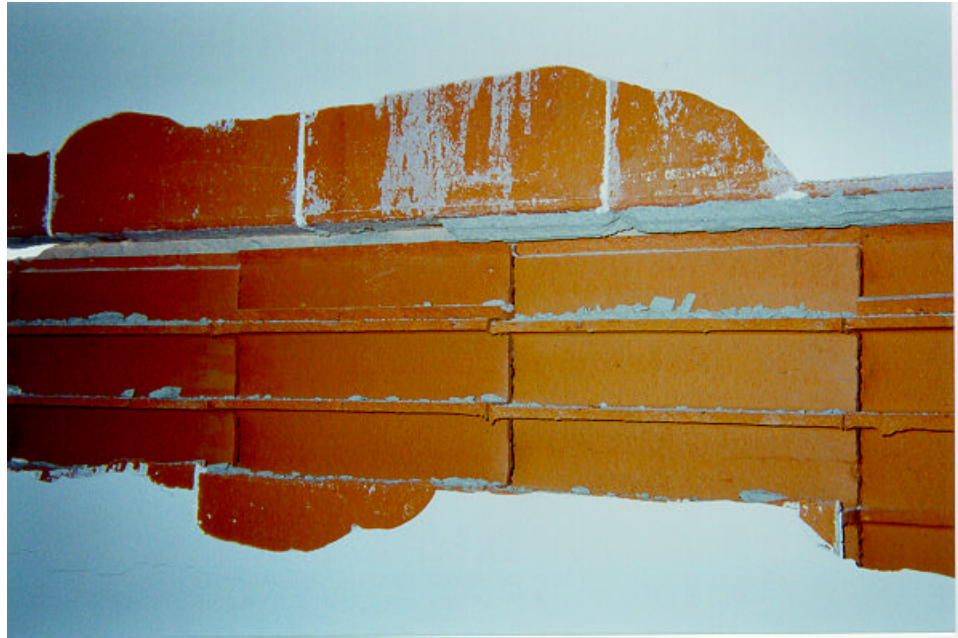


Figura 1 – Aspecto de uma parede interna de um edifício cujo deslocamento da laje levou a parede à ruptura provocando esmagamento das juntas de argamassa e blocos. Este exemplo mostra um caso crítico onde as soluções convencionais foram totalmente incompatíveis.



Figura 2 – Detalhe de ruptura das fiadas inferiores de uma parede de vedação que denota o surgimento do efeito de arco. Este efeito provoca a concentração de esforços nas regiões próximas aos apoios do elemento de suporte.

As fissuras e trincas ocorridas nas paredes de alvenaria apresentam ainda outros aspectos críticos. Elas transmitem-se facilmente aos revestimentos de gesso e argamassa de pequena espessura (entre 5 e 15 mm) empregados nas paredes internas. Sabe-se que quanto menor a espessura da camada de revestimento, menor capacidade de se deformar para dissipar as tensões transmitidas pela base fissurada, por isso, muitas vezes, é possível observar maior incidência de manifestações em paredes internas quando comparada as paredes de fachada, quando o fenômeno tem a gênese descrita.

As fissuras de interface entre paredes de vedação e pilares também são causadas por movimentos diferenciais entre os elementos e influenciadas diretamente pelo grau de restrição aos movimentos.

A ocorrência destas manifestações tem se tornado mais comum também devido à maior atenção por parte dos usuários em observar os problemas internos das paredes que interferem com sua percepção geral de qualidade da construção. Este comportamento tem sido freqüentemente observado pelos serviços de assistência técnica e manutenção das empresas construtoras e fabricantes de materiais.

Todo este contexto traz à tona uma série de preocupações relacionadas com a tecnologia de construção de edifícios de concreto armado e vedações em alvenarias. O atual estágio de comportamento de parte significativa de nossas obras aponta claramente para a necessidade de desenvolver critérios que permitam recompor o equilíbrio entre a deformabilidade das estruturas e paredes. Fica cada vez mais claro, portanto, ser fundamental passar a considerar o comportamento conjunto destas duas partes fundamentais do edifícios para não ter-se que assumir o ônus de muitas recuperações, e mais grave ainda: o desconforto e os riscos existentes para os usuários.

Estados críticos como os verificados nas Figuras 1 e 2 apenas podem ser prevenidos com atitudes radicais de concepção no projeto, que levem à separação entre a estrutura e a vedação vertical. Entretanto, existem muitas situações intermediárias nas quais a alvenaria apresenta bom desempenho,

mesmo trabalhando em conjunto com a estrutura de concreto armado. Nestas situações, uma das patologias que devem ser prevenidas é a fissura vertical que pode surgir na interface entre os pilares e as paredes.

Neste trabalho são propostos critérios de especificação e técnicas para o emprego de dispositivos de ancoragem de paredes de vedação e pilares de concreto armado para evitar as fissuras de interface entre paredes e pilares. A pesquisa experimental conduzida procura mostrar o desempenho comparativo de diversos tipos de dispositivos empregados com esta finalidade e as técnicas mais adequadas hoje disponíveis para minorar as fissuras de interface parede-pilar. As Figuras 3 e 4 apresentam aspectos destas manifestações.



Figura 3 – Aspecto geral de uma fissura de interface entre parede de alvenaria e pilar.
Esta manifestação ocorre em situações de deslocamento significativas dos elementos de apoios das paredes, como por exemplo, nas estrutura dos primeiros pavimentos dos edifícios de múltiplos andares, nas lajes e vigas de baixa relação altura-vão e nos balanços. Nestes casos o emprego de reforços adequados pode prevenir o problema.

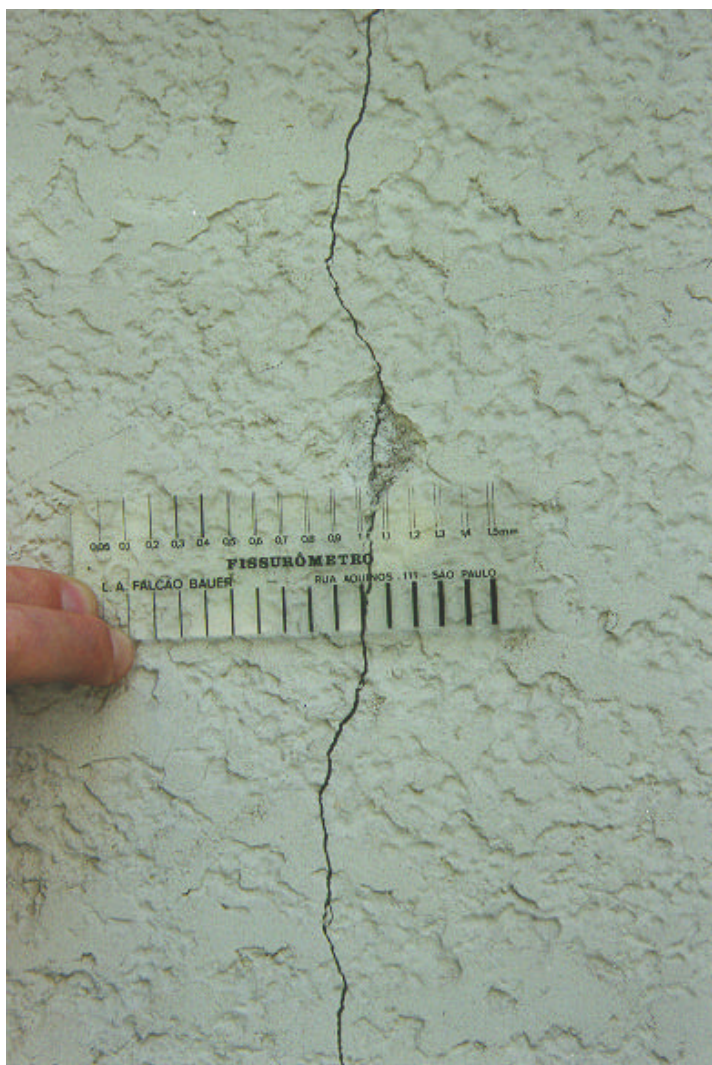


Figura 4 – Detalhe da fissura da figura anterior fissura de interface entre alvenaria em pilar. Neste caso o uso convencional de *ferro cabelo* não foi suficiente para evitar o surgimento do problema.

4. ANCORAGEM E REFORÇO DE PAREDES DE ALVENARIA COM TELAS ELETROSOLDADAS

A idéia de usar reforços nas paredes de alvenaria é análoga a do concreto, como explicam PFEFFERMAN; HASELTINE (1992), uma vez que o material apresenta resistência limitada tanto à tração como ao cisalhamento.

O surgimento de fissuras e trincas em paredes de alvenaria de vedação pode ser evitado através de especificação e projeto adequados das estruturas e vedações de maneira a limitar as tensões atuantes a níveis compatíveis com as resistências das paredes e suas interfaces. O projetista pode adotar reforços metálicos para suportar as tensões atuantes nas regiões mais solicitadas ou juntas de controle permitindo que estas tensões sejam dissipadas. De modo geral estas alternativas podem ser consideradas na elaboração do projeto das vedações, podendo-se fazer uso de cada uma delas de acordo com a melhor relação entre custo e benefício para resolver o problema.

BEALL (1987) classifica estes dispositivos de ancoragem de alvenaria de acordo com seu uso, nos seguintes tipos:

- **Parede-estrutura** (*anchor* em inglês): usados para ligar uma parede de vedação a um elemento estrutural;
- **Parede-parede** (*ties* em inglês): usados para unir alvenarias multi-lâminas (duplas, com cavidade interna, etc.) ou duas ou mais paredes contíguas;
- **componente-parede** (*fasteners* em inglês): usados para unir outros componentes da construção (espaletas, batentes de porta, esquadros de janela, revestimentos, etc.) à alvenaria.

Entre as várias situações possíveis de emprego de reforços para evitar fissuras está a ligação de paredes com pilares da estrutura. Estas fissuras ocorrem com frequência importante, principalmente nas situações em que os deslocamentos dos elementos de apoio das paredes são significativos.

Para ancorar as paredes e prevenir as fissuras de interface são empregados tradicionalmente os chamados *ferros cabelos* - fios de aço para concreto armado de espessura ente 4 e 6 mm - e mais ultimamente as telas metálicas eletrosoldadas de arame de pequeno diâmetro (até 2,1 mm).

4.1 Uso das telas soldadas como armadura e componente de ligação

As telas de arame soldado tem sido utilizadas de diversas formas na construção civil desde o início do século. Os primeiros usos remetem a construção de cercas e alambrados. Em 1910 estas telas eram empregadas para a construção de peças de concreto armado, tendo sido registrado seu uso na construção do *Empire State Building*. O ACI – *American Institute of Concrete* – publicou pela primeira vez ainda em 1928 um trabalho a respeito do uso das telas soldadas como material de construção, tendo a primeira norma a respeito sido elaborada em 1936 pela ASTM – *America Society for Testing and Materials*. (BIA, 1981)

O uso de telas soldadas na construção civil se difundiu principalmente devido às vantagens obtidas na substituição das armaduras convencionais - montadas no local - para lajes de concreto armado. No Brasil, a utilização das telas é relativamente recente havendo ainda muito espaço para crescimento de seu uso.

Diversos são os códigos de obra, manuais técnicos e normas que especificam o emprego de telas para fins de reforços de alvenarias. Há também normalização específica para a análise de desempenho das telas e outros dispositivos para reforço de juntas de paredes. No caso específico do uso das telas soldadas para ligação de paredes de alvenaria com estrutura reticulares pouco foi desenvolvido. Merecem destaque as contribuições do NCMA – *National Concrete Masonry Association* e do BIA – *Brick Institute of America*, através de publicação de vários boletins técnicos específicos sobre o assunto na década de 70. (BIA, 1981) (NCMA, 1972)

As telas soldadas têm encontrado espaço para utilização na construção devido principalmente às suas vantagens relativas à produtividade na execução. Elas têm se mostrado bastante competitivas quando comparadas às armaduras montadas no local pois permitem maior precisão no espaçamento dos fios das malhas para armadura devido ao seu processo automatizado de produção, reduzindo substancialmente as perdas em obras, como destaca BAUMANN (1993).

Vários foram os fatores que levaram ao uso inicial das telas soldadas como componentes de ligação entre parede e pilar. A redução do tempo de instalação do dispositivo de ligação talvez seja o mais atrativo para o construtor. O uso de telas deixadas para as amarrações posteriores facilita a execução prévia das paredes de fachada para elevação em uma segunda fase das paredes internas. Isto sozinho pode representar um ganho de até 20 % na produtividade das equipes de alvenaria em função da complexidade do projeto.

As telas soldadas empregadas conjuntamente nas amarrações entre paredes e nas ligações de paredes com pilares podem representar um ganho de produtividade na execução das alvenarias entre 20 e 40 % quando comparadas às soluções convencionais com ferro cabelo e amarrações com blocos.¹

As telas também facilitam a amarração entre paredes construídas com blocos de diferentes dimensões ou ainda em amarrações de paredes com ângulos diferentes de 90°. O mesmo acontece nas situações onde as amarrações entre paredes e encontros com pilares são de difícil execução como espaletas (*bonecas*), peitoris, paredes de meia altura e paredes de escada.

Devido a sua facilidade de corte e manuseio, ancoragem adequada à argamassa de assentamento e desempenho compatível com esforços de tração, as telas se prestam também as situações onde o projetista pretende

¹ Estes dados são exemplos de obras acompanhadas pelos autores na cidade de São Paulo entre 1997 e 1999.

tornar a paredes mais resistentes à fissuração, podendo armar as juntas horizontais para combater estes esforços. Assim, pode-se utilizar as telas como armadura de paredes de vedação sujeitas à flexão no sentido paralelo ao seu plano principal, evitar fissuração precoce de paredes apoiadas sobre vigas e lajes em balanço ou em vigas e lajes de grandes vãos que apresentem deformabilidade significativa.

Um estudo desenvolvido por PFEFFERMAN, HASELTINE (1992) demonstrou o potencial de uso de armaduras com fios transversais para melhorar o desempenho mecânico das alvenarias. Seus resultados demonstraram ser possível aumentar entre 50 e 100 % o comprimento de paredes usando reforços de juntas para combater fissuração. O desempenho das paredes submetidas a flexão devido ao deslocamento do suporte, no caso vigas e lajes de concreto armado. Estes autores recomendam o uso de reforços nas juntas para situações como:

- Reforços das primeiras 3 a 5 juntas horizontais para impedir a formação de fissuras devido a pequenos recalques de fundação;
- Nas juntas acima e abaixo de aberturas de janelas e acima de portas para evitar fissuras devido a concentração de esforços;
- Como substituição de vergas e contravergas nas alvenarias aparentes;
- Como opção para a armação de paredes para combater flexão devido a ação do vento, observando as recomendações normativas de projeto.

