ALVENARIAS

Série " Manual de Construção em Aço"

- Galpões para usos gerais
- Ligações em estruturas metálicas
- Edifícios de pequeno porte estruturados em aço
- Alvenarias
- Painéis de vedação
- Resistência ao fogo das estruturas de aço
- Tratamento de superfície e pintura

OTÁVIO LUIZ DO NASCIMENTO

Alvenarias

2ª edição

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA
CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

RIO DE JANEIRO
2004

© 2004 INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA/CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por quaisquer meio, sem a prévia autorização desta Entidade.

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Informações do IBS/CBCA

N244a	Nascimento, Otávio Luiz do Alvenarias / Otávio luiz do nascimento. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2002. 54p.; 29 cm. -- (Série Manual de Construção em Aço) Bibliografia ISBN 85-89819-03-5 1.Alvenaria 2. Sistema de revestimento 3. Alvenaria de vedação I. Títulos (série) CDU 693(035) 2ª edição

1ª Edição , Julho 2002
2ª Edição, Agosto 2004

Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço
Av. Rio Branco, 181 / 28º Andar
20040-007 - Rio de Janeiro - RJ
e-mail: cbca@ibs.org.br
site: www.cbca-ibs.org.br

Sobre o autor

Otávio Luiz do Nascimento
Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Fundação Mineira de Educação E Cultura - FEA - FUMEC;
Professor da FEA-FUMEC, nas disciplinas de Materiais de Construção para Engenharia Civil, Engenharia de Produção e Arquitetura e Construção de Edifícios para Engenharia Civil.
Professor do Curso de Pós-graduação em Avaliação e Perícia na disciplina de patologia das Edificações.
Consultor especializado em Alvenarias e Revestimentos;
Diretor da Empresa CONSULTARE;

SUMÁRIO

Capítulo 1

Principais conceitos na definição de alvenarias de vedação ____ 07

1.1. Função das alvenarias ____ 08
1.2. Estrutura das alvenarias ____ 08
1.3. Dimensionamento das alvenarias ____ 08
1.4. Classificação das alvenarias ____ 09
1.5. Estabilidade das alvenarias para estrutura metálica ____ 13
1.6. Mecanismo de fissuras em alvenaria de vedação ____ 14

Capítulo 2

Projeto de alvenarias ____ 17

2.1. Projeto para produção da alvenaria de vedação ____ 18
2.2. Conteúdo do projeto para produção de alvenarias ____ 19
2.3. Roteiro para elaboração das principais etapas do projeto de alvenaria ____ 19
2.4. Considerações para a perfeita escolha da ligação alvenaria/pilar ____ 21
2.5. Cuidados na execução das ligações ____ 22
2.6. Fixação superior das alvenarias ____ 23

Capítulo 3

Execução e inspeção de alvenarias de vedação para estrutura metálica ____ 25

3.1. Diretrizes para alvenaria racionalizada ____ 26
3.2. Lista de verificação quanto ao recebimento da estrutura metálica ____ 26
3.3. Preparação da superfície da estrutura para receber a alvenaria ____ 27
3.4. Locação e execução da alvenaria ____ 27
3.5. Detalhes construtivos ____ 31
3.6. Inspeção e avaliação da execução da alvenaria ____ 33

Capítulo 4

Sistema de revestimento ____ 35

4.1. Estrutura metálica revestida ____ 36
4.2. Estrutura metálica aparente ____ 48
4.3. Resumo do estudo das ligações alvenaria X estrutura ____ 50
4.4. Cuidados nas ligações revestimento / estrutura metálica ____ 51

Referências Bibliográficas ____ 52

APRESENTAÇÃO

O Brasil possui uma cultura bastante difundida para o uso da alvenaria tradicional como principal componente de vedação interna e externa das edificações.

Com o uso cada vez maior do aço como material da estrutura, sentiu-se a necessidade de um maior conhecimento da utilização da alvenaria diretamente nessa estrutura, uma vez que o concreto armado sempre foi a base para tudo.

O objetivo do presente trabalho é auxiliar a equipe de obra na execução das alvenarias em estruturas metálicas, criando uma sequência para a execução, com técnicas e cuidados até o sistema de revestimento.

A denominação alvenaria de vedação corresponde ao emprego de elementos com dimensões reduzidas de diversos materiais (argila, concreto, etc.) unidos entre si, destinados a fechar um ambiente, assegurando segurança, conforto e habitabilidade à edificação dentro de um sistema estruturado.

A execução da alvenaria de vedação apresenta uma demanda de aprimoramento e técnicas capazes de atender às necessidades de industrialização e racionalização da construção civil.
Neste manual, procurou-se tratar a alvenaria de vedação e seus sistemas complementares no contexto destas duas diretrizes da engenharia moderna.

Embora as estruturas de apoio ao longo dos anos tenham evoluído e incorporado novas tecnologias de cálculo e execução, a velha alvenaria continua a ser tratada pela engenharia como um elemento simples e sem tecnologia, bastando utilizar a "técnica cultural" existente. A introdução de lajes nervuradas e planas com grandes vãos, das estruturas de aço e estruturas mistas na área de edificações, gera a necessidade de novas soluções e melhoria das interfaces alvenaria/estrutura, respeitando os limites de cada material.

Apesar dos avanços no cenário mundial, esta tecnologia tão eficaz de estrutura metálica com fechamentos em painéis ou mesmo com alvenaria as tem sido pouco explorada no Brasil. O conservadorismo dos agentes envolvidos com a construção civil, a falta de conhecimento das alternativas e a escassez de informações resultam em um círculo vicioso, responsável em grande parte pela não exploração da potencialidade destes sistemas. No entanto, os investimentos destinados a este setor estão cada vez mais presentes e volumosos. As "conclusões" do tipo " Eu acho que isso vai dar problema...", grandes demonstrações de incompetência tecnológica, devem ser completamente abolidas da engenharia e substituídas por estudos que vão certificar a eficiência do sistema .

O setor siderúrgico, por meio do **Centro Brasileiro da Construção em Aço - CBCA**, tem a satisfação de tornar disponível para o universo de profissionais envolvidos com o emprego do aço na construção civil, mais este manual, o quarto de uma série relacionada à construção em aço.

Centro dinâmico de serviços, com foco exclusivamente técnico e capacitado para conduzir uma política de promoção do uso do aço na construção, o CBCA está seguro de que este manual enquadra-se no objetivo de contribuir para a difusão de competência técnica e empresarial no País.

O manual procura motivar os leitores para a aplicação correta de elementos de vedação em estruturas metálicas, sem deixar de alertar para todas as dificuldades inerentes a qualquer processo construtivo e com a visão de otimização e futuro.

Espera-se que o trabalho seja útil aos fabricantes de estruturas de aço, profissionais liberais, construtoras, arquitetos, engenheiros, professores universitários e entidades de classe que se relacionam com a construção em aço.

Capítulo 1

Principais conceitos na definição das alvenarias

Principais conceitos na definição das alvenarias

1.1. Função das alvenarias

A principal função de uma alvenaria é de estabelecer a separação entre ambientes, e principalmente a alvenaria externa que tem a responsabilidade de separar o ambiente externo do interno e para cumprir esta função deverá atuar sempre como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações e movimentos complexos quase sempre muito heterogêneos.

Propriedades das alvenarias:

- Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência à pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência à infiltrações de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água e regulagem da condensação;
- Base ou substrato para revestimentos em geral;
- Segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes.

1.2. Estrutura das alvenarias

Quanto à estruturação podemos dividir as alvenarias em grupos quanto à utilização e função, bem como sua estrutura adotada para absorver esforços e cargas previamente definidas em projetos, ou somente de vedação, distintas principalmente entre "Alvenarias auto-portantes" e "Alvenarias de vedação".

- **Alvenarias auto portante:** são denominadas por auto-portante as alvenarias destinadas a absorver as cargas das lajes e sobrecarga, sendo necessário para o seu dimensionamento à utilização da NBR 10837 e NBR 8798, observando que sua espessura nunca deverá ser inferior a 14,0 cm (espessura do bloco) e resistência à compressão mínima fbk $\geq$ 4,5 MPa.

- **Alvenarias de vedação:** são denominadas de alvenaria de vedação as montagens de elementos destinados às separações de ambientes; são consideradas apenas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas, sendo necessário cuidados básicos para o seu dimensionamento e estabilidade.

1.3. Dimensionamento das alvenarias

Em função do avanço da tecnologia das estruturas de concreto e aço e o conseqüente aumento dos vãos entre pilares, torna-se indispensável o cuidado para projetar estas alvenarias, a identificação do tipo de estrutura e o dimensionamento da alvenaria para a vedação da estrutura, sendo as principais interferências descritas a seguir:

- Deformações imediatas devido à deformação da estrutura;
- Deformações em função da carga permanente;
- Deformação futura (aproximadamente 1000 dias, para estruturas de concreto);
- Variação da umidade e temperatura sobre a estrutura;
- Módulo de elasticidade real;
- Análise global das deformações (os valores previstos para flecha das estruturas geralmente interferem nas alvenarias).

Cabe à engenharia o perfeito dimensionamento destas estruturas e seus complementos (alvenarias, esquadrias, revestimentos, etc). Os engenheiros calculistas deverão apresentar com mais precisão os valores das flechas imediatas em qualquer região das lajes e consequentemente em longo prazo, não apenas a momentos fletores e reação de apoio. Os limites de fissuração dos painéis de alvenaria de vedação, em função dos valores de flecha, mostram a possibilidade de problemas em números muito inferiores ao L/300 (flecha admissível) adotado na NBR 6118, principalmente em lajes planas e protendidas.

O CSTC[1] (1980) estabelece como limite o valor correspondente a L/1000, para a deformação da estrutura suporte após a execução das alvenarias com abertura e L/500 para alvenarias sem aberturas.

O ACI[2] (1979), indica L/600 para deformação da estrutura suporte após a execução da alvenaria.

A POLI-USP[3], indica em vários trabalhos os limites de L/1000 e L/2600 respectivamente

para deformação da estrutura suporte após a execução das alvenarias.

A tabela a seguir mostra alguns exemplos de deformações nas estruturas:

Vão entre pilares (m)	Flecha admissível para estrutura (cm) L/300	Flecha admissível para alvenaria (cm)					
		CSTC		ACI		USP	
		C/abert. L/1000	S/abert. L/500	C/abert. L/600	S/abert. L/600	C/abert. L/1000	S/abert. L/2600
4.0	1.33	0.40	0.80	0.66	0.66	0.40	0.15
6.0	2.00	0.60	1.20	1.00	1.00	0.60	0.23
8.0	2.66	0.80	1.60	1.33	1.33	0.80	0.30

1 - CSTC - Centre Scientifique et Techinique de la Construction.
2 - ACI - American Concrete Institute.
3 - POLI - USP - Escola Politécnica da USP.

1.4. Classificação das alvenarias

A classificação das alvenarias torna-se necessária para a perfeita utilização dos recursos disponíveis no sistema de dimensionamento, prevendo principalmente os sistemas de fixação em função dos vãos; a classificação proposta sugere a definição do modelo estrutural a ser adotado nos cálculos e projetos de alvenaria. Somente será adotada para as alvenarias de vedação, sendo que para alvenaria autoportante existe a norma de projeto e execução, conforme NBR 10837 "Cálculo de alvenaria estrutural de Blocos vazados de concreto" e NBR 8798 "Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos de concreto" ABNT .

O termo "Alvenaria de Vedação" classifica as paredes que funcionam como divisórias e que não representam vínculos estruturais com as estruturas periféricas. Porém, no Brasil e em outros países com modelos construtivos menos evoluídos tecnologicamente, geralmente as alvenarias apresentam vínculos estruturais com a estrutura periférica apesar destas não estarem dimensionadas para este fim.

As alvenarias em estudo neste caso apresentam as particularidades das ligações com as estruturas reticuladas (pré-moldadas, aço, concreto armado, etc.) e suas condições de uso, para isso apresenta-se a classificação das alvenarias de vedação em função do sistema a ser adotado principalmente pela estrutura de apoio.

Classificação quanto à função:

- Alvenaria com função estrutural;
- Alvenaria sem função estrutural (vedação);
- Alvenarias divisórias de bordo livre (muros, platibandas, etc...);
- Alvenarias especiais (acústica, térmica, impactos, etc.)

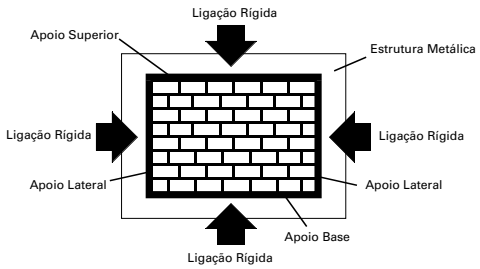
Classificação quanto à espessura:

- Alvenaria 0,10 m;
- Alvenaria 0,15 m;
- Alvenaria 0,20 m.

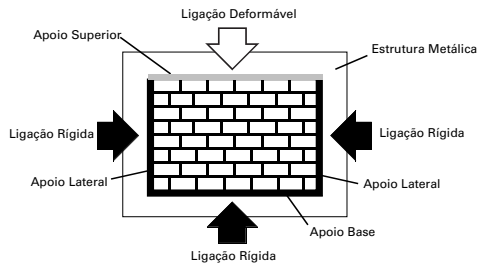
Algumas outras classificações podem ser apresentadas em função da espessura do bloco e do revestimento adotado.

Classificação quanto ao número de ligações:

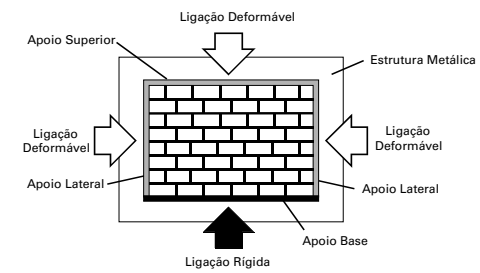
- Alvenaria com 4 ligações rígidas:



- Alvenaria com 3 ligações rígidas:



- Alvenaria com 1 ligação rígida:



Classificação quanto ao sistema de ligação alvenaria/estrutura:

- Sistema rígido – 4 ligações rígidas;
- Sistema semi-rígido – 3 ligações rígidas;
- Sistema deformável – 1 ligação rígida.

Classificação quanto ao tipo exposição:

- Interna revestida;
- Interna aparente;
- Externa revestida;
- Externa aparente;
- Especiais.

Classificação quanto ao tipo de elemento de vedação:

- Alvenaria (elementos unidos entre si na obra);
- Painéis;
- Chapas metálicas;
- Divisórias.

Classificação quanto ao tipo de bloco:

No Brasil são utilizados os mais diversos tipos de materiais para as alvenarias de vedação, com diferentes técnicas executivas e sob influência das culturas locais.

Os principais tipos de blocos utilizados estão listados a seguir:

- Bloco cerâmico vazado (tijolo furado);
- Bloco de concreto;
- Bloco de gesso;
- Tijolo cerâmico maciço (tijolo de barro);
- Bloco de concreto celular autoclavado;
- Tijolo de solo-cimento.

Nos próximos itens será feita uma breve caracterização dos elementos de vedação.

Blocos cerâmicos vazados (NBR 7171)

Estes blocos, cujas especificações estão estabelecidas na NBR-7171, são de emprego comum e técnica executiva de domínio público há muitos anos. Obtido a partir da queima de argilas, são facilmente encontrados em qualquer ponto do país, devido inclusive a facilidade de fabricação. Possuem variação volumétrica de valores considerados baixos ao absorver ou expelir água, além de baixa densidade e facilidade de manuseio, apresentando, ainda, custo competitivo. Algum inconveniente é observado quanto ao item variação dimensional, por se tratar de corte artesanal e secagem com queima diferenciada. Atualmente, grande parte dos fabricantes busca certificações para melhoria do desempenho de seus produtos. Na maioria dos casos as alvenarias com blocos cerâmicos utilizam o bloco com furo na horizontal.

Características básicas:

Material:
Bloco cerâmico vazado.

Compatibilidade com estrutura metálica:
Uso normal.

Densidade média:
1300 kg/m^3

Técnica assentamento:
Mão-de-obra convencional.





Blocos de concreto (NBR 7173)

São obtidos por prensagem e vibração de concretos com consistência seca, dentro de formas de aço com dimensões regulares, devendo ser curados em ambiente com alta umidade por pelo menos 7 dias. Normalmente são assentados na posição em que os furos estejam na vertical, contribuindo para que pequenas áreas de argamassa entrem em contato para a colagem entre os blocos. Utilizados há muitos anos para alvenaria autoportante e de vedação, deve-se evitar o uso quando se apresentarem ainda com umidade elevada, devido ao alto índice de retração e variação dimensional.

No Brasil existem bons fornecedores atendendo as especificações da ABNT, porém, é muito grande o número de fabricantes que negligenciam sua fabricação, controle e qualidade. Apresentam densidade maior que o tijolo furado.

Características básicas:

Material:
Bloco de concreto.

Compatibilidade com estrutura metálica:
Uso normal.

Densidade média:
1800 kg/m^3

Técnica assentamento:
Mão-de-obra treinada.





Blocos de gesso

Estes blocos destinam-se a vedações verticais internas. São de fácil manuseio, emprestando à obra precisão e permitindo diversas formas de acabamento. São blocos pré-moldados, de gessos especiais, fabricados por processo de moldagem. Existe um tipo de bloco específico para atender a cada tipo de vedação: os blocos azuis, HIDRÓFUGOS, são resistentes à água e devem ser utilizados em áreas úmidas (banheiros, cozinhas, lavabo); os blocos reforçados com fibra de vidro, GRC, são utilizados para áreas onde existe aglomeração de pessoas (restaurantes, cinemas, lojas, shopping), e os blocos de maior espessura, são recomendados para áreas de exigências especiais como corredores de edifícios comerciais, escolas e universidades, que exigem condições acústicas melhoradas.

Características básicas:

Material:
Bloco de gesso.

Compatibilidade com estrutura metálica:
A utilização é possível desde que prevista interface de proteção.

Densidade média:
1000 kg/m^3

Técnica assentamento:
Mão-de-obra treinada.



Tijolos cerâmicos maciços (NBR 7170)

São produtos geralmente conhecidos pela maioria absoluta. Preconizados pela NBR 7170, são de emprego comum e técnica fácil, obtidos da queima de argilas, facilmente encontrado em qualquer ponto do país.

Características básicas:

Material:
Tijolo cerâmico maciço.

Compatibilidade com estrutura metálica:
Uso normal.

Densidade média:
1500 kg/m³

Técnica assentamento:
Mão-de-obra convencional.





Blocos de concreto celular autoclavado (NBR 13440)

São produtos totalmente industrializados, produzidos em poucas fábricas específicas. Apresentam precisão nas dimensões e são facilmente serrados, eliminando o desperdício por quebras. Devido ao processo de fabricação com agente expansor e utilização de autoclave, torna-se um produto com baixa densidade. Não devem ser utilizados quando úmidos devido à variação dimensional na secagem. Exibem propriedades de isolamento térmico-acústico superior aos blocos de concreto e tijolo furado. Pode-se considerar uma vedação com bloco celular como sendo alvenaria semi-industrializada, devido à produtividade e modelagem adotadas para o sistema.

Características básicas:

Material:
Bloco de concreto celular autoclavado.

Compatibilidade com estrutura metálica:
Uso normal.

Densidade média:
600 kg/m³

Técnica assentamento:
Mão-de-obra especializada





Existem, ainda, outros tipos de blocos possíveis de serem utilizados com estrutura metálica: sílico-calcários, solo-cimento, etc.

1.5. Estabilidade das alvenarias para estruturas metálicas

A estabilidade das alvenarias de vedação, está correlacionada diretamente à segurança e durabilidade das edificações, devem resistir e transferir para a estrutura os esforços horizontais de vento e no caso de estrutura metálica podem funcionar como vedação.

O Brasil não dispõe de normas que definam o comportamento das alvenarias de vedação. Assim, alguns parâmetros internacionais e experiências acumuladas serão sugeridas e apresentadas como metodologia básica para o controle da estabilidade e durabilidade de alvenaria de vedação evitando muitas patologias como fissuras, infiltração, deslocamentos, etc.