Embora as telas possam funcionar também para combater esforços de cisalhamento como aqueles que ocorrem nas regiões dos cantos de aberturas de acordo o NCMA (1972), existem limitações quanto ao uso para estas finalidades. BEALL (1987) observa que as ancoragens construídas com tela resistem bem melhor a tração do que ao cisalhamento devendo ser consideradas conectores flexíveis. Assim deve-se considerar, portanto, seu efeito limitado para situações onde esforços de cisalhamento são concentrados e de grande magnitude, como são os casos de paredes duplas de fachadas de edifícios em que a lâmina exterior constitui-se em uma

cortina ancorada no nível de cada laje por meio de conectores metálicos, de forma a garantir estabilidade. Neste caso barras e chapas com desenhos apropriados são recomendados devido à maior resistência à esforços cortantes.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentadas na seqüência mostram um resumo das vantagens relativas das telas quanto ao desempenho e quanto ao uso como reforço e ligação entre paredes de alvenaria e pilares de concreto armado, quando comparadas com a solução tradicional através de *ferro cabelo*.

Tabela 1 - Resumo comparativo entre tela metálica soldada e galvanizada e ferro cabelo para ligação entre parede de alvenaria e pilar de concreto quanto ao desempenho.

TELA SOLDADA	FERRO CABELO
QUANTO AO DESEMPENHO	
Desempenho global superior.	Desempenho limitado e difícil de ser obtido satisfatoriamente.
Maior capacidade de evitar o surgimento das primeiras fissuras na interface entre parede e pilar.	Ineficiência do ferro cabelo reto. Potencial do ferro dobrado comprometido pela dificuldade na execução.
Maior homogeneidade da aderência ao arrancamento (<i>pull out test</i>)	Grande variação nos resultados de aderência devido a enorme influência da mão-de-obra
Menor influência da mão-de-obra	Grande influência da mão-de-obra na chumbagem e posicionamento do fio na junta de argamassa.
Maior capacidade de ancoragem à argamassa.	Baixa aderência com a argamassa. Depende muito da posição na junta horizontal e da existência de barra transversal para funcionar adequadamente (ferro cabelo dobrado tipo estribo).
Maior capacidade de redistribuição de tensões. Efeito de <i>difusibilidade</i> da armadura no interior da junta de argamassa.	Potencial de concentrações de tensões e conseqüente ruptura brusca.
Arame protegido contra corrosão. Galvanização aumenta vida útil em cerca de 10 vezes.	Sujeito à corrosão rápida se exposta à umidade e ação de revestimento de gesso, principalmente quando o recobrimento fica comprometido.
Estabilidade lateral da parede limitada ao seu potencial de resistência à tração.	Dificuldade de posicionamento correto e capacidade de cisalhamento muito maior que a resistência à tração da alvenaria.
Pouca dependência da aderência com a argamassa: macro ancoragem na malha quadrada.	Depende da aderência com argamassa, mesmo existindo uma dobra transversal à espessura da parede

Tabela 2 - Resumo comparativo entre tela metálica soldada e galvanizada e ferro cabelo para ligação entre parede de alvenaria e pilar de concreto quanto ao uso.

TELA SOLDADA	FERRO CABELO
QUANTO AO USO	
Maior grau de racionalização do serviço de colocação da armadura de ancoragem.	Maior desperdício de material e mão-de-obra.
Chegando cortada nos tamanhos necessários a tela pode ser rapidamente fixada sem necessidade de beneficiamento.	Requer corte, dobra e chumbagem no concreto, dificultando a colocação.
Maior possibilidade de ajuste em diferentes situações, como: ligação de paredes de diferentes espessuras, ligação de paredes não ortogonais, reforço de paredes com blocos vazados.	Maior dificuldade para ajuste das várias situações de projeto.
Potencial de uso em toda a extensão da junta horizontal de argamassa, armando a parede para resistir à esforços de flexão e cisalhamento.	Fios unidirecionais contínuos, sem fios transversais soldados, apresentam desempenho restrito para esta finalidade, dependendo unicamente da aderência argamassa-armadura.
Facilidade de recobrimento do fio de pequeno diâmetro pela argamassa.	Maior dificuldade para recobrimento adequado. Necessidade de camada extra de argamassa para assentamento dos blocos da fiada superior.
Permite sobreposição se necessário, como no encontro de paredes não ortogonais e emendas por traspasse, por exemplo.	Não permite sobreposição devido a limitação de espessura da junta horizontal.
Facilidade para aplicação da argamassa e assentamento dos blocos. Mesmo fixada ao pilar a tela permite manobra.	O ferro cabelo chumbado é pouco maleável dificultando a execução da alvenaria.
Uso imediato após colocação.	Necessidade de espera para cura completa do adesivo usado na chumbagem.
Fixação por meio de cravação com pino através de finca pinos de baixa velocidade.	Chumbagem no pilar com uso de adesivo epóxi.
Uso de pino e cantoneira permite fixação com segurança.	Uso de brocas para fazer furos de chumbagem é dificultado pela armadura do pilar.
A dobra ocorre somente no momento da colocação da tela na junta	A posição final ocorre desde a fixação, perturbando o andamento da execução da parede e de outros serviços
Menor necessidade de controle de qualidade	Necessidade de maior controle devido a um maior número de operações unitárias e uso de adesivo em local de difícil execução
Maior potencial de atendimento ao projeto	Uso restrito
Garantia de qualidade do produto pelo fabricante. Tela, pinos e cantoneiras são industrializados.	Preparação dos materiais em obra dificulta garantia do conjunto.

Tabela 3 - Etapas da colocação de telas metálicas e ferro cabelo para ligação entre parede de alvenaria e pilar de concreto

ETAPAS	TELA SOLDADA	FERRO CABELO
Corte e dobra		X
Nivelamento das posições de fixação	X	X
Marcação das posições	X	X
Fixação com cantoneira e pino	X	
Furação do pilar (x2)		X
Limpeza do furo		X
Mistura do adesivo		X
Aplicação do adesivo		X
Chumbagem		X
Tempo de cura		X
Dobra para posição final	X	
Colocação da camada extra de argamassa		X
TOTAL	4	10

4.2 Normalização sobre o uso de telas metálicas em alvenarias

Um levantamento de informações sobre o emprego de telas soldadas na construção permitiu constatar que, embora estes dispositivos venham sendo empregados há bastante tempo na construção, sua tecnologia de aplicação ainda não está consolidada. (BEALL, 1987)

Embora a utilização da tela de arame soldado em alvenarias ainda seja incipiente, ainda carecendo de normalização que definam as especificações de uso e técnicas construtivas mais adequadas, as telas tem sido objeto de

estudo, principalmente como reforço de juntas horizontais de alvenaria. O BIA (1978) prevê em suas recomendações o emprego de telas soldadas desde 1978. O NCMA (1975) descreve o emprego das telas como armadura de juntas horizontais de paredes de alvenaria com função estrutural no seu Boletim Técnico TEK 64 de 1975.

O desenvolvimento de normas técnicas que tratam de reforços destinados a juntas horizontais de argamassa para alvenaria, por exemplo, é relativamente recente. O projeto de norma do BSI - *British Standards Institution* DD 140 Part 1 (BSI, 1986) baseia-se na normalização americana da ASTM E 754 (ASTM, 1994) escrita em 1980 e revisada em 1994.

As normas americanas tratam especificamente de telas de arame soldado (*welded wire fabric*) para reforço de juntas horizontais de alvenaria. O método de ensaio citado descreve um procedimento para verificar a resistência de aderência de dispositivos metálicos colocados no interior de juntas de argamassa. A norma de especificação que inclui referências ao emprego de telas de arame para esta finalidade foi escrita somente 1996. (ASTM, 1996)

No Brasil, as normas técnicas tratam apenas de telas metálicas destinadas à armaduras de concreto armado. Isto acontece também com a ISO – *International Standardization Organization* – que somente trata de telas para este fim.

As normas francesas da AFNOR – *Association Francaise de Normalisation* não trazem especificidades a este respeito. A normalização da DIN - *Deutsches Institut für Normung* adota os mesmos critérios definidos pelas normas CEN - *The European Committee for Standardization*. (EN, 1992). Esta norma refere-se genericamente a acessórios destinados à alvenaria denominando-os de *ties* e apresentam métodos de ensaios para determinação de vários tipos de resistências (aderência à tração, cisalhamento, rigidez, entre outros) para a avaliação de desempenho de dispositivos destinados ao reforço de juntas de alvenarias.

Existe na normalização e literatura estrangeira uma preocupação constante com relação à durabilidade das ancoragens e reforços empregados em alvenarias, principalmente quanto à corrosão. Como explica BEALL (1987), se o dispositivo for degradado pela corrosão e a parede depender de sua contribuição para manter-se estável, a segurança estaria comprometida. Por isso existem várias exigências normativas quanto a proteção sendo normalmente necessário galvanização pelo processo de zincagem por imersão a quente, como prescreve a norma americana ASTM A153 (1985). Esta proteção é função da camada de zinco depositada na superfície e da agressividade do meio onde a alvenaria será construída.

5. TRABALHO EXPERIMENTAL

Podendo ser considerada responsável por uma parcela significativa das patologias das alvenarias e revestimentos, as fissuras de interface entre alvenaria e estrutura ainda são muito comuns e pouco se conhece com precisão a respeito do seu mecanismo de ocorrência.

Um dos fatores que influenciam diretamente no aparecimento destas fissuras é o modo como são definidas as ligações entre as paredes e os pilares da estrutura. Esta definição, quando levada em consideração, normalmente é baseada em critérios empíricos e construtivos, ocasionando dúvidas tanto por parte de quem projeta, como por parte de quem constrói. Na prática são utilizados dispositivos metálicos como barras, fitas e telas mas pouco se conhece a respeito do comportamento destes componentes como reforço e ancoragem de paredes de alvenaria.

Com o objetivo de contribuir para o equacionamento deste problema foi celebrado entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Morlan S.A. um projeto de pesquisa destinado a estudar o emprego de telas de arames soldados e galvanizados na construção de alvenarias.

O projeto tratou inicialmente de investigar o emprego das telas como reforços de juntas horizontais de paredes de alvenaria e também como

dispositivo de ligação entre estas paredes e os pilares das estruturas reticulares de concreto armado.

O trabalho inicial teve como principal objetivo procurar estudar experimentalmente o uso e desempenho das telas soldadas como componente de ligação. A idéia central era justamente buscar definir critérios que permitissem direcionar a especificação adequada destas ligações com o objetivo de evitar o aparecimento de fissuras indesejáveis nas interfaces entre parede e pilar.

A pesquisa permitiu avaliar as características de desempenho e as condições de aplicação das telas metálicas eletrosoldadas e das outras alternativas empregadas para estes usos em nosso país.

Foram estudadas as principais variáveis que interferem na utilização e desempenho destes dispositivos, procurando-se definir procedimentos de execução e critérios para o emprego das telas. Três conjuntos de variáveis foram identificadas, a saber:

- Tipo de ancoragem;
- Comprimento e espaçamento da ancoragem;
- Tipo de fixação.

O estudo experimental permitiu consubstanciar tecnicamente estes critérios e recomendações, procurando-se assim substituir as decisões baseadas apenas em aspectos práticos. Embora as prescrições de uso e especificações baseadas nos resultados obtidos nos experimentos são limitadas às condicionantes dos ensaios e variáveis estudadas, elas podem ser consideradas como um importante avanço na definição das especificações de projeto.

O trabalho experimental foi conduzido em duas fases onde empregaram-se dois tipos de ensaios distintos. Para avaliar componentes de ancoragem em juntas de argamassa foi empregado um ensaio de arrancamento à tração direta, conhecido em inglês como *pull out test* e adotado pela norma

americana ASTM E 754 (1994). Nesta fase foram realizados também ensaios de cisalhamento em paredinhas de alvenaria.

Para avaliar o comportamento destes dispositivos de ligação na interface parede-pilar foram construídos corpos-de-prova de tamanho natural. Estes ensaios são descritos e os resultados analisados nos itens que se seguem.

Em ambas as fases foram empregadas o mesmo tipo de bloco e argamassa. Os blocos eram cerâmicos com dimensões nominais de 250 x 250 mm destinados à alvenaria de vedação, tendo sido utilizados blocos fracionáveis (blocos com frisos e septos transversais duplos que facilitam a partição em frações modulares) e não fracionáveis. Os blocos fracionáveis apresentaram resistência à compressão média de 2,7 MPa enquanto os blocos não fracionáveis apresentaram resistência à compressão de 4,3 MPa, denotando a influência do detalhe destinado ao fracionamento. Os blocos fracionáveis foram empregados somente nas posições necessárias a modulação dos corpos-de-prova (prismas, paredinhas e paredes) destinadas aos ensaios. Foram realizados também ensaios dimensionais, tendo sido atendidos os limites da normalização quanto a esta propriedade.

Os blocos foram avaliados ainda quanto a sua absorção total e inicial (sucção). Os ensaios de absorção total apresentaram valor médio de 13,6 % enquanto a sucção (absorção inicial) média dos blocos (IRA) foi de 811 g/m²/min (15,70 g/30 pol²/min).

Todos os ensaios observaram as prescrições da normalização brasileira vigente com exceção do ensaios de absorção inicial que seguiu a normalização americana da ASTM C 67 (ASTM, 1990).

A argamassa de assentamento foi industrializada e fornecida em sacos prontos para uso, bastando acrescentar água e misturar mecanicamente. A resistência à compressão média determinada foi de 5,2 MPa.

Para caracterizar o conjunto bloco argamassa foram realizados ainda ensaios de aderência e resistência à compressão de paredinhas. Para os ensaios de aderência foram empregados prismas de três blocos submetidos

à flexão após cura ao ar de 14 dias, tendo sido obtido o valor médio de 0,12 MPa de tração na flexão. As paredinhas por sua vez foram construídas com três fiadas de altura e três blocos de largura, obtendo-se 0,47 MPa de resistência à compressão média para os blocos não fracionáveis aos 18 dias de idade.

Foram empregadas no total três tipos de telas metálicas nos experimentos. Inicialmente foram empregadas telas de malha 15 x 15 mm e fio com diâmetro de 1,5 mm e malha 25 x 25 mm e fio de 2,1 mm. Posteriormente foi desenvolvida uma nova tela de malha 15 x 15 mm e fio de 1,65 mm destinada a atender aos resultados necessários para os ensaios de paredes. Todas as telas foram fabricadas com arames macios galvanizados através do processo de zincagem a fogo com camada de zinco de pelo menos 60 g / m². A resistência à tração média do fio era de 500 MPa com alongamento mínimo na ruptura de 12 %.

5.1 Ensaio de tração direta dos dispositivos de ancoragem: resultados obtidos e comentários

Este ensaio teve o objeto principal de analisar comparativamente o desempenho dos dispositivos de ancoragem confeccionados de diversas formas. Tratando-se de um ensaio relativamente simples e procedimento facilmente reproduzível, foi possível avaliar uma série de variáveis que interferiam no comportamento dos dispositivos empregados para ancoragem, antes de realizar ensaios em escala natural.

Os ensaios de arrancamento através de tração de direta foram realizados de três modos distintos:

- Arrancamento direto do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado;
- Arrancamento do dispositivo da junta de argamassa de prismas de alvenaria;
- Arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria.

As Figuras 5 e 6 mostram aspectos gerais do dispositivo empregado nestes ensaios. Nota-se que as barras horizontais servem para a aplicação da carga de pré-compressão, enquanto as barras verticais destinam-se a manter o corpo-de-prova em sua posição original. As barras horizontais foram previamente calibradas com *strain-gages* para permitir a aplicação precisa da pré-compressão. Para acionar o dispositivo à tração foi empregada uma máquina universal de ensaios com controle de velocidade de carregamento. As Figuras 7, 8 e 9 mostram exemplos de corpos-de-prova de prismas com pilaretes, os dispositivos e tipos de fixação empregados nos ensaios.

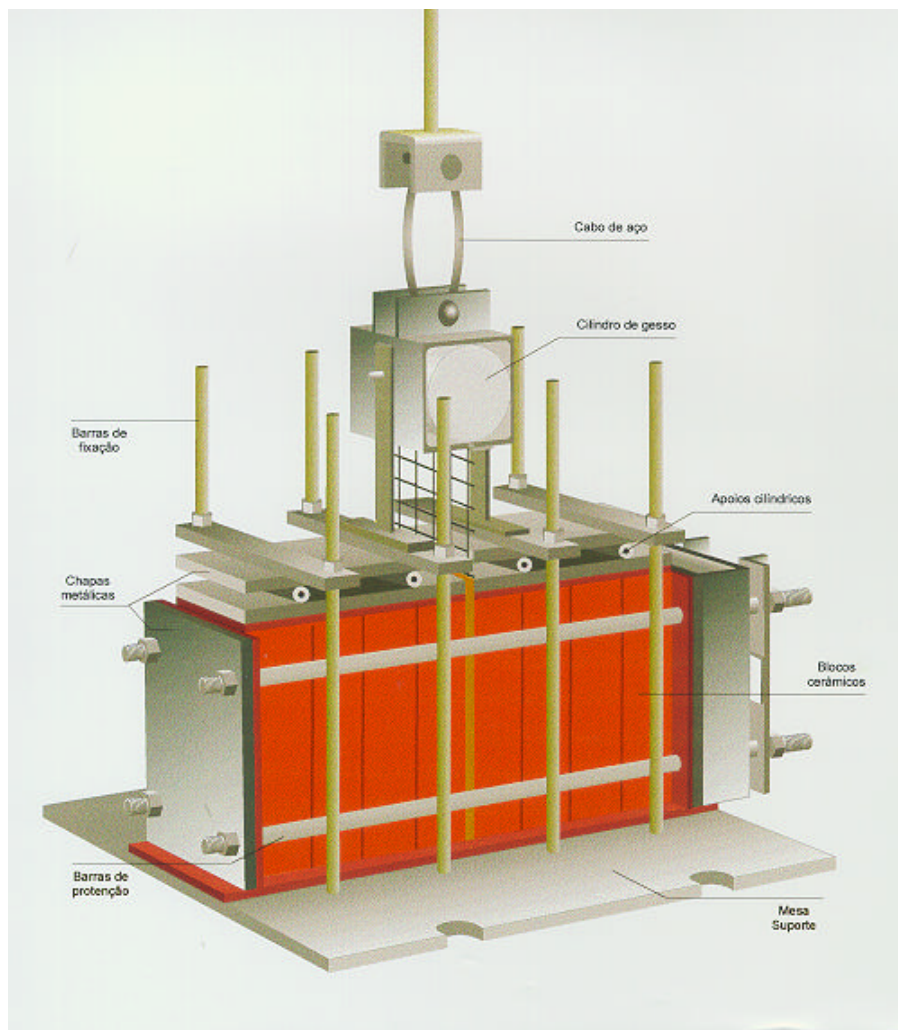


Figura 5 – Esquema do aparato para ensaios de arrancamento à tração do dispositivo de ancoragem em juntas de argamassa.



Figura 6 – Aspecto do ensaio de arrancamento à tração onde pode-se notar as barras horizontais destinadas à aplicação de tensões de pré-compressão. Na foto, procede-se à avaliação de uma tela metálica ancorada à junta de argamassa de um prisma de alvenaria.



Figura 7 – Corpos-de-prova confeccionados para ensaios de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e ancorado na junta de argamassa de prismas de alvenaria

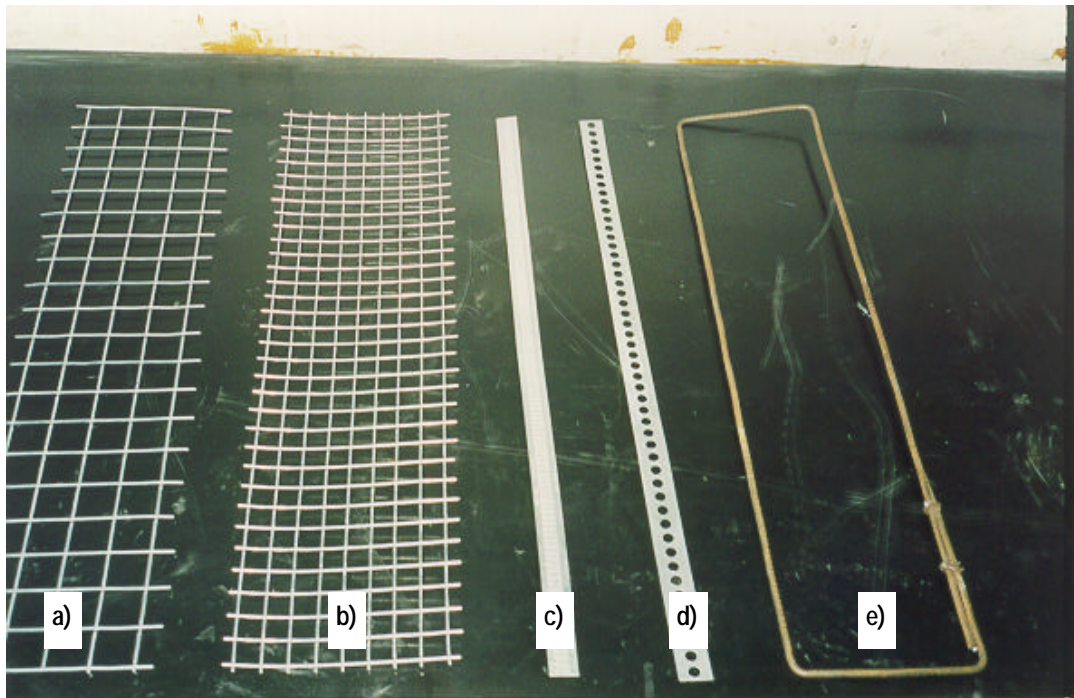


Figura 8 – Tipos de dispositivos para ancoragem parede-pilar estudados: a) Tela metálica eletrosoldada # 25 x 25 mm b) Telas metálicas eletrosoldada # 15 x 15 mm c) Fita Corrugada d) Fita perfurada e e) Ferro cabelo dobrado

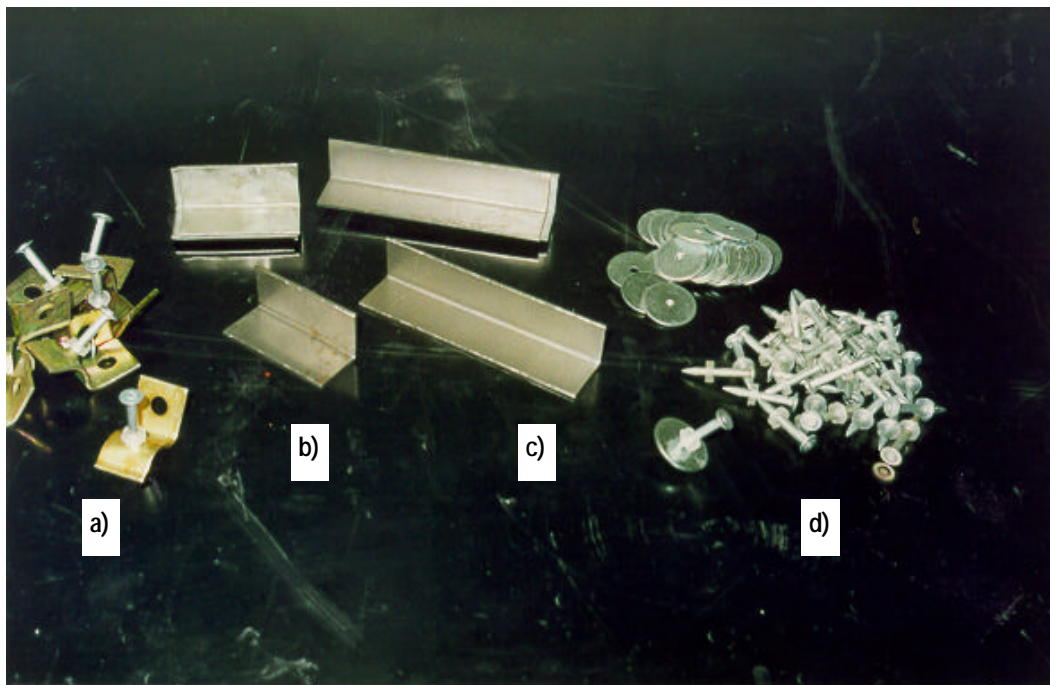


Figura 9 – Tipos de dispositivos empregados na fixação da ancoragem no pilar: a) cantoneiras curtas de aço b) cantoneira de aço de 50 mm c) cantoneira de aço de 100 mm e d) pinos e arruelas de aço

Com exceção do ensaio de arrancamento do dispositivo de ancoragem realizado diretamente do pilar, as resistências registradas correspondem ao surgimento da primeira fissura observada a olho nu a partir de uma distância de 1 m do corpo de prova sob condições de iluminação favorável com uso de refletores dirigidos (cerca de 500 lux).

As tabelas e figuras apresentadas na seqüência mostram os principais resultados obtidos.

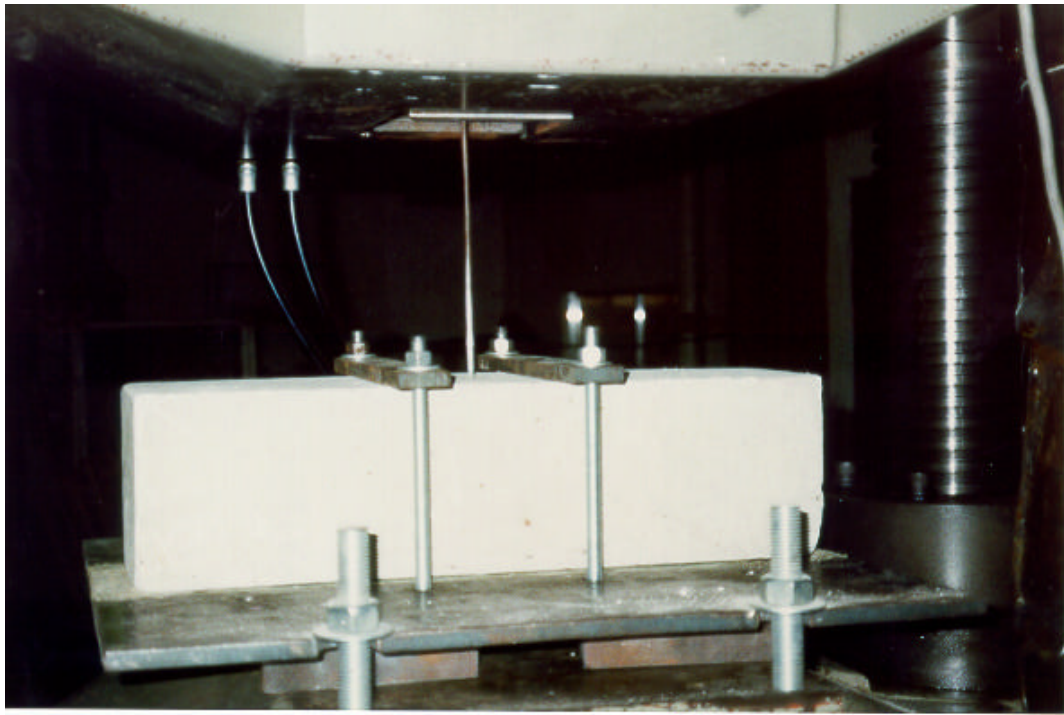


Figura 10 – Ensaio de arrancamento por tração direta do dispositivo de ancoragem (no caso um *ferro cabelo* – fio de aço CA 60 de 5 mm de diâmetro) fixado ao pilarete de concreto armado.

Tabela 4 – Resistência ao arrancamento por tração direta do dispositivo de ancoragem

DISPOSITIVO	RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO ¹ (kgf)	LOCAL DA RUPTURA
Fita metálica perfurada	220	Corpo da fita
Fita metálica corrugada	400	Corpo da fita
Ferro cabelo Φ 5 mm	400	Fixação com adesivo epóxi
Tela # 15 mm Φ 1,5 mm	80 ² / 640 ³	Corpo do arame
Tela # 15 mm Φ 1,65 mm	100 / 800	Corpo do arame

Observações:

- 1) Valores médios obtidos de pelo menos cinco exemplares que podem representar tanto a resistência do dispositivo como a resistência da fixação empregada conforme indicado;
- 2) Resistência à tração de apenas um fio da tela;
- 2) Resistência à tração do conjunto de fios da tela para parede de 14 cm de espessura.

A comparação destes resultados mostra que as telas tem maior potencial de resistência. As fitas apresentam menor resistência, enquanto o ferro cabelo com resistência muito maior, acaba rompendo-se na fixação com adesivo epóxi.

A variabilidade dos resultados foi elevada somente para os ferros cabelos uma vez que a qualidade da fixação depende de fatores de difícil controle, como: diâmetro e profundidade do furo, quantidade de adesivo empregado, limpeza do furo, colocação do adesivo no interior do furo e o envolvimento do fio com o adesivo.



Figura 11 – Ensaio de resistência ao cisalhamento da junta horizontal de pedrinhas de alvenaria reforçadas ou não com dispositivos metálicos.

Tabela 5 – Resistência ao cisalhamento da junta horizontal de pedrinhas de alvenaria reforçadas ou não com dispositivos metálicos

DISPOSITIVO	RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO ¹ (kgf)	VARIABILIDADE DOS RESULTADOS
Sem reforço (base comparativa)	500	Alta
Ferro cabelo Φ 5 mm (reto) ²	800	Alta
Ferro dobrado Φ 5 mm ³	1800	Baixa
Tela # 15 mm Φ 1,5 mm	2100	Baixa

Observações:

- 1) Valores médios correspondentes à resistência necessária para ocorrência da primeira visível, obtidos com dispositivos ancorados até a metade do comprimento total da junta de argamassa (12,5 cm);
- 2) Corresponde a dois fios de aço CA 60 dispostos paralelamente ao comprimento da junta;
- 3) Corresponde a um fio com duas dobras formando um estribo simples de aço CA 60.

A resistência obtida para a tela metálica foi próxima daquela resistência obtida para o ferro dobrado mostrando a maior eficiência destes dois dispositivos com relação ao ferro liso (cerca de 3 vezes maior). A pequena contribuição do ferro liso quando comparado a parede sem reforço mostra sua baixa eficiência, além da elevada variabilidade apresentada.

Estes resultados mostram claramente a necessidade de existir barras ou fios transversais à junta horizontal de argamassa para ancorar a armadura, resistindo ao seu escorregamento de dentro na argamassa. Este detalhe é recomendado pelo NCMA (1978) para as armaduras de juntas de alvenaria e também pela norma canadense CSA (1994).