Condições de estabilidade:

Limitações verticais - Índice de esbeltez (λ):

O índice de esbeltez (λ) é a razão entre altura efetiva da alvenaria (H_{ef}) pela espessura do bloco (eb)

$$\lambda = \frac{\text{Altura efetiva } (H_{ef})}{\text{Espessura do bloco } (e_b)}$$

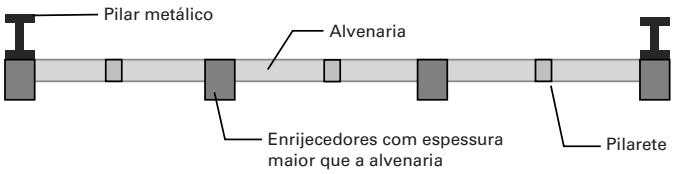
Onde:

H_{ef} = Altura efetiva da alvenaria entre as estruturas superiores e inferiores. No caso de bordo livre, utilizar H_{ef} = 2 x altura da base à borda.

e_b = Espessura do bloco/elemento de montagem da alvenaria.

A referência para considerar a alvenaria estável é $\lambda \leq 27$, para alvenarias externas e $\lambda \leq 30$ em se tratando de alvenarias internas. Caso o valor de λ ultrapasse o limite recomendado, além da possibilidade de aumentar a espessura do bloco, poderá ser adotado o recurso de enrijecimento interno da alvenaria com cintas e pilaretes. É interessante observar que a utilização da amarração dos blocos também contribui para o enrijecimento da alvenaria.

Em determinadas situações poderão ser previstos enrijecedores de espessura maior que a alvenaria, capazes de aumentar a espessura média do sistema.



Limitações nas dimensões das alvenarias

A restrição à adoção de painéis contínuos de grandes dimensões está diretamente ligada ao efeito térmico, à rigidez e à estabilidade da alvenaria. Em função do tipo de apoio pode-se apresentar as seguintes limitações:

• Alvenaria sistema rígido
(fixação rígida em 4 bordas):
Área útil da alvenaria $\leq 2000 \times (\text{espessura do bloco})^2$

• Alvenaria sistema semi-rígido
(fixação rígida em 3 bordas):
Área útil da alvenaria $\leq 1500 \times (\text{espessura do bloco})^2$

• Alvenaria deformável
(fixação rígida na base):
Altura máxima = 25 x espessura do bloco
Comprimento máximo = 2 x altura da alvenaria

• Alvenaria bordo livre:
Altura máxima = 12 x espessura do bloco e_b
Comprimento máximo $\leq$ 2 x altura da alvenaria

Nota: As limitações de comprimento e altura podem ser alteradas pela introdução de pilaretes armados embutidos na alvenaria.

A tabela a seguir é uma referência para dimensões usuais de alvenarias:

Espessura do bloco (m)	Alvenaria interna		Alvenaria externa	
	Altura máxima (m)	Comprimento máximo (m)	Altura máxima (m)	Comprimento máximo (m)
0,09	3,0	6,0	2,5	5,0
0,14	5,0	10,0	3,5	7,0
0,19	6,5	13,0	5,0	10,0

Fonte: Tecnologia das Edificações - IPT.

Limitações no comprimento – Juntas de dilatação:

Em alvenarias sob ação do efeito térmico e com grandes comprimentos deverão ser previstas juntas de dilatação para combater as tensões diferenciais e garantir a integridade das alvenarias.

O dimensionamento destas juntas é feito levando em consideração os seguintes aspectos:

- Deformações estruturais;
- Materiais constituintes da alvenaria;
- Módulo de elasticidade da alvenaria;
- Diferencial térmico da região;
- Tipo de fixação da alvenaria;
- Dimensões dos painéis de alvenaria.

Uma referência para o dimensionamento é fornecida no quadro a seguir que apresenta valores médios para o comprimento máximo da alvenaria entre juntas de dilatação, em função do tipo de exposição e da espessura do bloco:

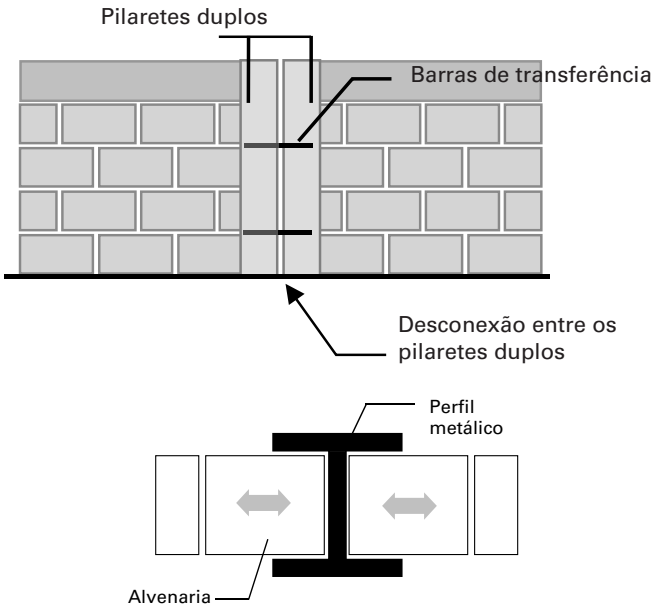
Espessura do elemento/ bloco (m)	Comprimento máximo entre juntas de dilatação (m)	
	Alvenaria interna	Alvenaria externa
0,09	8,0	6,0
0,14	10,0	9,0
0,19	12,0	10,0
0,24	14,0	12,0

Notas:

- Estes valores são para alvenarias até 3,5 m de altura.

- Será necessário juntas em toda mudança de altura em painéis contínuos.

Estas juntas, também denominadas juntas de alívio ou controle, são necessariamente abertas, utilizando perfis metálicos, pilaretes ou outros recursos capazes de provocar a desconexão do pano.



1.6. Mecanismos de fissuras em alvenarias de vedação

Aparentemente as fissuras são as manifestações patológicas mais observadas ao longo de toda a história da engenharia. Estas patologias, além de provocar desconforto e receio quanto à estabilidade da edificação para o usuário, trazem o inconveniente da perda da estanqueidade e a degradação ao longo do tempo.

As fissuras podem ser classificadas quanto a sua origem em duas categorias:

- Internas: ocorrem por retração das argamassas do próprio bloco e ação de temperatura e umidade.

- Externas: ocorrem, principalmente, por causas externas (choques, cargas suspensas, transferência de cargas pela estrutura).

Uma outra classificação possível diz respeito às fissuras estarem ou não estabilizadas, conforme o seguinte:

• Ativas: são ocorrências verificadas em painéis de alvenaria, onde ocorrem ciclos de abertura e fechamento das mesmas (efeito térmico, vibrações, trânsito, etc.).

• Inativas: ocorrem para alívio de tensões superiores à resistência do material ou suas interfaces.

No mecanismo de formação e desenvolvimento de fissuras em alvenarias duas propriedades podem ser consideradas fundamentais: a deformabilidade e a resistência mecânica. Uma breve descrição é fornecida a seguir:

• Deformabilidade: é a propriedade da alvenaria relativa à capacidade de se manter íntegra ao longo do tempo. É de extrema importância devido às ações a que está sujeito um painel de alvenaria devido aos deslocamentos da estrutura. A deformabilidade e o módulo de deformação do painel de alvenaria são funções diretas do tipo do bloco e da argamassa e das dimensões das juntas de assentamento. É importante observar, ainda, que a capacidade de um painel se deformar sem apresentar fissuras depende de aderência promovida pela argamassa entre os blocos.

• Resistência Mecânica: esta propriedade em painéis de alvenaria, é talvez a mais equivocada pelo meio técnico, devido ao conceito de vedação. Porém, pode-se afirmar que sua capacidade de resistir a esforços torna-se cada vez mais importante, visto que a deformação da estrutura nas primeiras idades, deformações lentas ao longo do tempo, a fluência e a retração da estrutura, transferem tensões aos painéis confinados entre as estruturas, principalmente na engenharia moderna cujos prazos foram esquecidos ou não observados.

A resistência à compressão da alvenaria depende diretamente da resistência do bloco utilizado, enquanto que nos efeitos de tração e cisalhamento a capacidade da argamassa é de extrema importância.

Pode-se concluir que, quanto menor a capacidade de resistência à compressão do bloco, o surgimento de patologias nas alvenarias é mais freqüente em um menor espaço de tempo e com maior intensidade

Extremamente relacionada com os conceitos acima, a ocorrência de fissuras de causa externa aumentou muito, principalmente nas estruturas de concreto armado, em função da menor rigidez observada nas estruturas atuais, quando comparadas com as estruturas do passado. Pode-se enumerar algumas mudanças significativas:

Características na Estrutura	No passado	Atualmente
Número de pilares	Maior	Muito menor
Vigas	Maior inércia e maior número	Poucas ou nenhuma e muito esbeltas
Alvenaria sobre laje	Praticamente não existia	Em grande número
Distância entre pilares	Até 5 m	Entre 6 a 12 m
Rigidez dos nós	Grande	Baixa
Velocidade de execução	Lenta	Muito rápida
Aplicação da carga permanente e sobrecarga	Lenta e gradual	Durante a execução e rápida

A velocidade de execução em obras de concreto armado não considera adequadamente a necessidade de interação entre diversos sistemas. A impossibilidade de reduzir o ritmo da obra deve ser analisada dentro de um contexto global resultando em projetos e em um planejamento que sejam capazes de prever métodos e técnicas executivas que minimizam os possíveis efeitos negativos.

Em relação à possibilidade de prever a movimentação, a estrutura metálica traz facilidades em função do módulo de elasticidade conhecido e controlado industrialmente, da maior facilidade da execução de contra-flechas e do conhecimento das deformações.

Qualquer que seja o material estrutural, é possível indicar alguns fatores que predominantemente contribuem para a fissuração:

- Fixação da alvenaria no sistema rígido em vãos de grandes dimensões;
- Utilização de argamassas rígidas no assentamento dos blocos;
- Adoção de juntas horizontais entre os elementos da alvenaria com pequena espessura;
- Ligação lateral com pilares insuficientes;
- Ineficiência ou inexistência de redutores de tensão (vergas e contra vergas);
- Ausência de juntas de dilatação nas alvenarias;
- Falta de projetos de alvenarias e revestimento adequados.