Com base em estudo experimental, o NCMA (1978) explica que o escorregamento dos arames longitudinais deformados não é apenas

combatido pela aderência da superfície dos fios com a argamassa, mas também pelo travamento mecânico proporcionado pelos arames transversais no interior da junta horizontal.



Figura 12 – Ensaio de arrancamento por tração direta do dispositivo ancorado na junta de argamassa de prisma de alvenaria. Observar o detalhe da fissura.

Tabela 6 – Resistência ao arrancamento por tração direta (com pré-compressão) do dispositivo ancorado (ancoragem de 25 cm) na junta de argamassa de prisma de alvenaria.

DISPOSITIVO	RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO ¹ (kgf)	TIPO DE RUPTURA
Ferro cabelo Φ 5 mm (reto) ²	240	Interface fio-argamassa
Fita metálica corrugada	340	Interface fio-argamassa
Ferro dobrado Φ 5 mm (dobrado) ³	540	Corpo da argamassa
Tela # 15 mm Φ 1,65 mm	560	Corpo da argamassa

Observações:

- 1) Valores médios que representam a resistência necessária para ocorrência da primeira fissura visível, obtidos com aplicação de uma carga de pré-compressão centrada de 50 kgf, obtidos com dispositivos ancorados no comprimento total (25 cm);
- 2) Corresponde a dois fios de aço CA 60 dispostos paralelamente ao comprimento da junta;
- 3) Corresponde a um fio com duas dobras formando um estribo simples com os dois fios de maior comprimento dispostos paralelamente no sentido comprimento da junta horizontal;

Analisando-se os resultados com comprimento de ancoragem total de 25 cm para todos os dispositivos observa-se praticamente os mesmo resultados superiores para a tela metálica e o *ferro cabelo* dobrado. Entretanto, a variabilidade dos resultados dos ensaios com ferro cabelo foi bem maior quando comparado com os valores obtidos para a tela.

Diferente do que ocorreu com o ferro dobrado e a tela, o ferro sem dobra e a fita corrugada perderam aderência da junta de argamassa, provocando a ruptura do conjunto.

Os ensaios comparativos com as telas ancoradas na metade do comprimento apresentou perda de aderência de apenas 15 a 20 % para o caso de juntas completamente preenchidas.



Figura 13 – Aspectos do ensaio de arrancamento por tração direta do dispositivo ancorado na junta de argamassa do prisma de alvenaria e do pilarete de concreto armado.

Tabela 7 – Resistência ao arrancamento por tração direta (com pré-compressão) da Tela # 15 mm Φ 1,65 mm ancorada (ancoragem de 25 cm) na junta de argamassa do prisma de alvenaria e do pilarete de concreto armado - influência do padrão de assentamento.

PADRÃO DE ASSENTAMENTO	RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO ¹ (kgf)	VARIABILIDADE
Faces vazadas ² voltadas para o pilar	500	alta
Faces lisas ³ voltadas para o pilar	450	alta
Faces alternadas ⁴	650	alta

Observações:

- 1) Valores médios que representam a resistência necessária para ocorrência da primeira fissura visível, obtidos com aplicação de uma carga de pré-compressão centrada de 50 kgf obtidos com a tela metálica ancorada no comprimento total (25 cm);
- 2) As faces vazadas correspondem àquelas perpendiculares aos vazados dos blocos, sendo no caso assentadas contra a face do pilar;
- 3) As faces lisas correspondem àquelas paralelas aos vazados dos blocos, sendo no caso assentadas contra a face do pilar;
- 4) Nesta alternativa, um bloco era assentado com a face lisa voltada para a face do pilar e a outra voltada para cima (horizontal).

Embora relativamente próximos, os resultados apontaram uma tendência de melhor ancoragem para a resistência de arrancamento de telas nos prismas de blocos assentados com as faces alternadas. A melhor situação obtida nestes casos foi aquela em que a face lisa do bloco superior recebe a dobra da tela que fica voltada para o pilar, enquanto a face lisa do bloco inferior fica voltada para receber a tela na junta horizontal.

Tabela 8 – Resistência ao arrancamento por tração direta (com pré-compressão) da Tela # 15 mm Φ 1,5 mm ancorada (ancoragem de 25 cm) na junta de argamassa do prisma de alvenaria e do pilarete de concreto armado - influência do tipo de fixação ao tela ao pilar.

TIPO DE FIXAÇÃO	RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO ¹ (kgf)	VARIABILIDADE
1 arruela ²	390	alta
2 arruelas	390	alta
1 cantoneira curta ³	450	alta
2 cantoneiras curtas	600	alta
1 cantoneira de 50 mm – 1 pino ⁴	550	alta
1 cantoneira de 100 mm – 2 pinos	880	baixa

Observações:

- 1) Valores médios que representam a resistência necessária para ocorrência da primeira fissura visível, obtidos com aplicação de uma carga de pré-compressão centrada de 50 kgf e uso de tela metálica ancorada no comprimento total (25 cm);
- 2) Arruela com 22 mm de diâmetro em aço zincado com furo central;
- 3) Cantoneira com furo em aba de 22 mm de largura e 25 mm de comprimento;
- 4) Cantoneiras fabricadas com abas de 20 mm de largura e comprimento de 50 e 100 mm especialmente para realização dos ensaios.

Devido a elevada variabilidade os resultados de resistência ao arrancamento com uma e duas arruelas apresentaram-se muito semelhantes. A arruela não permite uma dobra ortogonal da tela em relação a face do pilar o que deve ter provocado a fissuração precoce independentemente do número de fixação.

As cantoneiras curtas mostram-se mais eficientes que as arruelas provavelmente devido a melhor condição para obtenção da dobra ortogonal.

O melhor resultado foi obtido para as situações onde um maior número de fios fica preso na fixação, ou seja, para a cantoneira de 100 mm fixada com dois pinos. Esta mesma cantoneira fixada com apenas 1 pino mostrou comportamento semelhante a cantoneira de 50 mm.

Para a cantoneira de 100 mm os resultados tiveram variabilidade mais baixa que os demais tipos de fixação provavelmente devido a não ruptura precoce em apenas alguns fios da tela.

Tabela 9 – Resistência ao arrancamento por tração direta (com pré-compressão) da Tela # 15 mm Φ 1,5 mm ancorada (ancoragem de 25 cm) na junta de argamassa de prisma de alvenaria - influência do comprimento de ancoragem da tela na junta vertical com pilar (5 ou 10 cm).

TIPO DE FIXAÇÃO	RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO ¹ (kgf)	VARIABILIDADE
1 arruela ² com L = 10 cm	510	alta
1 arruela com L = 5 cm	390	alta
2 arruelas ² com L = 10 cm	560	alta
2 arruelas com L = 5 cm	390	alta

Observações:

1) Valores médios aproximados que representam a resistência necessária para ocorrência da primeira fissura visível, obtidos com aplicação de uma carga de pré-compressão centrada de 50 kgf obtidos com a tela metálica ancorado no comprimento total (25 cm);

2) Todas as arruela com 22 mm de diâmetro em aço zincado com furo central.

Neste caso observou-se uma tendência de aumento da resistência dos conjuntos com maior comprimento de ancoragem, muito embora a variação dos resultados sejam elevadas.

Os resultados mostraram que quando executada de modo adequado, a dobra da tela de maior comprimento mostra-se ser capaz de distribuir melhor as tensões pela junta de argamassa, como ocorre também com as telas de maior comprimento de ancoragem nas juntas horizontais.

5.2 Ensaio da ligação parede-pilar em escala natural

Para que fosse possível a obtenção de critérios e parâmetros necessários para subsidiar o projeto de alvenaria foi necessário a realização de ensaios da ligação parede-pilar em escala natural.

Estes ensaios demandaram a construção de um aparato de ensaio baseado no arranjo estrutural de um balanço. As paredes construídas previamente sobre elementos de concreto armado pré-moldados eram posicionadas sobre uma viga metálica engastada em pórtico também metálico de elevada rigidez. A parte do elemento pré-moldado que corresponde ao pilar era presa ao pórtico de forma a impedir seu deslocamento. As Figuras 14 e 15 apresentam respectivamente os corpos-de-prova e o aparato montado para a realização destes ensaios.

Sobre a parede era moldada uma cinta de concreto armado destinada a distribuir o carregamento concentrado aplicado na parte superior através de um cilindro de carga acionado hidraulicamente.

O mecanismo de avaliação de desempenho da interface parede-pilar consistia na medida do carregamento aplicado axialmente à parede e na sua correlação com o surgimento e propagação de fissuras visíveis nesta interface. Foram determinadas duas leituras de deformação para determinar o surgimento e propagação da abertura da fissura.

A leitura LH 1 mostrada nos gráficos das Figuras 17 e 18 representa a abertura da fissura na interface entre parede e pilar medida na metade do terço médio da parede enquanto a leitura LH 2 determina a abertura da fissura na metade do terço superior da parede, sendo essa segunda leitura de valor normalmente superior a primeira devido a deformação balanço ser maior na extremidade do vão.

A leitura LV3 equivale ao descolamento vertical medido na extremidade do apoio em balanço da parede. Esta leitura vertical foi empregada para a confecção das Tabelas 10 e 11 para determinar os deslocamento máximos dos apoios compatíveis com as diversas configurações de interface em função do tipo de fixação empregada.

Para estes ensaios foram empregadas apenas telas metálicas eletrosoldadas de malha 15 x 15 mm com fios de diâmetro 1,5 e 1,65 mm e telas com malha de 25 x 25 mm e fio de diâmetro de 2,1 mm. O desempenho das paredes ancoradas ao pilares com estas telas foram comparadas com o desempenho das paredes construídas sem ancoragens ao pilar.

Na fixação das telas foram empregadas cantoneiras de 20, 50 e 100 mm também para efeito de comparação tendo-se obtidos os resultados resumidos na Tabela 10. Deve-se ressaltar que as faces dos pilares dos elementos de concreto foram preparadas com chapisco rolado aplicado em duas demãos de modo a tornar a superfície favorável à aderência da argamassa de assentamento.

Uma comparação dos gráficos carga x deformação mostrados permite verificar claramente dois aspectos distintos: o mecanismo de ruptura ou surgimento da fissura na interface parede-pilar e a magnitude de carga necessária para ocorrer a fissuração.

Admitindo-se que as fissuras visíveis que atravessam completamente o revestimento de argamassa com 20 mm de espessura tenha 1 mm na posição LH2 (terço médio superior da altura da parede), pode-se verificar

que, nos dois casos extremos mostrados nos gráficos das Figuras 17 e 18, que a carga necessária é cerca de três vezes maior para a parede com tela (1800 kgf para a interface com tela e 600 kgf a parede sem tela).

Observa-se claramente também duas formas de ruptura bem distintas. Quando sem tela, a ligação absorve tensões até ocorrer perda de aderência entre as faces do pilar e da parede. Esta falha surge de maneira abrupta, formando uma trinca com abertura da ordem de 5 a 6 mm. O emprego da tela metálica na ligação da parede com o pilar evita este tipo de comportamento. A fissura surge com pequena abertura e vai progredindo à medida que mais carga é aplicada ao conjunto.



Figura 14 – Aspectos dos corpos-de-prova utilizados nos ensaios de ligação parede-pilar em escala natural. Trata-se de um elemento pré-fabricado em concreto amado sobre o qual era construída a parede em diversas configurações de ancoragem.

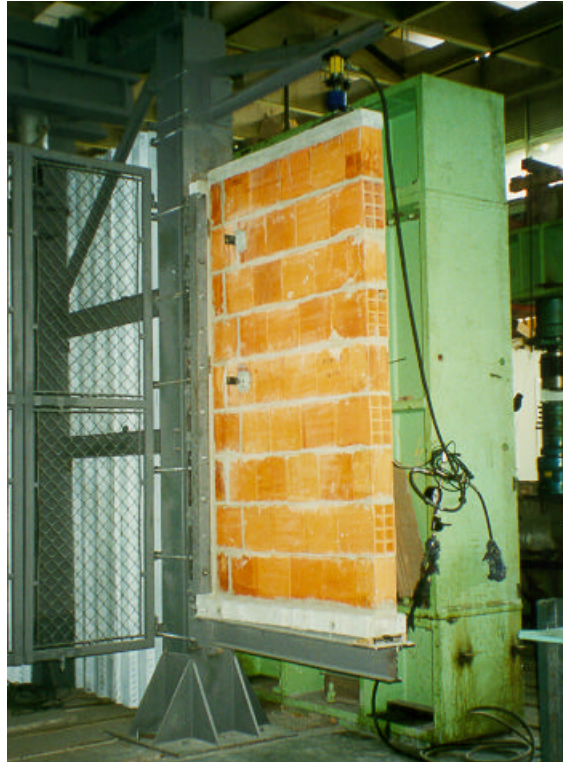


Figura 15 – Aspecto geral do balanço destinado aos ensaios de ligação parede-pilar em escala natural. Notar a posição de aplicação da carga e leituras das deformações.



Figura 16 – Detalhe da fissura de interface entre parede e pilar de concreto observada no ensaio.

Carga x Deformação

Sem Tela

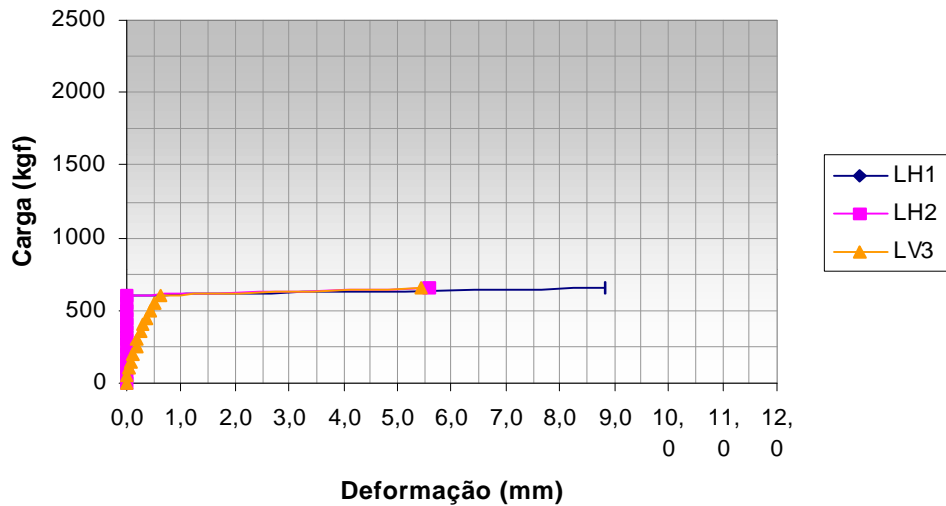


Figura 17- Gráfico Carga x Deformação mostrando o comportamento da interface entre pilar de concreto e parede de alvenaria. Neste exemplar não foi utilizado nenhum dispositivo metálico. O trecho inicial da curva representa o efeito da aderência da parede com a face do pilar.

Carga x Deformação

Tela # 15mm ($\Phi = 1,65\text{mm}$), L= 500mm
Cantoneira 10cm, 2 pinos - todas as fiadas

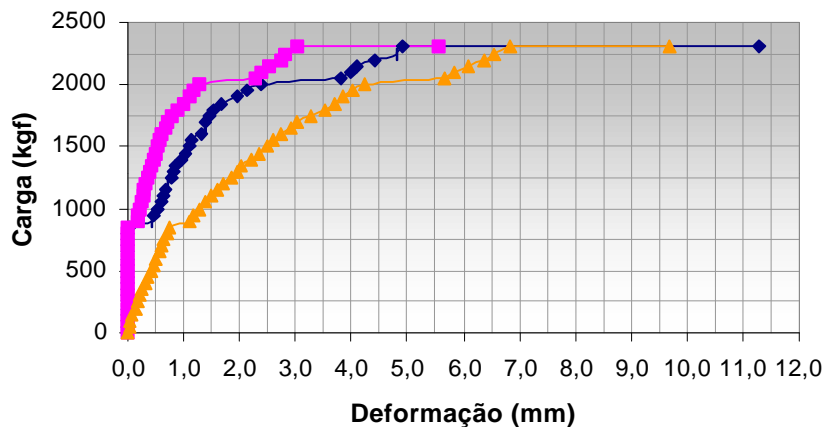


Figura 18 - Gráfico Carga x Deformação mostrando o comportamento da interface entre pilar de concreto e parede de alvenaria. Ligação entre parede e pilar empregando tela metálica eletrosoldada fixada com cantoneira em todas as fiadas.

Tabela 10 - Resumo dos limites máximos de deslocamentos médios admissíveis após execução da alvenaria para evitar fissuração na interface pilar-parede com o uso de telas soldadas

Para tela fixada com cantoneira de 100 mm em **todas as fiadas**
 Considerando abertura média da fissura no terço superior da parede de até 1 mm
 Onde L é o vão do apoio da parede

Tipo de ligação	Limite máximo para ocorrer fissuração	Coefficiente de segurança 1,5	Coefficiente de segurança 2
Aderência	L / 2600	L / 3900	L / 5200
# 15mm ϕ 1,5mm	L / 900	L / 1350	L / 1800
# 15mm ϕ 1,65mm	L / 700	L / 1050	L / 1400
# 25mm ϕ 2,1mm	L / 700	L / 1050	L / 1400

Para tela com fixada com cantoneira de 100 mm nas **fiadas pares**
 Considerando abertura média da fissura no terço superior da parede de até 1 mm
 Onde L é o vão do apoio da parede

Tipo de ligação	Limite máximo para ocorrer fissuração	Coefficiente de segurança 1,5	Coefficiente de segurança 2
Aderência	L / 2600	L / 3900	L / 5200
# 15mm ϕ 1,5mm	L / 1300	L / 1950	L / 2600
# 15mm ϕ 1,65mm	L / 900	L / 1350	L / 1800
# 25mm ϕ 2,1mm	L / 900	L / 1350	L / 1800

Para tela fixada com cantoneira de 50 mm nas **fiadas pares**
 Para tela fixada com duas cantoneiras de 20 mm nas **fiadas pares**
 Considerando abertura média da fissura no terço superior da parede de até 1 mm
 Onde L é o vão do apoio da parede

Tipo de ligação	Limite máximo para ocorrer fissuração	Coefficiente de segurança 1,5	Coefficiente de segurança 2
Aderência	L / 2600	L / 3900	L / 5200
# 15mm ϕ 1,5mm	L / 1800	L / 2700	L / 3600
# 15mm ϕ 1,65mm	L / 1100	L / 1650	L / 2200
# 25mm ϕ 2,1mm	L / 1100	L / 1650	L / 2200

5.3 Conclusões gerais do trabalho experimental

A partir dos resultados obtidos e observações acerca do comportamento das técnicas e dispositivos empregados na ancoragem das paredes, pode-se chegar às seguintes principais conclusões gerais:

- A aderência e a resistência da argamassa são fatores de grande influência para o funcionamento e desempenho do sistema de ancoragem;
- A aplicação de uma carga de compressão prévia traz importante influência à resistência ao arrancamento dos dispositivos de ancoragem e deve ser levada em consideração. Mesmo carregamentos mínimos como os considerados são suficientes para alterar substancialmente os resultados;
- Através de correto preenchimento da junta horizontal de argamassa e posicionamento centralizado da tela pode-se obter sensíveis ganhos de eficiência, podendo representar 100 % de melhoria da resistência ao arrancamento;
- O correto preenchimento da junta vertical entre pilar e parede tem importância fundamental para o desempenho da ligação uma vez que a aderência representa parcela importante da capacidade do conjunto em resistir ao surgimento de fissuras na interface;
- O tradicional ferro cabelo sem dobra é ineficiente para evitar trincas de interface parede-pilar;
- O ferro cabelo dobrado e as fitas metálicas apresentam desempenho limitado e são muito influenciados pela qualidade de execução quando comparados com as telas metálicas;
- A tela é mais fácil de ser posicionada no interior da junta de horizontal de argamassa que as barras, chapas e fitas, principalmente por ter fios de pequeno diâmetro distribuídos ao longo da seção, impedindo que a mesma encoste facilmente na superfície do bloco da fiada inferior;
- As telas metálicas apresentam em geral, resistências ao arrancamento bem menos dispersas que os outros dispositivos avaliados. Os coeficientes de variação foram reduzidos de 30 a 40 % para o caso dos ensaios com *ferros cabelo* e de 15 a 20 % para os ensaios com tela;

- As cantoneiras destinadas à fixação de telas no pilar apresentaram melhor resultado que as arruelas por permitirem a fixação de um maior número de fios;
- Para paredes construídas com argamassas de resistência limitada (inferior a 7 MPa) como devem ser as paredes alvenarias de vedação em função de sua necessidade de ser deformável, não se justifica o emprego de arames e barras de maior diâmetro (acima de 2,1 mm) uma vez que as fissuras acontecem antes da ruptura do fio, na própria argamassa das juntas;
- O uso de reforços acima daqueles avaliados (tela metálica # 15 x 15 mm e Φ 1,65 mm) pode implicar em se atingir o limite de resistência à tração das alvenarias de vedação, principalmente da maioria das alvenarias de blocos cerâmicos, injustificando seu uso;
- A tela apresenta a vantagem de distribuir a seção resistente do reforço metálico ao longo da seção da junta e seu comprimento de ancoragem, contribuindo diretamente para melhor eficiência da ancoragem;
- A combinação de tela de fio de pequeno diâmetro e argamassa de baixo módulo se mostra a mais interessante para o caso prático de alvenarias de vedação;
- Parte importante da contribuição da tela como ancoragem e reforço deve-se ao efeito de travamento mecânico dos arames transversais na argamassas da junta horizontal;
- A tela se mostrou como a melhor alternativa para a ligação de paredes de vedação e pilares de concreto armado para prevenir fissuras de interface, respeitadas as limitações de uso como descreve a Tabela 11.

5.4 Critérios para especificações da tela metálica eletrosoldada como dispositivo de ligação parede-pilar

Para especificar adequadamente como deve ser executada a ligação entre parede e pilar deve-se conhecer basicamente três aspectos na etapa de projeto:

- Qual a magnitude da deformação que os elementos da estrutura vão sofrer ao longo do tempo, depois de construídas as paredes;

- Qual a magnitude das deformações intrínsecas devido às variações de umidade e temperatura que as paredes vão sofrer;
- Quanto a parede pode se deformar sem fissurar.

Embora as deformações de origem interna sejam importantes, as deformações impostas pela estrutura são hoje muito mais significativas devido à magnitude dos deslocamentos da estrutura provocados pela ação de cargas de longa duração.

Os resultados obtidos nos ensaios de paredes que permitem estabelecer os limites mostrados na Tabela 11 podem ser considerados compatíveis quando comparados as prescrições existentes para limites de deslocamento de apoios após a execução das paredes.

O CSTC (1980) estabelece como limite o valor equivalente a $L / 1000^2$ para a deformação do elemento da estrutura suporte da alvenaria após a execução de parede com aberturas e $L / 500$ para paredes sem aberturas. O ACI (1979), por sua vez, estabelece $L / 600$ como limite para o deslocamento do elemento suporte, também após a execução da parede de alvenaria.

Deve-se considerar ainda que destes códigos prescrevem ancoragens metálicas com finalidade de conectar a parede ao pilar, com exceção das situações onde existem juntas de controle. Neste caso são empregados apenas conectores de cisalhamento para garantir a estabilidade lateral do painel.

Pesquisas anteriores realizadas no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo mostram que as fissuras para deslocamentos bem menores que os esperados. Foram obtidos em ensaios de pórticos valores de deformação que levaram a fissuração de alvenarias de vedação entre $L / 1000$ e $L / 2300$

² L é o vão livre do elemento da estrutura (laje ou viga) na direção que se apoia a parede.

para diversos tipos de alvenarias ancoradas distintamente. (FRANCO; BARROS; SABBATINI, 1994).

O ACI (1995) reconhece que embora as paredes de vedação não sejam projetadas para ajudar a suportar as cargas estruturais, elas acabam exercendo também esse papel, sendo o travamento exercido e as cargas absorvidas proporcionais à rigidez apresentada por estes elementos. O mesmo texto explica ainda que se tais deslocamentos impostos às vedações não forem limitados podem ocorrer fissuras e danos, *“devendo ser enfatizado que a magnitude das deflexões dos elementos de concreto estrutural, particularmente em edifícios, pode ser estimada com precisão entre 20 e 40 %.* Isto ocorre devido a grande variabilidade nas propriedades dos materiais constituintes destes elementos e do controle de qualidade exercido durante a construção.” Esta observação corrobora as explicações de NEVILLE, DILGER, BROOK (1983) quando eles colocam que os valores precisos destas deformações são de difícil determinação, principalmente por serem muito dependentes do modo como se constrói as estruturas de concreto armado.

6. PROCEDIMENTO PARA APLICAÇÃO DE TELAS SOLDADAS COMO DISPOSITIVO DE ANCORAGEM ENTRE PAREDE E PILAR

6.1 Antecedentes

Projeto da alvenaria de vedação

A elaboração adequada de um projeto específico voltado à produção das alvenarias é o ponto mais importante para o sucesso da execução. O Projeto de Alvenaria deve antecipar as decisões necessárias à execução das paredes, verificando e equacionando suas interferências com outras partes da obra e definindo o processo de produção e a qualidade do produto final.

Os detalhes construtivos devem ser concebidos de forma a assegurar o melhor desempenho das funções das paredes, considerados os prazos e os custos previstos no planejamento global da obra.

Com base em um levantamento prévio de informação e na análise dos fatores intervenientes no desempenho global da alvenaria, o projetista deve elaborar o projeto apresentando pelo menos os seguintes aspectos:

- especificação dos materiais e componentes das paredes;
- especificação de técnicas e métodos construtivos;
- plantas e elevações das paredes, apresentação da modulação horizontal e vertical;
- detalhamento construtivo, incluindo definição das amarrações entre paredes e juntas de assentamento;
- definição das ligações parede-pilar e fixação superior;
- definição de vergas, contra-vergas, reforços e juntas de controle;
- detalhes de paredes contendo instalações e esquadrias, com a definição das interações necessárias;

- seqüência construtiva e prazos a serem observados na execução da alvenaria;
- tolerâncias admitidas e controles necessários;
- normas técnicas e diretivas observadas para o projetos a serem observadas na execução e controle.

O construtor deve atentar ainda para antes do início da execução propriamente dita das paredes, proceder uma etapa de controle para verificar se as condições da estrutura de concreto e dos elementos que servem de suporte para as paredes foram aquelas admitidas no Projeto de Alvenaria. Nas Figuras 19, 20, 21 e 22 podem ser observados dois aspectos de um projeto de alvenaria de vedação onde observam-se as posições das telas metálicas para ancoragem e amarração de paredes de alvenaria bem como detalhes construtivos típicos.

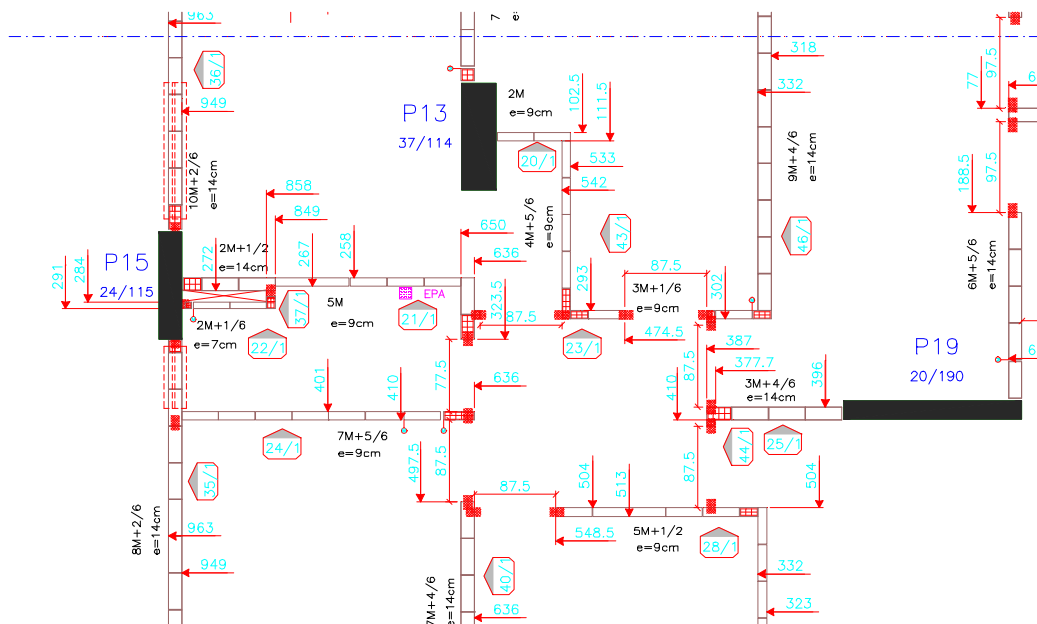


Figura 19– Planta da primeira fiada mostrando parte da alvenaria de vedação de um pavimento. Observar as posições de uso das telas metálicas e outros componentes construtivos.

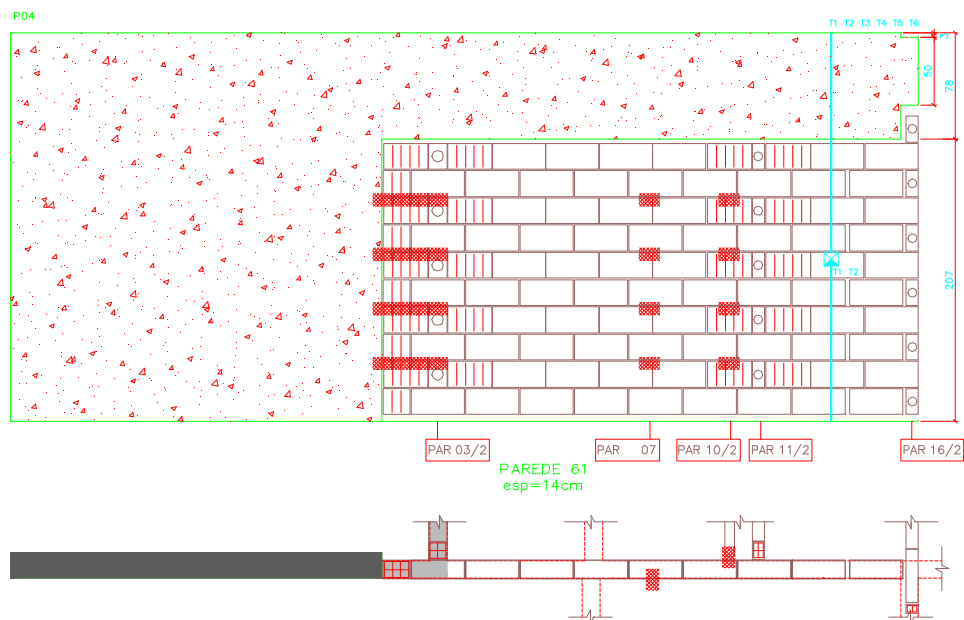


Figura 20 – Elevação de uma parede de vedação mostrando as posições de uso das telas metálicas tanto para ligação parede-pilar quanto para amarração de outras paredes.