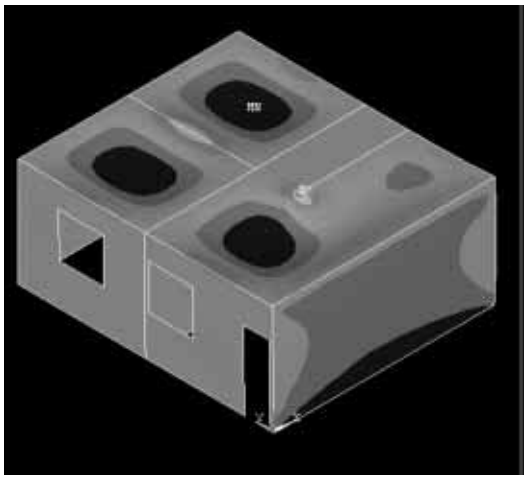
O quadro abaixo descreve os tipos de fissuras mais incidentes nas edificações:

Abertura da fissura (mm)	Residencial	Efeito na alvenaria e uso da edificação	Tratamento recomendado
< 0,1	Insignificante	Nenhum	Nenhum
0,1 a 0,3	Muito leve	Nenhum	Nenhum
0,3 a 1	Leve	Apenas estética	Sistema de correção superficial c/ tela
1 a 1,5	Leve e moderada	Apenas estética	Sistema de correção superficial c/ tela de reforço e mastique
> 1,5	Moderada	Danos aos materiais componentes	Análise do comportamento das juntas e outros

A análise das deformações da estrutura e sua influência nas alvenarias e revestimentos estão sendo cada vez mais utilizadas para evitar o desenvolvimento das fissuras. A seguir é fornecida tabela com módulos de deformação para alguns tipos de paredes de alvenaria que juntamente com informações do material da estrutura e dos dados de resistência à compressão do bloco e tração da argamassa são importantes para a utilização de modelos matemáticos que permitem um adequado dimensionamento das alvenarias de vedação.

Alvenaria de vedação	Módulo de deformação (MPa)	Fonte bibliográfica
Com blocos cerâmicos	1400 a 2500	ABCI
Com blocos concreto	6800 a 9000	ABCI
Com blocos Sílico-calcário	2700 a 4300	Franco (1987)

Um exemplo de etapas de uma avaliação matemática, utilizando Método dos Elementos Finitos (MEF), em uma casa onde ocorreram fissuras nas alvenarias de uma edificação unifamiliar é mostrado abaixo.



Simulação matemática através de elementos finitos

Nestes estudos, a partir dos carregamentos existentes e efeitos térmicos atuantes, obtem-se os valores de tensões e deformações a que o elemento estará submetido, comparando estes resultados com as resistências dos materiais/ elementos.

Capítulo 2

Projeto de alvenaria

O projeto de alvenaria muitas vezes está relacionado somente com a produção de alvenarias modulares e econômicas. No entanto, além de proporcionar racionalidade ao sistema, o projeto deve antecipar as interferências e equalizar todas as questões de estabilidade, utilização, durabilidade e manutenção.

2.1. Projeto para produção da alvenaria de vedação

Cabe ao projetista da alvenaria coletar as informações necessárias no projeto arquitetônico, estrutural, instalações hidrosanitárias, instalações elétricas, impermeabilização, etc., quanto às condições de exposição, principalmente das fachadas, das condições de solicitação a que estarão submetidas tanto as fachadas quanto às vedações internas, quanto à disponibilidade de materiais, prazos e custos e demais informações pertinentes, realizando assim o detalhamento mais preciso da alvenaria a ser executada.

Segue lista das principais informações a serem coletadas para a elaboração do projeto de produção da alvenaria.

Projeto Arquitetônico

- Dimensões das paredes (comprimentos, largura e espessura das paredes acabadas);
- Dimensões internas dos compartimentos;
- Posição relativa da alvenaria em relação aos perfis metálicos (entre os vãos da estrutura ou exterior a ela);
- Localização das aberturas (portas, janelas e instalações especiais);
- Definição se a estrutura metálica será ou não completamente revestida;
- Tipo e padrão de qualidade dos revestimentos;
- Detalhes construtivos de fixação das esquadrias, peças suspensas, etc;
- Detalhes arquitetônicos que interfiram nas características e na execução da alvenaria, tais como sacadas, beirais, platibandas, ressaltos e reentrâncias para proteção da fachada.

Projeto Estrutural

- Tipo e dimensões dos componentes estruturais;
- Carregamentos considerados para carga dos elementos de vedação;
- Verificar se na concepção estrutural a alvenaria funciona como auxiliar de contravento da estrutura metálica;
- Identificar a presença de juntas estruturais;
- Perfis metálicos do contravento em relação à forma e interferência com a alvenaria.

Projeto de Instalações

- Disposição e localização dos ramais hidráulicos, previsão de kits hidráulicos;
- Utilização de shafts verticais;
- Instalação de peças sanitárias;
- Passagem de tubulação elétrica;
- Pontos de luz, tomadas e interruptores;
- Instalação de incêndio;
- Instalação de gás;
- Instalação telefônica;
- Equipamentos especiais.

Outras Informações

- Condições de implantação e orientação da edificação;
- Materiais e mão-de-obra disponíveis;
- Equipamentos;
- Planejamento global da obra;
- Prazos e custos;
- Condições ambientais, umidade do ar, temperatura, índice pluviométrico;
- Sons e ruídos.

2.2. Conteúdo do projeto para a produção da alvenaria

A partir das informações coletadas, o projetista define o Projeto de Alvenaria que deve conter os seguintes itens:

- Especificação dos componentes da alvenaria (blocos, composição, dosagem da argamassa de assentamento e do micro concreto de enrijecedores);
- Locação da primeira fiada a partir do eixo de referência predefinido;
- Planta de primeira e segunda fiada com a distribuição dos componentes;
- Elevações das paredes identificando o posicionamento das instalações e das aberturas, bem como eventuais enrijecedores existentes (cintas e pilaretes);
- Amarrações entre as fiadas;
- Definição dos sistemas de fixação da alvenaria na estrutura metálica adjacente (vigas e pilares), indicada em planta baixa;
- Necessidade de juntas de controle: posicionamento e dimensão;
- Definição quanto ao uso de vergas e contravergas pré-fabricadas ou moldadas no local e o seu posicionamento;
- Definição quanto ao uso de shafts ou embutimentos de instalações ou de dutos de prumada;
- Definição dos prazos entre as etapas do processo executivo;
- Parâmetros de controle e tolerâncias de cada etapa.

Cabe ressaltar que a existência do projeto para produção da alvenaria não torna necessariamente o processo racionalizado e não garante a integridade da alvenaria e a redução do desperdício. O treinamento e a qualificação da mão-de-obra aliada a um planejamento e controle das atividades é de extrema importância.

2.3. Roteiro para elaboração do projeto de alvenaria

2.3.1. Avaliação da estabilidade:

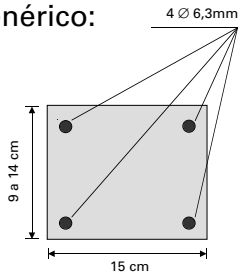
A partir das particularidades da estrutura da edificação, suas deformações e dos materiais a serem utilizados, serão definidos requisitos quanto a estabilidade, tendo sempre como base as definições dadas no capítulo anterior.

Segue abaixo o detalhamento de pilaretes e cintas.

Detalhe pilarete:

- Dimensões: 9 a 14 cm x 15 cm.
- Armação: 4 ∅ 6,3 mm e estribos para manter as barras nas posições adequadas.
- Material de preenchimento: concreto no traço 1 : 2 : 2 (cimento: areia : brita 0), em volume.

Detalhe genérico:



• Esperas: deverão ser deixadas esperas para as armações do pilarete, conforme anotado a seguir:

- Diâmetro da espera: 6,3 mm.
- Quantidade: 4 barras.
- Dimensões da espera: 30 cm + 6 cm (se necessário).

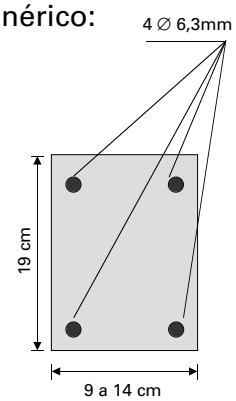
• Em caso de sistema deformável e semi-rígido, deverá ser observado um espaço de 2 ou 3 cm entre a viga de aço e os pilaretes, deixando-se barras de espera engraxadas.

• Para o caso do sistema rígido não é necessária a barra engraxada.

Detalhe Cinta:

• Dimensões: 9 ou 14 cm x 19 cm.
• Armação: 4 ∅ 6,3 mm e estribos para manter as barras nas posições adequadas.
• Material de preenchimento: concreto no traço 1 : 2 : 2 (cimento: areia : brita 0), em volume.

Detalhe genérico:



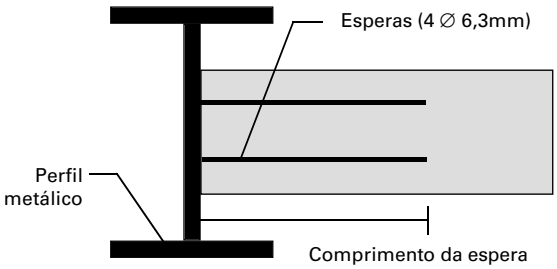
• Posição: serão adotadas cintas nas alvenarias nas seguintes posições:

- Cinta de coroamento no bordo livre das alvenarias.
- Cintas sob vãos de janelas (ver elevações dos painéis).

• Esperas: nas cintas ligadas a perfis metálicos deverão ser colocadas esperas, conforme detalhes a seguir:

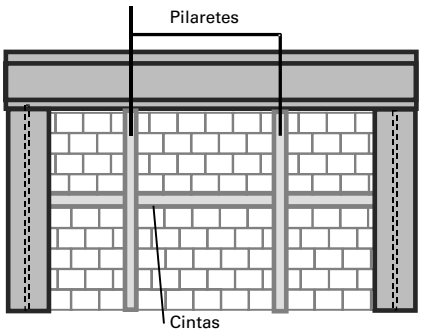
- Diâmetro da espera: 6,3 mm.
- Quantidade: 4 barras.
- Dimensões da espera: 40 cm.

• Detalhes:



• No caso de ligação deformável as barras de espera devem ser engraxadas

Detalhe genérico :



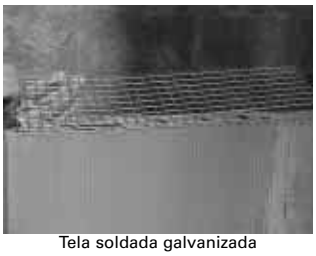


2.3.2. Ligação da alvenaria com a estrutura metálica

O termo "Ligações" das alvenarias é conhecido na engenharia como todas as soluções adotadas para unir ou desunir as alvenarias no contato com a estrutura suporte.