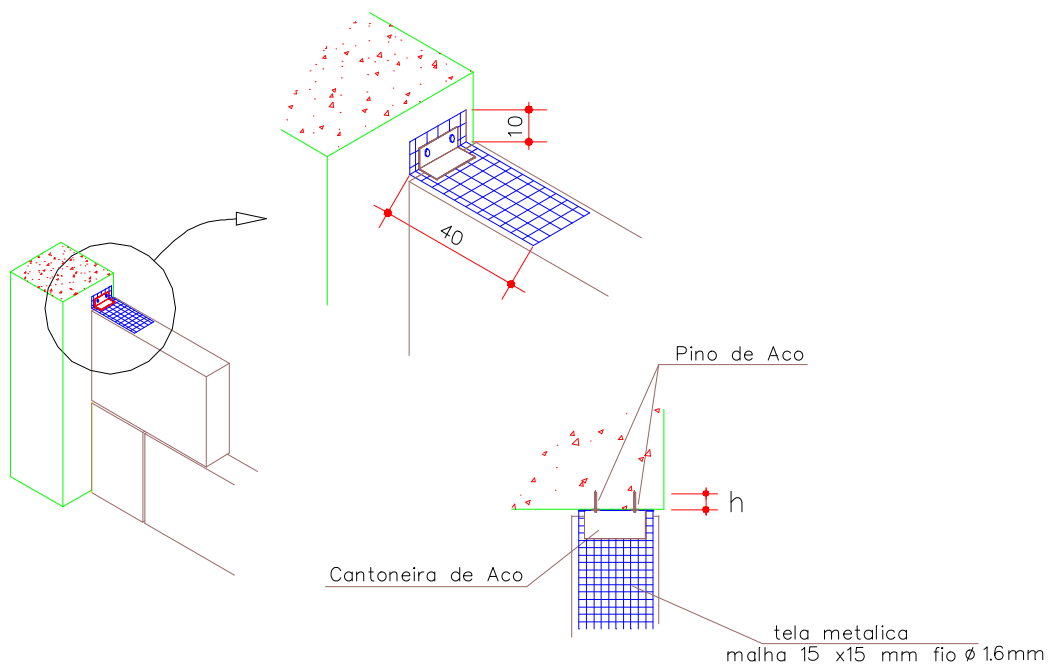


Figura 21 – Detalhes de instalação da tela metálica para ligação entre parede e pilar.

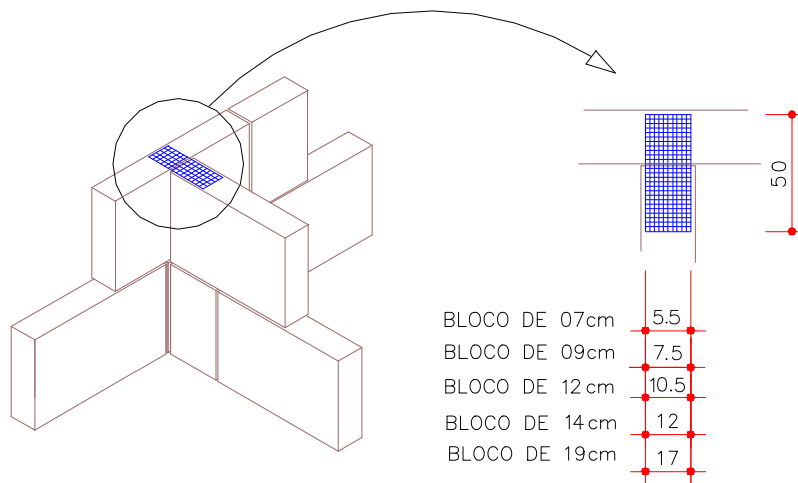


Figura 22 – Detalhe de ligação entre paredes empregando tela metálica.

Mão-de-obra

Na definição das *equipes de execução*, deve-se considerar a influência determinante da qualidade da mão-de-obra no desempenho da alvenaria, merecendo destaque especial neste caso os seguintes aspectos:

- falta de controle na produção e utilização da argamassa de assentamento;
- inobservância da dosagem da argamassa e do tempo máximo para aplicação após a mistura, conforme recomendado pelo fabricantes e projetista;
- assentamento incorreto das unidades de alvenaria;
- perturbações das unidades após o assentamento;
- desvios de prumo, alinhamento e nível das fiadas.

Para melhorar a qualidade da execução recomenda-se desenvolver programas de treinamento para as equipes, procurando a especialização e aumento de produtividade nos seguintes serviços unitários:

- produção de argamassas;
- levantamento das condições da estrutura;
- nivelamento e demarcação da alvenaria;
- colocação das telas de ligação com os pilares;
- execução da elevação e fixação da alvenaria;
- controle de qualidade.

6.2 Preparação do pilar

A estrutura de concreto deve ser preparada para receber a alvenaria, promovendo-se quando assim for especificado, a melhor interação possível entre a parede e o elemento estrutural. No caso da ligação lateral, deve-se procurar garantir aderência suficiente com o pilar para resistir às movimentações diferenciais previstas. A aderência é fundamental, pois em algumas situações pode representar a maior parcela da resistência da ligação, destacando-se aqui os seguintes principais cuidados na execução:

- limpar o pilar de concreto retirando restos de materiais aderidos, desmoldante e sujeira;
- o chapisco pode ser tradicional (mistura de cimento e areia aspergido manualmente) ou do tipo rolado aplicado com rolo para textura, atentando-se sempre para a qualidade de execução;
- umedecer e chapiscar a superfície do pilar com argamassa de cimento e areia, com ou sem o uso de adesivo sintéticos, de modo a obter uma superfície com textura que favoreça a aderência. Como referência pode-se utilizar um valor de resistência à tração da argamassa de assentamento com a face preparado do pilar não inferior a 3 kgf/cm²;
- esperar pelo menos 72 horas para o início do assentamento dos blocos da parede de modo que a aderência inicial seja obtida.

6.3 Escolha ou corte da tela

Deve-se preferencialmente adquirir a tela cortada nos tamanhos indicados no projeto, em conjunto com as cantoneiras e pinos de fixação, procurando reduzir as operações no canteiro e racionalizando o serviço, observando-se o seguinte.

- podem ser definidos tamanhos padrões de acordo com a espessura da parede (largura do bloco), conforme a tabela a seguir:

LARGURA DO BLOCO OU ESPESURA DA PAREDE	DIMENSÕES DA TELA Largura x Comprimento (mm)
140 mm	120 x 500
120 mm	105 x 500
90 mm	75 x 500
70 mm	55 x 500

- para paredes com blocos de 190 mm de largura podem ser usadas duas telas de 70 x 500 mm, principalmente no caso de blocos vazados, onde a área de ancoragem fica reduzida;
- 100 mm dos 500 mm do comprimento total da tela devem ficar embutidos na junta vertical de argamassa entre a parede e o pilar, com a dobra voltada para cima;
- no caso do corte da tela ser feito na obra usar um tesourão ou guilhotina, observando os tamanhos indicados no Projeto de Alvenaria;
- como regra geral pode-se definir o tamanho da tela com largura inferior a 20 mm da largura do bloco e comprimento no mínimo de 400 mm.

6.4 Fixação da tela no pilar

A execução da fixação é um ponto chave para o sucesso do sistema de ancoragem. Quando fixada de modo incorreto, a tela pode ter seu desempenho comprometido, permitindo que a fissura ocorra para

deslocamentos menores que os potencialmente esperados. No sentido de obter-se uma fixação adequada recomenda-se os seguintes cuidados:

- marcar a posição das telas nos pilares utilizando nível e galga, seguindo as referências de projeto. A marcação correta é muito importante para garantir que a tela fique posicionada no centro da junta horizontal;
- quando necessárias, as telas devem ser colocadas e fixadas pelo menos em todas as fiadas pares (segunda, quarta, sexta fiadas, etc.), observando as especificações do Projeto de Alvenaria e a Tabela de Especificações deste relatório;
- fixar a tela cortada à estrutura por meio de uma cantoneira de aba de largura mínima de 20 mm e espessura da chapa de pelo menos 2 mm, observando-se os comprimentos de acordo com a tabela abaixo:

DIMENSÕES DA TELA Largura x Comprimento (mm)	COMPRIMENTO DA CANTONEIRA (mm)
120 x 500	100 mm
105 x 500	80 mm
75 x 500	60 mm
55 x 500	40 mm

- deixar a tela sem dobrar (encostada na face do pilar) até o assentamento da fiada para evitar acidente com a extremidade cortante do arame;
- cravar as cantoneiras de comprimento 100 mm e 80 mm com dois pinos de aço zincado com diâmetro de 6 a 8 mm que permita uma penetração mínima de 20 mm, observando um afastamento mínimo de 50 mm de modo a obter uma força de arrancamento de pelo menos 300 N para concreto com resistência à compressão de 20 MPa,
- as cantoneiras de comprimento 50 mm devem ser cravadas com apenas um pino;
- para a segurança do operário e de terceiros durante a operação de cravação do pino é recomendável o uso de finca pinos de baixa velocidade (mecanismo de cravação à pistão) acionado com cartucho de pólvora;
- Não dispensar o uso de óculos de segurança e promover treinamento adequado;

- para concreto protendido, fazer furação prévia e usar cravação manual com pino adequado, consultando sempre o projetista da estrutura e o fabricante da ferramenta e do pino.

6.5 Colocação da tela na parede

A colocação da tela no interior da junta horizontal deve obedecer cuidados essenciais para obtenção do maior desempenho possível da ligação, devendo-se ser destacados os seguintes aspectos:

- as juntas horizontais devem ser plenamente preenchidas com argamassa na posição onde a tela será colocada, observando-se uma espessura 10 mm (não inferior a 8 mm e nunca superior a 15 mm). Tanto para esta como para demais juntas verticais e horizontais de argamassa oriente-se sempre pelo Projeto de Alvenaria;
- a junta vertical de argamassa entre a extremidade da parede e o pilar de concreto deve ser plenamente preenchida com argamassa em toda a sua extensão, devendo promover uma compressão no bloco para provocar o espalhamento do material e pleno contato com a face do pilar de modo a garantir a maior extensão de aderência possível, como mostra a Figura 6;
- a junta vertical entre a parede e o pilar deve ter espessura entre 15 e 25 mm, sendo sua qualidade de execução preponderante para o funcionamento adequado do sistema de ancoragem;
- as juntas verticais entre os dois primeiros blocos adjacentes aos pilares também devem ser preenchidas para permitir uma maior resistência mecânica aos esforços de tração e cisalhamento impostos pela ancoragem nesta região;
- após a aplicação da argamassa de assentamento sobre os blocos da fiada inferior, abaixar a tela, usando a cantoneira fixada ao pilar como referência para a dobra até que a mesma fique perpendicular à parede, centralizada na junta horizontal, permitindo que a argamassa penetre na malha de arame;

- para garantir uma dobra adequada a 90° pode-se percutir levemente sobre a tela, batendo com um martelo sobre um tarugo de madeira de modo a forçá-la contra a cantoneira. Isto deverá eliminar a curvatura inicialmente existente na dobra;
- A dobra de 100 mm da tela que ficou voltada para cima deve ser posicionada para facilitar a entrada da argamassa da junta vertical entre a parede e o pilar no interior de sua malha. Isto deve fazer com que esta parte da tela auxilie na ancoragem, redistribuindo os esforços logo que ocorrer os primeiros deslocamentos.



Figura 23 - Preenchimento da junta vertical de argamassa com auxílio de uma bisnaga.



Figura 24 - Colocação de argamassa com uma bispaga na junta horizontal para assentamento dos blocos.



Figura 25 - Assentamento do bloco de 25 x 25 cm na extremidade da parede com os vazados na horizontal para receber a argamassa de colocação da tela. Observe-se o uso da cantoneira de 10 cm fixada com dois pinos.

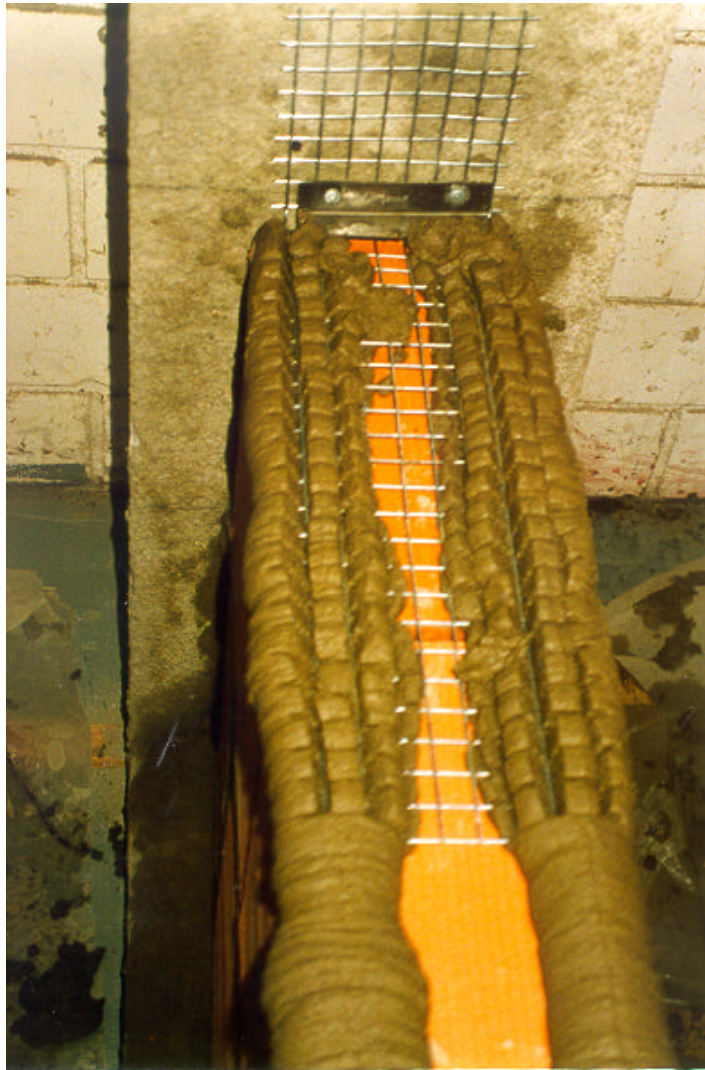


Figura 26 - Junta horizontal com argamassa e tela de ligação entre parede e pilar colocada na posição e pronta para o assentamento dos blocos da fiada seguinte.