Para definição do modelo de ligação, torna-se necessário o conhecimento dos mecanismos de fixação e suas capacidades de desempenho. A escolha do sistema está diretamente ligada ao tipo e vão da estrutura a ser fechada com a alvenaria de vedação.

Normalmente a engenharia utiliza nos sistemas rígidos e semi-rígidos simplesmente o atrito lateral ou o dispositivo conhecido como ferro-cabelo, fios de aço com diâmetro de 3 a 8 mm. Outras alternativas são telas soldadas e fitas metálicas.


Tela soldada galvanizada


Ferro dobrado de amarração

As eficiências destes dispositivos são variáveis. Em série realizada com protótipos foi avaliado o desempenho destes sistemas. Os resultados são mostrados nos quadros a seguir:

Sistema	Resistência ao arrancamento (Kgf)	Local da ruptura
Fita metálica perfurada	220	fita
Fita metálica corrugada	400	fita
Ferro de amarração Ø 5,0 mm	400	fixação
Tela soldada Ø 1,65 mm	800	corpo do fio

Resistência ao cisalhamento da junta horizontal reforçada com dispositivo metálico (Medeiros 1999)

Fixação	Resistência ao cisalhamento (Kgf)
Sem fixação metálica	500
Ferro cabelo	800
Ferro dobrado de amarração	1800
Tela soldada	2100

Os resultados apresentados mostram uma grande diferença e maior eficiência para a tela soldada e o ferro dobrado, concluindo que a utilização de ferro liso "ferro cabelo" uni-direcionado não altera as características da ligação; a seguir apresenta-se a tabela que comprova a eficiência e a necessidade de provocar a ligação por arraste e não apenas aderência da barra, através do ensaio de arrancamento por tração direta do sistema de fixação numa alvenaria já com carga de compressão.

Sistema de fixação	Resistência ao arrancamento (Kgf)	Tipo de ruptura
Ferro CA 60 5 mm (reto)	240	Interface fio/argamassa
Fita metálica	340	Interface fio/argamassa
Ferro dobrado de amarração	540	Corpo da argamassa
Tela soldada	760	Corpo da argamassa

Já para o sistema deformável, são utilizadas cantoneiras com folha de EPS ou argamassa expansiva para isolar a alvenaria da estrutura metálica.

2.4. Considerações para a perfeita escolha da ligação alvenaria/pilar.

• A aderência junto ao pilar é um fator considerável no desempenho.

• A distância entre apoios define o sistema de ligação:

- Vãos até 4,5 m – atrito lateral (rugosidade – chapisco – **Tipo Vinculada**

- Vãos entre 4,5 e 6,5 m – fixação lateral com tela soldada ou ferro dobrado de amarração – **Tipo Vinculada**.

- Vãos ≥ 6,5 m – fixação lateral e superior com folha de EPS (cantoneiras) ou argamassa expansiva – **Tipo Desvinculada**.

• A utilização do conhecido ferro-cabelo não é eficiente no sistema de ligação quando utilizado sozinho.

• O preenchimento das juntas verticais próximas ao apoio contribui com a ligação.

• A espessura do bloco é fator determinante.

• A ligação alvenaria/estrutura metálica é mais bem controlada que em estruturas de concreto armado levando em consideração a velocidade de execução.

• A utilização de argamassa de assentamento entre 4 e 8 MPa se comportam bem com o sistema de fixação.

• A utilização de ferro dobrado de amarração com a tela e argamassa deformável (até 8 MPa) formam o melhor desempenho para o sistema de vedação.

• O atrito lateral no pilar pode ser melhorado com aplicação de argamassa colante com adição de polímero para adesão química.

• A tolerância ideal para deslocamentos máximos da estrutura onde deverá apoiar a alvenaria, será de L/1000 para deformação da estrutura após a execução da alvenaria com vãos.

• As alvenarias são muito mais responsáveis pelo comportamento geral da edificação que apenas a vedação.

2.5. Cuidados na execução das ligações

Antes do início da execução da fixação das alvenarias, deve ser feito um preparo da estrutura metálica conforme será visto posteriormente no item 3.3.

Com o objetivo de evitar o aparecimento de fissuras indesejáveis nas interfaces entre parede e pilar é recomendável o uso de telas soldadas como componente de ligação.

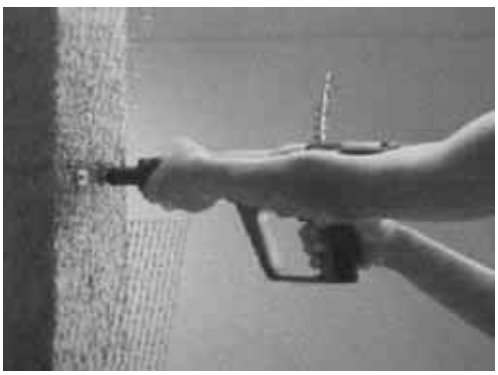
Os tamanhos podem ser definidos de acordo com a espessura da parede (largura dos blocos), conforme tabela a seguir:

Espessura do bloco	Dimensões da tela largura x comprimento (mm)
70 mm	60 x 500
90 mm	80 x 500
120 mm	110 x 500
150 mm	120 x 500
190 mm	180 x 500 ou duas tiras 60 x 500

Para paredes com blocos de 190mm de largura podem ser usadas duas telas de 60x500mm, principalmente no caso de blocos vazados, onde a área de ancoragem fica reduzida.

Devem ficar embutidos na junta vertical de argamassa entre parede e pilar 100mm dos 500mm do comprimento da tela, com a dobra voltada para cima.

Como regra geral pode-se definir o tamanho da tela com largura inferior a 10, 15 e 20mm da largura do bloco e comprimento horizontal no mínimo de 400mm.





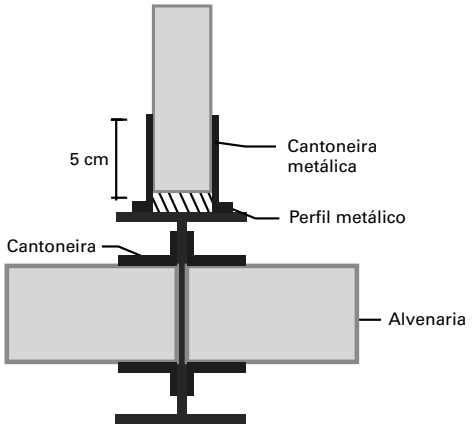
A execução de fixação é muito importante para o sucesso do sistema de fixação lateral, o erro na fixação pode levar ao comprometimento da deformação levando à ocorrência de fissura. Pela grande importância deve-se observar o posicionamento a cada fiada garantindo o centro entre os tijolos.

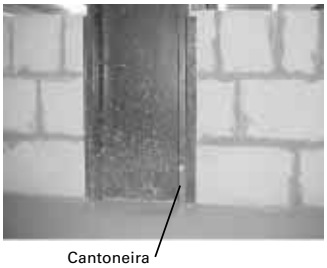
Posicionar as telas conforme projeto ou em todas as fiadas pares.

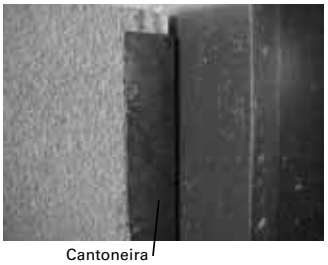
Utilizar uma cantoneira para fixar a tela com aba mínima de 20mm e chapa 2mm, com os seguintes comprimentos:

Dimensões da tela largura (mm)	Comprimento da cantoneira (mm)
60	50
80	60
110	80
120	100
180	100

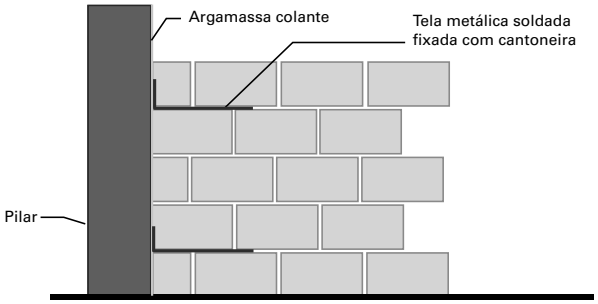
As cantoneiras serão fixadas com pistolas de pressão e pinos de aço zincado ou através de soldagem.




Cantoneira


Cantoneira

Ao assentar o tijolo deve-se posicionar as telas com cuidado sobre a argamassa observando uma espessura em torno de 10mm adequando o nivelamento e cobrimento da tela antes de assentar o próximo bloco.



2.6. Fixação superior das alvenarias

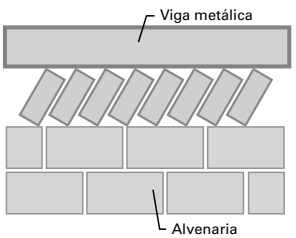
A rugosidade das vigas não é levada em consideração para o sistema de fixação das alvenarias, sendo necessário apenas a limpeza eficiente e a remoção de todo material solto, graxas e poeiras.

A ligação da alvenaria com a viga deverá ser cuidadosamente definida no projeto sendo que existem três tipos de fixação: Sistema Rígido, Sistema Semi-rígido e Sistema Deformável.

A utilização desses sistemas é definida em função de seus vãos.

- Vãos de até 4,5 m - sistema rígido
- Vãos de 4,5 a 6,5 m – sistema semi-rígido
- Vãos ≥ 6,5 m – sistema deformável

• Sistema Rígido

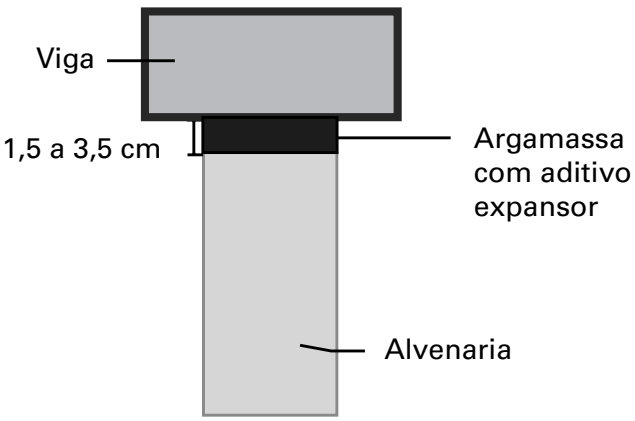




Outros detalhes:

Utiliza-se neste processo o sistema de encunhamento, através do confinamento rígido da alvenaria sob a estrutura, tendo o cuidado de observar a distância entre os pilares (sistema rígido). O encunhamento superior não deverá ser realizado antes de 7 dias do término da alvenaria, utilizando argamassa de assentamento e adição de aditivo com alumina ou similar tipo expansor, para evitar a retração excessiva da argamassa, garantindo a fixação e estabilidade à alvenaria.

• Sistema semi-rígido

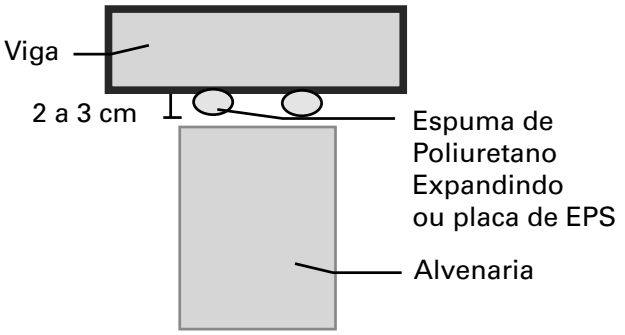




Este sistema, quando adotado, considera pequenas deformações térmicas e estruturais sobre o painel de alvenaria, sendo necessário a utilização de argamassas de cimento e água com aditivo expansor (argamassa não retrátil).

O preenchimento deve ser executado após a conclusão de todas as alvenarias e não antes de 7 dias do término da alvenaria, e elevada de baixo para cima do prédio com a fixação de cima para baixo.

• Sistema deformável





Para o sistema deformável adota-se o processo de confinamento lateral pelas cantoneiras, em função da necessidade de absorver todos os efeitos de movimentação da estrutura.

Este sistema pode ser adotado também lateralmente Pilar/Estrutura quando o tipo de estrutura for deformável e a alvenaria apresentar índice de esbeltez $\lambda \leq 25$.

Capítulo 3

Execução e inspeção de alvenarias de vedação para estrutura metálica

3.1. Diretrizes para alvenaria racionalizada

Em primeiro lugar deve-se deixar claro o que vem a ser Alvenaria Racionalizada. Racionalização construtiva nada mais é do que a otimização do uso dos recursos disponíveis em todas as fases da construção, ou seja, a minimização do desperdício com adoção de soluções construtivas, visando sempre a qualidade de execução da alvenaria.

As principais diretrizes de ações a serem seguidas para a melhor implementação da alvenaria racionalizada são basicamente: Diretrizes de projeto, Diretrizes de execução e Diretrizes de controle.

Diretrizes de projeto

• Durante a concepção da edificação, deve-se viabilizar a compatibilização da alvenaria de vedação com a estrutura metálica, assim como as esquadrias, instalações e seus revestimentos.

• Estudar a possibilidade do uso de componentes de alvenaria com modulação flexível (concreto celular autoclavado, cerâmicos seccionáveis, etc).

• Buscar a elaboração do projeto de produção da alvenaria simultaneamente com projeto executivo com o objetivo de racionalizar.

Diretrizes de execução

• Organizar o setor de suprimentos para o cumprimento das seguintes atividades:

- Promover a compra técnica procurando atender as especificações.

- Selecionar fornecedores obedecendo critérios de qualidade.

- Promover a efetivação do controle de recebimento de materiais.

- Padronizar a forma de armazenamento e transporte pelo canteiro.

- Estabelecer mecanismos de retroalimentação ao setor de projetos.

• Padronizar a produção através da elaboração de procedimentos de execução dos serviços.

• Treinamento e motivação contínua da mão de obra.

Diretrizes de controle

• Definição das responsabilidades de cada elemento no processo de produção.

• Padronização do acompanhamento das atividades através da elaboração de projetos de procedimentos de inspeção dos serviços.

• Estabelecer os mecanismos de recebimento de cada atividade corrigindo eventuais não conformidades.

3.2. Lista de verificação quanto ao recebimento da estrutura metálica

Antes da execução das paredes de alvenaria, faz-se necessário um levantamento das características da estrutura metálica. Uma vez que inserida em uma estrutura metálica, é de se esperar que a técnica de produção da parede esteja diretamente vinculada às características e à qualidade da execução da estrutura que delimita o vão.

Alguns itens devem ser verificados para que a alvenaria seja executada de forma eficaz:

• Corrosão – Deverá ser verificada se a camada de cobrimento não está solta, como a camada de Primer (a base de

zinco), podendo ser usada uma espátula.

• Limpeza – Deverá ser tirada toda poeira ou qualquer tipo de material que esteja aderido na estrutura, gordura etc.

• Prumo – Verifica-se o prumo da estrutura que deverá ser a mesma utilizada na execução da alvenaria, não ultrapassando a H/900 (onde H é a altura efetiva da alvenaria).

• Qualidade da solda – Verifica-se se a solda está bem aplicada e com sua função obedecida.

• Qualidade do encontro viga/pilar – deverá ser inspecionado visualmente se existem pontos distantes permitindo a percolação de água.

• Parafuso – quanto a qualidade, se está solto, frouxo ou mal parafusado, permitindo também a entrada de água.

3.3. Preparação da superfície da estrutura para receber a alvenaria

As etapas de preparo da superfície que irá receber a alvenaria podem ser divididas em quatro: a limpeza do local, a melhoria da aderência alvenaria/estrutura metálica, a definição das aberturas (portas, janelas) e a fixação das alvenarias aos pilares.

O preparo da superfície estrutura/alvenaria deve ter início pela limpeza cuidadosa do local em que será executada a alvenaria.

A estrutura de aço deve ser totalmente preparada, pois é de suma importância a aderência lateral, para os casos de sistema rígido e semi-rígido.

No caso de estruturas deformáveis, deve ser feita uma limpeza do local, onde será fixada a placa de EPS com cola adesiva.

Deve-se limpar toda a estrutura metálica, retirando qualquer tipo de restos de material aderidos, promover sua rugosidade com argamassa polimérica colante com adição de fixador, aplicados com desempenadeira dentada.



Após essa etapa deve-se aguardar 72 horas para o início do serviço de assentamento propriamente dito.

3.4. Locação e execução da alvenaria

Um conjunto de três etapas compõe a execução propriamente dita da alvenaria de vedação: locação da primeira fiada, a elevação e a fixação.

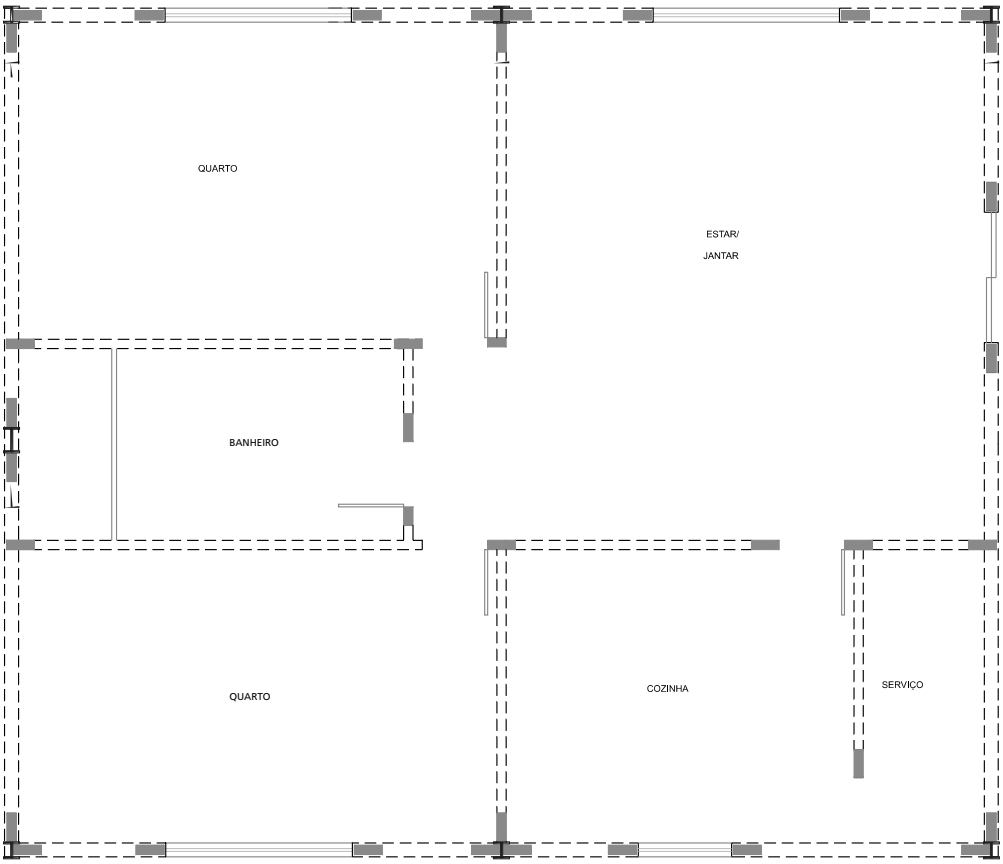
3.4.1. Locação

Exemplo de projeto de locação (ver ilustração da próxima página).

A etapa que vai garantir a qualidade dos serviços de assentamento da alvenaria é a locação, sendo de suma importância sua correta implementação.

A locação visa posicionar as paredes de alvenaria com o objetivo de otimizar o consumo da argamassa de revestimento e a correção de defeitos possíveis decorrentes da execução da estrutura metálica.

A mão de obra deve ser totalmente qualificada, resultando assim no ganho de produtividade, uniformidade e qualidade dos serviços.

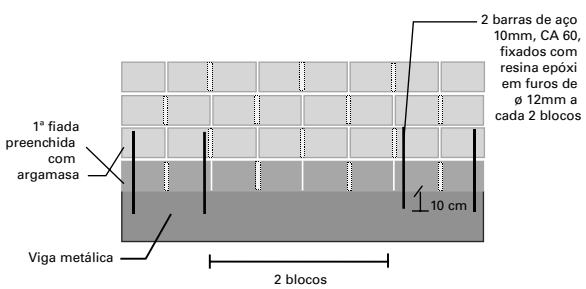


Bloco inteiro na região de encontros (estrutura/alvenaria), vãos e amarração.