Os blocos das extremidade das fiadas sobre os quais repousam as telas devem ficar preferencialmente com os vazados na direção horizontal (face lisa na horizontal), enquanto o bloco ou meio bloco da extremidade da fiada acima da tela deve ficar com os vazados na direção vertical (face lisa na vertical voltada para a face do pilar). A Figura 27 a seguir mostra a situação para o caso de blocos quadrados.

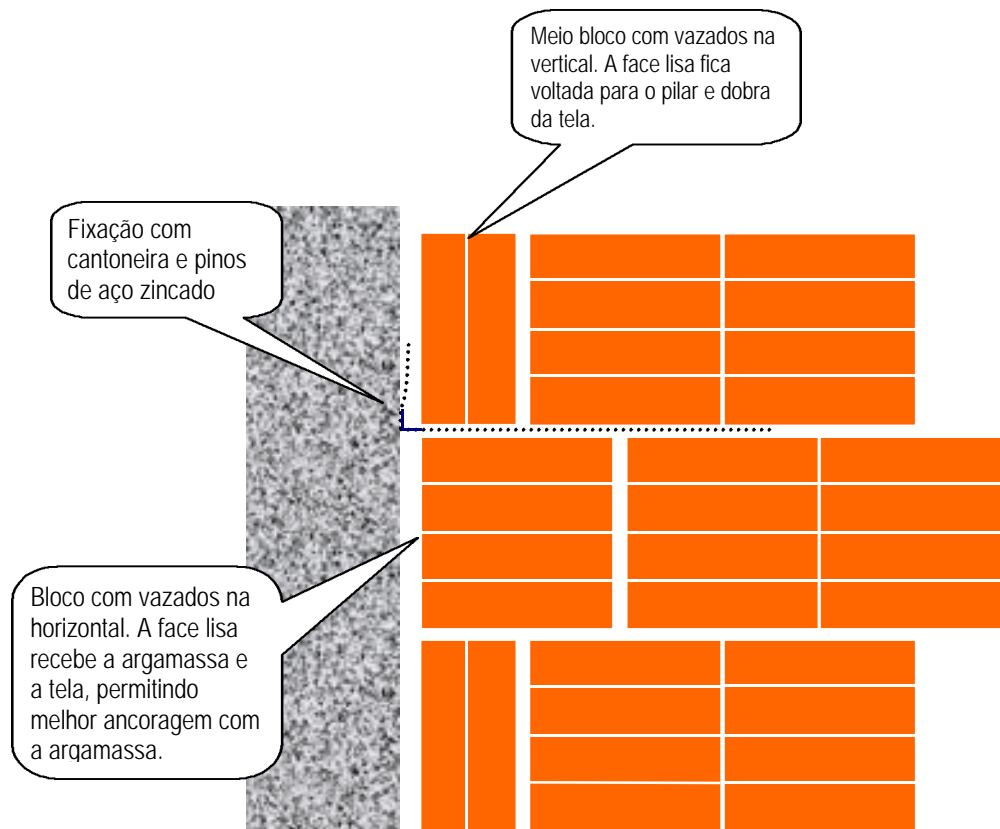


Figura 27 - Configuração típica dos blocos (25x25 cm) das primeiras fiadas na região da parede próxima ao pilar.

No caso do uso de blocos retangulares o assentamento de blocos com vazados na horizontal apenas é possível para os meios blocos. Os demais serão assentados necessariamente com vazados na vertical. Esta disposição favorece a aderência dos blocos das extremidades das paredes com a face dos pilares, mas dificulta a ancoragem da tela nas juntas horizontais. Nestes e nos outros casos o comprimento da tela dentro da parede não deve ser menor do que 400 mm. A Figura 28 mostra a situação para o caso de blocos retangulares.

Quando existe necessidade de uso de tela em todas as fiadas a configuração pode ser a mesma daquela usada nas paredes com telas apenas nas fiadas pares.

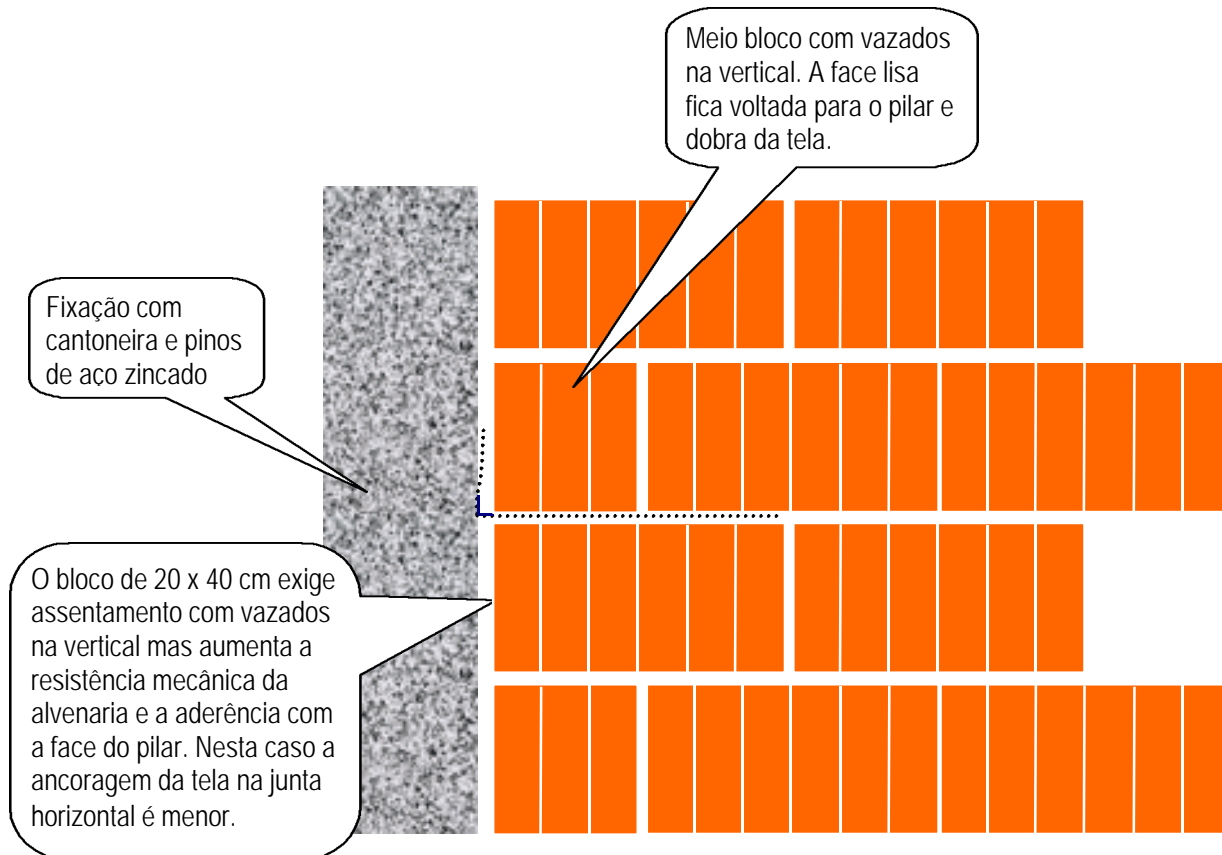


Figura 28 - Configuração típica dos blocos (20x40 cm) das primeiras fiadas na região da parede de alvenaria próxima ao pilar de concreto.

6.6 Colocação da tela para amarração de duas paredes

Neste caso deve-se observar os mesmos cuidados essenciais quanto à colocação da tela na junta horizontal nas posições e dimensões especificadas em projeto, destacando-se o seguinte:

- aplicar a argamassa com bisnaga ou outra ferramenta que permita colocar quantidade suficiente de material para encobrir a tela e receber o bloco da fiada superior;
- a tela deve ser posicionada de modo a traspasar a parede a ser amarrada em pelo menos 30 cm, observando-se o que recomenda o Projeto de Alvenaria;

- colocar a tela o mais retilínea e plana possível, comprimindo-a contra a argamassa aplicada sobre o bloco de modo que ela fique centralizada em relação à espessura da junta horizontal;
- se necessário, colocar mais argamassa sobre a tela para receber os blocos da fiada seguinte, observando-se sempre a espessura da junta horizontal especificada em cada projeto.

7. CONCLUSÕES

As patologias das alvenarias de vedação geram altos custos de recuperação não previstos, desgaste da imagem da empresa e desconforto e insatisfação do usuário. Uma recuperação eficiente, de qualquer modo, quase sempre demanda técnicas complexas e onerosas.

Os limites de flechas de vigas e lajes estabelecidos pela normalização brasileira ($L/300$ e $L/500$) não são suficientes para evitar problemas em parte considerável das alvenarias hoje empregadas para a construção das vedações de nossos edifícios, principalmente quando se estabelece prazos e seqüências inadequados de execução.

Por outro lado, se considerarmos o estabelecimento de critérios para evitar as fissuras dessas alvenarias de baixa capacidade suportante chegaremos a valores que tornarão nossas estruturas economicamente inviáveis. Assim, a saída mais racional parece ser, como defende SABBATINI (1998) a recomposição do equilíbrio entre deformabilidade da alvenaria e estrutura.

O projeto de alvenaria e revestimentos deve ser sempre considerado para que soluções racionais possam ser adotadas, minimizando os riscos de ocorrência de problemas.

Na elaboração do projeto de alvenaria de vedação pode-se destacar os seguintes aspectos entre os mais importantes a serem considerados para minimizar a ocorrência de fissuras nas paredes de vedação:

- emprego de argamassa de baixo módulo de deformação e elevado potencial de aderência;
- adoção de juntas horizontais de argamassa com espessura média de 10 mm;
- adoção de juntas verticais não preenchidas onde estiverem previstos apenas esforços de compressão;
- emprego de blocos de maior resistência, de preferência com vazados na vertical e precisos dimensionalmente;
- adoção de juntas verticais amarradas de ½ módulo;
- amarração de paredes com traspasse de blocos ou uso de telas metálicas eletrosoldadas;
- emprego de telas metálicas para ligação de paredes com pilares onde necessário;
- emprego de telas metálicas para reforços de juntas horizontais para combater esforços de flexão e cisalhamento no sentido paralelo ao plano vertical da parede;
- fixação superior com argamassa de baixo módulo e alta aderência;
- adoção de reforços construtivos em aberturas de vãos e onde necessário para garantir resistência e estabilidade da parede;
- juntas de controle onde necessário.

Quanto à execução da alvenaria, estão entre os aspectos mais relevantes para evitar fissuras de interface, as seguintes ações:

- Retardar o início da elevação da alvenaria;
- Retardar o início da fixação superior da alvenaria;
- Antecipar a execução do contrapiso para evitar ação inicial de carregamentos permanentes sobre as paredes;
- Realizar a elevação da alvenaria dos pavimentos superiores para os inferiores, ou pelo menos em grupos de pavimentos seguindo esta direção;

- Realizar a elevação da alvenaria dos pavimentos superiores para os inferiores, ou pelo menos em grupos de pavimentos seguindo esta direção;
- Exercer controle de qualidade da execução para manutenção das características definidas em projeto, destacando-se:
 - controlar a resistência de aderência entre blocos e argamassa;
 - controlar o preenchimento pleno das juntas verticais entre parede e pilar e da junta de fixação entre a fiada de respaldo e o fundo da laje ou viga;
 - controlar a manutenção da espessura das juntas horizontais.

Finalmente deve-se salientar que a solução definitiva destes problemas exige investimento para desenvolvimento e disseminação de tecnologia construtiva adequada à nossa realidade. O meio produtivo e as instituições de pesquisa devem unir esforços no sentido de ampliar o conhecimento disponível para melhorar o desempenho das alvenarias e estruturas em serviço. Investir em tecnologia é condição necessária para melhorar a qualidade de nossas construções.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com o apoio da Morlan S.A. e desenvolvida no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Os autores agradecem ao Eng. Dr. Mario Collantes Cândia e aos alunos de graduação Natache de Azevedo Diniz, Marcelo Matsusato e Camilla Demetrescu pela colaboração na pesquisa bibliográfica e no trabalho experimental.

RESPOSTAS ÀS PERGUNTAS MAIS COMUNS SOBRE O USO DAS TELAS COMO ANCORAGEM DE PAREDES

1. Por que deve-se usar somente telas galvanizadas pelo processo de zincagem por imersão a quente ?

R. Devido à pequena espessura e à sua porosidade a junta de argamassas das paredes não exerce sozinha uma proteção efetiva contra a corrosão dos dispositivos de ancoragem. Esta situação tem se tornado mais crítica com a crescente utilização de revestimentos finos de gesso em substituição aos revestimentos argamassados nas faces internas das paredes. Além disso, parte da tela pode ficar ainda fora da argamassa da junta, desprotegendo a armadura e exigindo uma maior resistência do arame à corrosão, principalmente no caso dos blocos vazados. Por estas razões a galvanização ou zincagem a fogo aplicada após a trefilação dos fios é prevista pela norma ASTM A 153 – *Hot-dipped galvanized zinc coating* entre outras.

O filme de zinco que protege a armadura pode resistir entre 10 a 25 mais vezes à corrosão que o aço carbono sem proteção, dependendo principalmente da espessura do filme e do meio agressivo. Mesmo que ocorra corrosão, este filme é tão fino que a pressão de expansão provocada em geral não é suficiente para levar à argamassa à fissuração. Para que não ocorra aceleração do processo a tela não deve entrar em contato com aço carbono, alumínio ou cobre evitando corrosão galvânica. Isto implica que os pinos de fixação e cantoneiras também devem ser galvanizados.

2. A aderência da argamassa aos arames pode ser prejudicada pela camada de zinco ?

R. Apesar da aderência dos fios galvanizados serem um pouco menor que as dos fios não galvanizados, as diferenças se mostram tão pequenas face as condições de

carregamento que podem ser adotados como sendo as mesmas, como demonstra SCHIEBL (1985) em seu trabalho experimental.

3. Por que o diâmetro do fio das telas passou de 1,5 para 1,65 mm ?

R. O diâmetro de 1,5 mm para os fios das telas de malha 15 x 15 mm utilizadas nos ensaios não foram suficientes para se atingir o limite de resistência à tração das paredes estudadas. Com o aumento da seção resistente obtido com a mesma malha empregando-se fio de diâmetro 1,65 mm foi possível atingir esta resistência, ampliando a eficiência da ancoragem. Além desse limite, para as alvenarias estudadas, não seria recomendável utilizar reforços maiores uma vez que a parede tenderia a fissurar antes da interface com o pilar. Como as alvenarias empregadas nos ensaios possuem resistência à compressão e à tração relativamente limitada, este parâmetro foi utilizado como referência. Seções mais resistentes, entretanto, podem ser empregadas em alvenarias de maior resistência. O diâmetro de 1,63 mm para fios de telas destinadas a armaduras de alvenarias também é recomendado como mínimo pelo UBC (1988).