Alinhamento da Alvenaria

A primeira atividade na locação consiste na materialização dos eixos de referência, preferencialmente os mesmos que foram utilizados para a locação da estrutura. A locação deverá ser iniciada pelas paredes de fachada, considerando o prumo do conjunto que esteja executado.

Como regra geral, recomenda-se que a locação da alvenaria seja feita com o próprio bloco que será empregado na elevação, no caso de blocos vazados, é comum o preenchimento destes, na primeira fiada, com o intuito de melhorar as característica de fixação de rodapés, prática que pode ser substituída pelo uso de parafusos com buchas.



Inicialmente, marca-se as faces das paredes, a partir dos eixos de referência, usando-se sempre valores das cotas acumuladas, materializando-os pelo posicionamento dos blocos de extremidade. Faz-se então a verificação da distribuição dos blocos nessa fiada, a fim de corrigir distorções.

Faz-se o assentamento dos blocos de extremidade após ser definido o espaçamento entre eles. Devidamente posicionados e assentados, passa-se uma linha unindo suas faces externas, determinando, assim, o alinhamento da primeira fiada, que deverá ser completada. Pode-se esticar duas linhas, garantindo o alinhamento e o prumo da fiada.

Deverá ser obedecido o mesmo nível entre as fiadas de blocos, a fim de se possibilitar a amarração entre as paredes perpendiculares entre si e manter sua marcação constante e correta.

A argamassa utilizada na primeira fiada deverá ser a mesma que será utilizada na elevação da alvenaria, sendo que a espessura da argamassa na locação poderá ser de 1 a 3 cm, a fim de absorver defeitos na superfície da laje.

Assentam-se os blocos da fiada de locação com a junta vertical preenchida, garantindo assim, maior resistência a choques e permitir melhor distribuição de esforços entre a estrutura metálica e a alvenaria.



Foto da locação – 1 ª fiada



Alvenaria 1ª fiada



Gabarito de porta

Feito, deve-se locar as paredes internas, cujo posicionamento é dado de acordo com a locação das paredes de fachada e das características geométricas das peças estruturais.

Atentar para marcação das portas, podendo-se utilizar gabaritos que possibilitam a locação precisa e a regularidade das laterais. Estes gabaritos também servem como escantilhão, delimitando o alinhamento das fiadas de alvenaria. Para a execução de janelas, já existem no mercado gabaritos que permitem a obtenção de vãos precisos.

Concluída a locação, faz-se a avaliação e inspeção da execução (descrito no item 4.6).

3.4.2. Elevação da alvenaria (execução)

Situações importantes devem ser observadas para o início da elevação como a deformação das lajes acima do pavimento.

Recomenda-se o uso de junta vertical em toda a execução da alvenaria

Nos casos de vãos internos com comprimento $\leq$ 4,5m ou $\lambda \leq 25$ pode-se adotar o não preenchimento das juntas verticais.
Nesse caso deve-se então usar a junta só nas três primeiras fiadas com o intuito de aumentar a ligação do pilar.

O alinhamento na direção horizontal é dado pela fiada de locação. Para o assentamento da segunda e demais fiadas, recomenda-se a utilização de escantilhões, a partir dos quais pode-se esticar uma linha de náilon entre os espaçamentos por ele definidos.

Com o alinhamento definido, são assentados todos os componentes da fiada, passando para a fiada seguinte até que atinja a abertura ou a última fiada da alvenaria, nos casos das paredes sem aberturas.





Alinhamento na direção horizontal

As juntas horizontais de argamassa deverão ter espessura de 10mm, não variando para menos que 8mm nem mais que 18mm. Observa-se que juntas pouco espessas levam a um mau desempenho do conjunto devido a sua baixa capacidade de absorver deformações, enquanto as juntas espessas promovem uma queda de resistência mecânica do conjunto, além de um maior consumo de material.

A argamassa da junta horizontal é colocada sobre a fiada já assentada, podendo ser aplicada por toda espessura da parede, utilizando-se colher de pedreiro, ou preferencialmente, deverá ser aplicada de modo a construir dois cordões contínuos, um em cada extremidade do comprimento da parede, usando para esse caso, uma das seguintes ferramentas: bisnaga, meia-cana ou desempenadeira. É recomendado junta fresca de 1,5cm, ficando com 1,0cm de espessura depois de seca.





Juntas horizontais preenchidas

A situação recomendável é de que haja amarração entre as paredes, pois esse tipo de ligação apresenta melhor desempenho por permitir a redistribuição das tensões atuantes na alvenaria, portanto todas as juntas verticais entre os blocos devem ser preenchidas.

Os blocos que serão posicionados junto as estruturas metálicas (pilar, etc.) deverão ser assentados com argamassa da junta vertical já colocada sobre ele, de modo que ela seja comprimida fortemente junto a estrutura já previamente tratada para receber a alvenaria, como vimos anteriormente.



Junta vertical preenchida



Bloco sendo comprimido

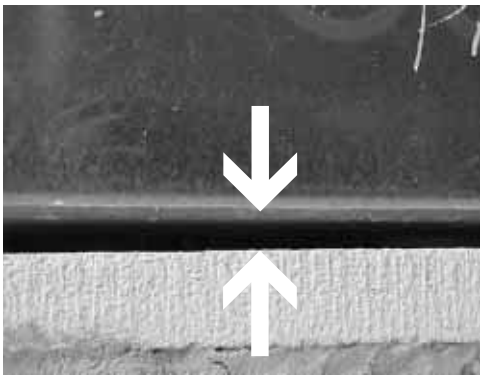
A cada fiada executada deverá ser verificado o alinhamento e o prumo a fim de corrigir quaisquer eventuais problemas.





Verificação do alinhamento e prumo

As juntas verticais dos blocos da última fiada deverão ser preenchidas e para que haja uma adequada fixação do vão entre a alvenaria e a estrutura, deverá ser deixado um espaçamento compatível com o sistema de fixação superior da alvenaria especificado no projeto.



Espaçamento entre a alvenaria e a estrutura

Recomendações adicionais para elevação da alvenaria

- No embutimento dos eletrodutos, os blocos deverão ser assentados com furos na vertical.

- Em paredes com previsão de caixas de instalações, ao alcançar a altura, deve-se posicionar um gabarito de madeira do tamanho da caixa para que o vão fique moldado.

- Se existirem flexas nas vigas ou lajes, as duas últimas fiadas deverão ser assentadas sem nível, compensan0do as diferenças com a variação da espessura das juntas de argamassa.

3.4.3. Fixação da alvenaria

Quanto à fixação superior da alvenaria junto a estrutura metálica, deve-se levar em conta situações diferentes quanto ao elemento estrutural que a envolve como sistema rígido, semi-rígido e deformável .Conforme citado no capítulo anterior.

A fixação superior da alvenaria deve ser postergada o máximo possível.

Situação ideal: executar fixação após a conclusão de toda a estrutura, elevação das alvenarias e execução de pisos.

A fixação das alvenarias deve ser executada dos pavimentos superiores em direção aos inferiores.

Caso alguma alvenaria termine em bordo livre, deverá ser executada cinta de borda.

3.5. Detalhes construtivos

3.5.1. Aberturas

As aberturas, geralmente portas e janelas, deverão receber um tipo de reforço para evitar futuras fissuras (45°) naquela região em forma de vergas e contravergas .

> As contravergas deverão ser executadas quando o vão ultrapassar a 0,50m

Utiliza-se o processo de execução da alvenaria conforme visto anteriormente até a uma fiada antes da altura dos peitoris, de forma a executar a contraverga.



• O apoio mínimo para a realização das vergas e contravergas é de 0,20m.

• Especificam-se vergas contínuas em vãos sucessivos cujas distâncias sejam inferiores a 0,60m.

• A seção transversal das vergas e contravergas devem ser no mínimo correspondentes à dos blocos.

Segue-se alguns valores que são recomendáveis para a execução de vergas e contravergas em relação ao tipo de bloco, comprimento da parede e tamanho do vão.

Blocos de concreto				
	vergas		contravergas	
Comprimento da parede (m)	Até 8	> 8	Até 8	>8
Abertura do vão (m)	< 2,5	<2,5	<2,5	2,5 a 3
Apoio mínimo (m)	0,3	0,4	0,4	0,6

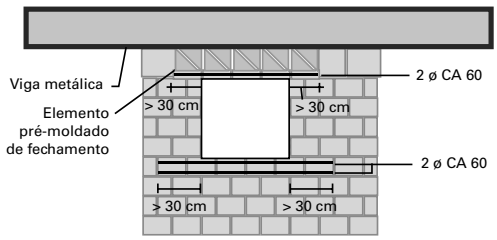
Blocos de concreto celular autoclavado				
	vergas		contravergas	
Comprimento da parede(m)	Até 8	> 8	Até 8	>8
Abertura do vão (m)	< 2,5	Até 3,2	<2,5	Até 3,2
Apoio mínimo (m)	0,3	0,4	0,3	0,4

Blocos cerâmicos				
	vergas		contravergas	
Comprimento da parede(m)	Até 8	> 8	Até 8	>8
Abertura do vão (m)	< 2,5	Até 3,2	<2,5	Até 3,2
Apoio mínimo (m)	0,3	0,3	0,3	0,4

No caso do projeto especificar que a abertura atingirá a viga ou a laje não será necessário obviamente a execução da verga, o que é uma situação desejável já que o processo está voltado para a racionalização.

Deve-se atentar então, para os casos em que a abertura não atingirá a viga metálica ou a laje, onde se sugere agir da seguinte forma:

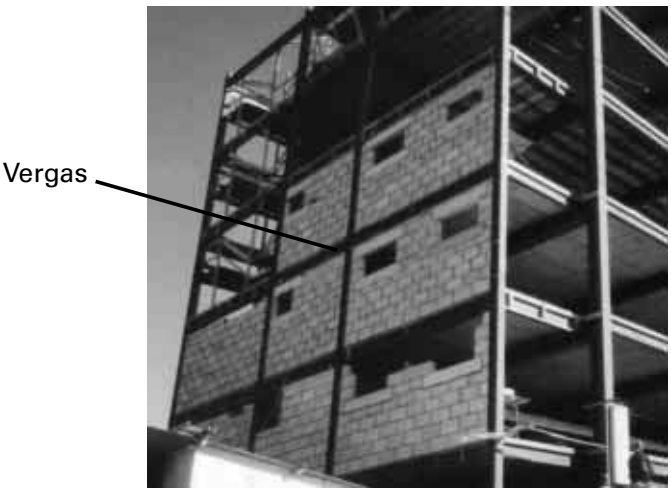
Faz-se uma semiverga, com espessura de 5cm , armada com ferro CA60 – 10mm e posteriormente faz-se um enchimento (tipo encunhamento) com elemento pré-moldado até a altura da viga metálica. Esse preenchimento pode ser adquirido diretamente da fábrica ou confeccionado no canteiro de obra.