4. Por que usar um comprimento de ancoragem de 40 cm no interior da junta horizontal de argamassa ?

R. Esta configuração de ancoragem representou o potencial máximo obtido para o conjunto de fixação, sendo equivalente à resistência à tração da alvenaria empregada nos ensaios. Blocos com vazados verticais, por exemplo, deveriam exigir teoricamente comprimentos de ancoragem superiores para atingir este potencial, uma vez que as paredes com eles construídas normalmente apresentam maior resistência à tração.

Por outro lado, os arames não cobertos com argamassa tem sua ancoragem diminuída e este comprimento também tem a função de compensar estas perdas. Assim como existem paredes que não necessitam de ancoragem metálica, pois os esforços solicitantes não justificam seu uso, comprimentos diferentes podem ser

empregados de acordo com as especificações do Projeto de Alvenaria. O comprimento padronizado de 40 cm atende, portanto, a maioria dos casos e facilita o controle na obra, já que existe a necessidade de variação da largura da tela em função das diferentes espessuras de paredes existentes.

5. Por que deve-se usar 10 cm de ancoragem de tela no interior da junta vertical entre parede e pilar ?

R. O comprimento de 10 cm tem a função de permitir uma maior distribuição de esforços na fixação da ancoragem. Observou-se em ensaios uma tendência de concentração de tensões e fissuração precoce nesta região quando eram empregados comprimentos menores. Este comprimento mínimo presta-se também a prevenir eventual falhas no preenchimento da junta vertical entre parede e pilar. Embora pequena, esta ancoragem da tela mostra-se importante para evitar deslocamentos iniciais que gerem fissuração, o que pode ocorrer quando o sistema é solicitado diretamente junto aos pinos que prendem a cantoneira.

6. Por que usar juntas verticais plenamente preenchidas nas regiões próximas aos pilares onde são empregadas as ancoragem com tela?

R. Estas regiões estão mais sujeitas à esforços de tração e cisalhamento sendo nestes casos fundamental o preenchimento das juntas verticais. Além disso, a tela ancorada dentro das juntas horizontais das paredes podem transmitir esforços localizados significativos em várias direções, exigindo da parede maior monoliticidade nesta região. O preenchimento integral ou não das juntas verticais das paredes deve ser objeto de especificação do projeto de alvenaria, devendo-se considerar todos os esforços atuantes nas paredes, sua deformabilidade e desempenho global.

7. Mesmo usando tela metálica na ancoragem é importante o chapiscamento e aderência da parede ao pilar ?

R. Fundamental. A ancoragem com tela apenas funciona para evitar o aparecimento de fissuras precoces somente se existir boa aderência e esta aderência é potencializada pelo chapiscamento adequado. Os ensaios mostraram que a aderência sozinha responde por parte significativa do desempenho da interface, por isto as telas não são necessárias em todas as paredes.

8. É possível usar arruelas e cantoneiras de menor dimensão que aquelas recomendadas para a fixação das telas no pilar?

R. No caso das arruelas o desempenho fica comprometido devido à dificuldade de obtenção de uma dobra de 90° bem feita da tela junto à face do pilar. Cantoneiras menores, assim como arruelas, vão prender um menor número de fios e quanto menor for o número de fios tracionados diretamente, menor será a eficiência do conjunto quando solicitado.

9. Como faço para fazer a fixação quando os pinos encontram a armadura do pilar?

R. Esta é uma limitação de qualquer sistema de ancoragem de paredes fixadas à pilares de concreto armado. Procure durante a concretagem garantir o recobrimento necessário à armadura especificado em projeto. Normalmente ele é suficiente para permitir a cravação dos pinos. Observe as recomendações quanto ao distanciamento dos pinos para não provocar a ruptura do concreto. Se for necessário, desloque um pouco a posição do pino ou utilize um pino mais adequado para seu caso procurando uma fixação equivalente.

10. A tela de ancoragem parede-pilar garante que a parede não vai fissurar?

R. Claro que não. A tela é um dispositivo que atua no sentido de melhorar a resistência da interface parede-pilar para evitar fissuras nesta região. Ela tem se mostrado mais eficiente que os tradicionais *ferros cabelos* e por isso deve ser empregada onde necessário, conforme o projeto da vedação. As paredes estão obviamente sujeitas a outras fissuras como aquelas que surgem nas interfaces com vigas e lajes, cantos de aberturas, interface bloco-argamassa devido à retração na secagem e à movimentação térmica, entre outras, para as quais outras medidas de projeto, execução e controle devem ser tomadas, inclusive o próprio uso da tela como armadura da junta de argamassa ao longo da parede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Allowable deflections**. In: Manual of concrete practice. ACI Committee 435. ACI 453.3R. 1979.
- ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Control of deflections in concrete structures**. ACI Committee 435. ACI 453R-95. 1995.
- ASTM– AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Hot-dipped galvanized zinc coating**. ASTM A153. 1995.
- ASTM– AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method of sampling and testing brick and structural clay tile**. ASTM C 67. 1990.
- ASTM– AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for pullout resistance of ties and achors embedded in masonry mortar joints**. ASTM E 754 / 80. 1994.
- ASTM– AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Specification for steel welded wire fabric plan for concrete reinforment**. ASTM A 185. 1997.
- BAUMANN, H. U. **Welded wire confinement grids**. Structural Engineering in natural hazards mitigation. ASCE. 1993. p . 295 - 300.
- BEALL, C. **Masonry design and detailing for architects, engineers and builders**. McGraw-Hill. 2nd ed. 1987.
- BIA – BRICK INSTITUTE OF AMERICA. **Reinforced brick masonry**. Technical notes on brick construction. N° 17. 1981.
- BSI – BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Wall ties. Part 1: Methods of test for mortar joint and timber frame connections**. DD 140: Draft for development. 1986.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Deformation admissibles dans le batiment**. Note D'Information Technique 132, 1980.
- CSA – CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **Connectors for masonry**. A370-94.

Ontario. Canada. 1994.

EN – EUROPEAN STANDARD. **Method of test for ancillary components for masonry. Part 2: Determination of bond strength of bed joint reinforcement in mortar joints.** Draft EN 846-2. September. 1992.

FRANCO, L. S. BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. Proposição do Método Poli-Sical. Relatório Final do Convênio EPUSP / SICAL – 1. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados.** EPUSP, São Paulo, 1994. Não publicado.

FRANCO, L. S. **Tecnologia construtiva racionalizada para a produção de alvenarias de vedação e revestimentos: alvenarias de vedação.** GEPE TGP / PCC / EPUSP. São Paulo, 1997. Não publicado.

NCMA – NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. **Control of wall movement with concrete masonry.** Technical bulletin N° 3. 1972.

NCMA – NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. **Joint reinforcement and other metal ties for concrete masonry walls.** Technical bulletin N° 64. 1975.

NCMA – NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. **The structural role of joint reinforcement in concrete masonry.** Technical bulletin N° 99. 1978.

NEVILLE, A. M. DILBER, W. H., BROOK, J. J. **Creep of plain and structural concrete.** Construction Press. 1983.

PFEFFERMAN, O. HASELTINE, B. A. **El desarrollo de armaduras para tendeles a lo largo de dos décadas.** Instituto Eduardo Torroja. Informes de la construction, Vol. 44, N° 421, septiembre / octubre 1992. p. 27-34.

SABBATINI, F. H. As fissuras com origem na interação vedação estrutura. **Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais.** Anais. Ed. por F. H. Sabbatini, M. M. S. B. de Barros, J. S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998b. 308p.

SCHIEBL, P. **Bond behaviour of hot-dip galvanized ribbed reinforced bars in masonry.**

Betinmerk. Fertigteil technik. Heft. 1985. p. 735-740.

UBC – UNIFORM BUILDING CODE. **International Conference of Building Officials**. USA. 1988.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building code requirement for masonry structures**. ACI 530. 1988.

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Specification for masonry structures**. ACI 530.1. 1988.

ASTM– AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard specification of welded steel wire fabric for concrete reinforcement**. ASTM A185. 1985.

ASTM– AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Zinc coating of wire – Class 3**. ASTM A116. 1995.

BEALL, C. **Accommodating construction tolerances: adjustable anchorage is needed to reconcile masonry with framing and other building elements**. Masonry Construction. June, 1995.

BIA – BRICK INSTITUTE OF AMERICA. **Brick masonry cavity walls**. Technical notes on brick construction. N° 21. 1977.

BIA – BRICK INSTITUTE OF AMERICA. **Glossary of terms relating to brick masonry**. Technical notes on brick construction. N° 2. 1975.

BIA – BRICK INSTITUTE OF AMERICA. **Guide specification for brick masonry - Products**. Technical notes on brick construction. N° 11A. 1978.

BORCHELT, J. G. **Construction tolerances and design considerations for masonry veneer and structural frames**. Proceedings. The Third North American Masonry Conference. 1985.

- BRE – BRITISH RESEARCH ESTABLISHMENT. **Corrosion of steel wall ties: recognition, assessment and appropriate action.** IP 28 / 79. 1979.
- BRE – BRITISH RESEARCH ESTABLISHMENT. **The performance of cavity walls ties.** IP 4/81. 1981.
- BSI – BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Code of practice for application and use of anchor devices conforming to BS EN 795.** BS 7883. Amd. Nº 1. 1997
- BSI – BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Code of practice for use of masonry. Part 3. Materials and components, design and workmanship.** BS 5628 :Part 3 :1985.
- BSI – BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Metal ties for cavity wall construction.** BS 1243. 1978.
- CSTC - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Fissuration des maçonneries.** CSTC. Note D'Information Technique 65. Bruxelles, 1980.
- EL DEBS, M. K., NAAMAN, A. E., SHAH, S. P. **Bending behavior of mortar injected with steel meshes and polymeric fibers.** Journal of Structural Division, ASCE, 103. 1977. 1937-51.
- EN – EUROPEAN STANDARD. **Specification for ancillary components for masonry. Part 3: bed joint reinforcement.** August. 1992. Draft EN 845-3.
- FRANCO, L. S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada quando submetido à esforços de compressão.** Dissertação (mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987. P. 136.
- HAMID, A. A., CALABRIA, C. C. **Effect of properties of steel in the flexural behavior of joint reinforced concrete masonry walls.** The Masonry Society Journal, July-December, 1989. T1-T6.
- MANDER, J. B. NAIR, B. WOJTKOWSKI, K., MA, J. **An experimental study in the seismic performance of brick infilled steel frames with and without retrofit.** National Center for Earthquake Engineering Research. State University of New York at Buffalo. 93/ 0001.

1993.

MATTHYS, J. H. (EDITOR). **Masonry designer's guide**. The Masonry Society and the American Concrete Institute. 1993.

MOORE, J. F. A. **Test methods for ancillary components**. Masonry International, vol. 4, nº 3, 1991. p. 83 - 86.

NCMA – NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. **Metal anchors for concrete masonry walls**. Technical bulletin Nº 21A. 1977.

NCMA – NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. **Wall ties for cavity walls**. Technical bulletin Nº 138. 1984.

SABBATINI, F.H. BARROS, M.M.S.B., SILVA, M.M.A. **Recomendações para a construção de paredes de alvenaria**. São Paulo, EPUSP / CPqDCC, 1988. Convênio EPUSP / Encol. Projeto EP/EN-1. Documento 1D.

SABBATINI, F.H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1984. 298 p.

SABBATINI, F.H. SILVA, M.M.A. **Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de assentamento**. São Paulo, EPUSP / CPqDCC, 1991. Convênio EPUSP / Encol. Projeto EP/EN-7.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios : causas, prevenção e recuperação**. São Paulo. Pini. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisa Tecnológicas. 1989. 194 p.

WRI – WIRE REINFORMENT INSTITUTE. **Welded wire fabricc. Manual of standard practice**. 1982.

TEXTOS TÉCNICOS PUBLICADOS

- TT/PCC/02 - A Qualidade na Construção Civil e o Projeto de Edifícios – SILVIO BURRATTINO MELHADO, MARCO ANTONIO F. VIOLANTI. 28 p.
- TT/PCC/03 - Parâmetros Utilizados nos Projetos de Alvenaria Estrutural – LUIZ SÉRGIO FRANCO. 21 p.
- TT/PCC/04 - Produção de Estruturas de Concreto Armado de Edifícios – MÉRCIA M. S. BOTTURA DE BARROS, SILVIO BURRATTINO MELHADO. 45 p.
- TT/PCC/05 - Tecnologia de Produção de Revestimentos de Piso – MÉRCIA M. S. BOTTURA DE BARROS, ELEANA PATTA FLAIN, FERNANDO HENRIQUE SABBATINI. 84 p.
- TT/PCC/06 - Análise de Investimentos: Princípios e Técnicas para Empreendimentos do Setor da Construção Civil – JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR 52 p.
- TT/PCC/07 - Qualidade dos Sistemas Hidráulicos Prediais – MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA. 55p.
- TT/PCC/08 - Sistemas Prediais de Água Fria – MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES. 110 p.
- TT/PCC/09 - Sistemas Prediais de Água Quente – MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES, YUKIO KAVASSAKI. 60 p.
- TT/PCC/10 - Serviços Públicos Urbanos – ALEX KENYA ABIKO. 26 p.
- TT/PCC/11 - Fundamentos de Planejamento Financeiro para o Setor da Construção Civil – JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR. 120 p.
- TT/PCC/12 - Introdução à Gestão Habitacional – ALEX KENYA ABIKO. 35 p.
- TT/PCC/13 - Tecnologia de Produção de Contrapisos Internos para Edifícios – MÉRCIA M.S. BOTTURA DE BARROS, FERNANDO HENRIQUE SABBATTINI. 80 p.
- TT/PCC/14 - Edifícios Habitacionais de Estruturas Metálicas no Brasil – ALEX KENYA ABIKO, ROSA MARIA MESSAROS. 105 p.
- TT/PCC/15 - Qualidade na Construção Civil: Fundamentos - LUCIANA LEONE MACIEL, SILVIO BURRATTINO MELHADO. 30 p.
- TT/PCC/16 - Urbanismo: História e Desenvolvimento – ALEX KENYA ABIKO, MARCO ANTONIO PLÁCIDO DE ALMEIDA, MÁRIO ANTONIO FERREIRA BARREIROS. 50 p.
- TT/PCC/17 - Infra-Estrutura Urbana – WITOLD ZMITROWICZ, GENEROSO DE ANGELIS N. 42 p.
- TT/PCC/18 - Sistemas Prediais de Águas Pluviais - ORESTES MARRACCINI GONÇALVES, LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA. 120 p.
- TT/PCC/19 - Sistemas de Chuveiros Automáticos - ORESTES MARRACCINI GONÇALVES, EDSON PIMENTEL FEITOSA. 65 p.
- TT/PCC/20 - A Organização Administrativa do Município e o Orçamento Municipal – WITOLD ZMITROWICZ, CIBELE BISCARO. 30 p.
- TT/PCC/21 Análise em Project Finance. A escolha da moeda de referência. JOÃO R. LIMA JR 42P.
- TT/PCC/22 Prevenção de Trincas em Alvenarias através do Emprego de Telas Soldadas como Armadura e Ancoragem – JONAS SILVESTRE MEDEIROS, LUIZ SÉRGIO FRANCO. 78p.

Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP - Brasil
Fax: (011)8185715- Fone: (011) 8185452 - E-mail: secretaria@pcc.usp.br