Vergas com aberturas inferiores a 2,40m: deve-se realizar os mesmos procedimentos das contravergas; será necessário então, um escoramento dos blocos para o assentamento e moldagem no local da verga.

Vergas com aberturas superiores a 2,40m : deve-se tomar a verga como uma viga, sendo sua armadura dimensionada como tal.

No caso de blocos de concreto celular autoclavados, blocos de concreto e blocos cerâmicos, a moldagem pode ser feita in loco, utilizando os blocos canaletas ou a pré-fabricação com concreto celular.



3.5.2. Embutimento

Recomenda-se a utilização de SHAFT, técnica mais racional, para o embutimento das instalações.

Instalações hidráulicas

No caso onde as instalações hidráulicas estão distribuídas por uma superfície, seria recomendável a execução de paredes duplas, utilizando-se componentes de pequena espessura.

A primeira alvenaria seria elevada para a fixação da árvore hidráulica e em seguida, eleva-se a segunda alvenaria deixando os furos para os pontos de água.

Quando se optar pelo corte direto na alvenaria, faz-se um detalhamento construtivo das paredes, objetivando localizar e dimensionar os rasgos das instalações.

Para os blocos de concreto, cerâmicos e sílico-calcários, recomenda-se que o corte seja feito com a ajuda de uma serra de disco de corte.

Para os blocos de concreto celular autoclavado, recomenda-se o uso do rasgador manual, que vai permitir rasgar sem danificar.

Instalações elétricas

No caso de instalações elétricas é possível a passagem dos eletrodutos por dentro dos furos de alguns blocos já disponíveis no mercado.

Instalações de água quente

Deve-se prever o isolamento da tubulação, que poderá ser feito com a utilização de argamassas adicionadas de isolante térmico (vermiculita e outros), argamassas específicas pré-dosadas ou tubos de espuma rígida.

Recomenda-se ainda o uso de shafts nas prumadas de luz, gás, telefone e mesmo sanitárias.

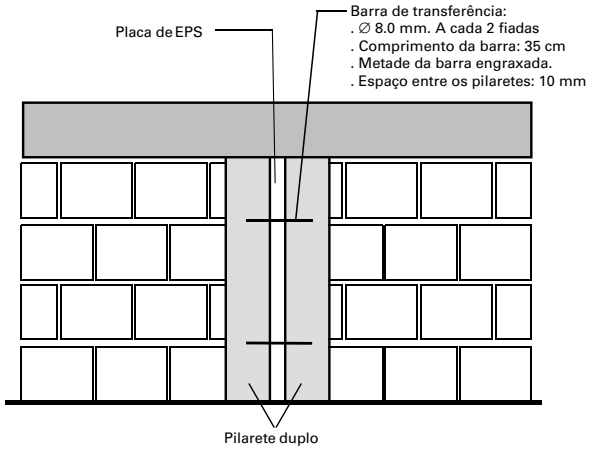
3.5.3. Juntas de controle

Quando as paredes de alvenaria tiverem grandes dimensões utiliza-se juntas de controle, que tem o objetivo de limitar o comprimento das paredes, conforme tabela, evitando concentrações de tensões.

A execução das juntas de controle deve ser realizada a medida que a parede vai sendo elevada, para que os painéis separados pelas juntas não percam a estabilidade, permitindo o controle quanto a torção e oscilações transversais.

Depois da concretagem do pilarete, a cada 30cm , deverá ser fixada a barra de transferência, com uma metade dentro de um pilarete e a outra metade encapada ou esmaltada no outro pilarete, conforme figura.

Entre os pilaretes deve ser colocada uma placa de EPS, para a absorção das tensões.



Será executada uma junta de revestimento nas estruturas semi-rígidas.

3.6. Inspeção e avaliação da execução da alvenaria

A qualidade do processo de racionalização em uma atividade é um dos pontos de maior desafio.

Segue-se uma proposta de inspeção e avaliação para as etapas de execução da alvenaria de vedação.

Controle das condições para a execução da alvenaria (Check list)

Itens de verificação	Tolerância	Metodologia	Responsável
Limpeza da estrutura (pilar, vigas)	Visual	Verificar se não existe nenhum tipo de material aderido na estrutura, limpar.	Encarregado ou mestre
Limpeza da laje suporte	Visual	Limpar a laje que irá receber a alvenaria, pode-se utilizar uma vassoura.	Encarregado ou mestre.
Marcação dos eixos de referência	Utilizar trena precisa +/- 1,0mm	Verificar se os eixos estão no lugar preciso.	Engenheiro ou mestre.
Alinhamento	5mm a 10mm	Conferir o alinhamento das faces das vigas e pilares. Observando a tolerância de 5mm para eixos de alvenaria e vigas internas e 10mm para o mesmo deslocamento às vigas externas.	Encarregado ou mestre
Esquadro	2mm	Verificar o esquadro dos ambientes admitindo um desvio máximo de 2mm, na ponta do lado maior.	Encarregado ou mestre.
Nivelamento	3mm	Verificar o nivelamento da fiada de locação .	Encarregado ou mestre.
Vão de porta	+/-5mm	Verificar a abertura do vão conforme o projeto .	Encarregado ou mestre
Aspecto geral	Visual	Avaliar a regularidade da parede, limpeza das rebarbas, o preenchimento das juntas verticais.	Encarregado ou mestre.
Aplicação da argamassa	Visual	Verificar a aplicação da argamassa nas laterais dos blocos e a espessura das juntas horizontais, conforme o projeto da alvenaria.	Encarregado ou mestre
Nivelamento	3mm	Verificar o nivelamento do levante com régua de alumínio. Sendo a cada 2m de régua, 5mm de tolerância.	Encarregado ou mestre
Prumo e praticidade	< h/900	Verificar com a elevação à meia altura e após a retirada do andaime.	Encarregado ou mestre
Amarração	visual	Verificar se o acabamento dos cantos estão sendo executados conforme descrito no projeto.	Encarregado ou mestre
Vãos de porta e janelas	+/- 5mm	Verificar abertura do vão conforme projeto, assim como assentamento de vergas e contravergas	Encarregado ou mestre
Abertura para fixação superior	+/- 10mm	Verificar tipo de fixação conforme Item 3.2.7	Encarregado ou mestre
Fixação das paredes internas e fachada	visual	Checar o total preenchimento do vão que deve cobrir toda a largura do bloco.	Encarregado ou mestre
Pilaretes e cintas	+/- 10mm	Verificar se estão conforme dimensionados no projeto.	Encarregado ou mestre

Capítulo 4

Sistema de revestimento

O sistema de revestimento corresponde ao acabamento final da edificação: sendo a parte que fica visível aos usuários e proprietários. A integridade deste sistema é, pois, de grande importância para a confiabilidade na utilização das estruturas metálicas e na satisfação das pessoas que interagem com a edificação. Para tal fazem-se necessários cuidados que garantirão a qualidade e a durabilidade da edificação.

Na definição dos procedimentos e cuidados a serem tomados na execução das camadas do sistema de revestimento devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Concepção estrutural da edificação
  - Sistema estrutural
  - Deformações previstas
  - Tipo de aço
- Sistema de alvenarias
  - Tipo de elemento de vedação
  - Sistema adotado no dimensionamento (rígido, semi-rígido ou deformável)
- Projeto arquitetônico
  - Tipo de revestimento
  - Interfaces entre revestimentos
  - Detalhes arquitetônicos
- Interferências com projetos de instalações
- Solicitações atuantes no sistema de revestimento

Para que sejam feitas considerações gerais sobre o sistema de revestimento, será adotado que, basicamente, existem duas situações principais em se tratando de estrutura metálica:

- Estrutura metálica revestida (oculta)
- Estrutura metálica aparente.



4.1 Estrutura metálica revestida

Nas situações em que a estrutura metálica será revestida, além de todas as preocupações necessárias na execução do revestimento é importante que sejam tomados cuidados para garantir a aderência do sistema de revestimento nos perfis metálicos (devido à sua baixa porosidade e conseqüente baixa capacidade de ancoragem mecânica).

É também de extrema importância a avaliação das deformações e interfaces entre materiais diferentes (perfis estruturais – aço / alvenaria – cerâmica) definindo-se tratamentos adequados e juntas de alívio.

4.1.1. Limpeza da base

A base para aplicação do sistema de revestimento abrange tanto os perfis metálicos quanto a alvenaria propriamente dita. Para a garantia da aderência do revestimento à base deve-se promover uma adequada limpeza conforme o seguinte:

- Estrutura metálica: remover quaisquer materiais pulverulentos sobre a superfície do perfil, bem como produto de eventual oxidação, restos de argamassa, utilizando escova de aço.

• Alvenaria: deverão ser removidos materiais e substâncias aderidos à alvenaria. A limpeza poderá ser executada com vassoura de piaçava seguida, se necessário, da lavagem da base. Algumas situações necessitam de procedimentos específicos a saber:

- Gorduras e graxas: escovar a superfície com escova de cerdas duras, com água e detergente e enxaguar com água em abundância.

- Eflorescências: escovar a superfície a seco, com escova de cerdas de aço, e proceder a limpeza com solução de ácido muriático (5% de concentração) enxaguando com água limpa em abundância.

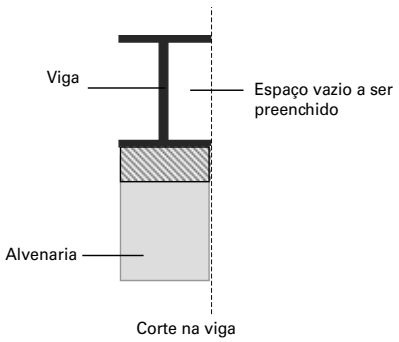
- Pregos e arames: deverão ser removidos, caso contrário, devem ser cortados e tratados com tinta anti-corrosiva.

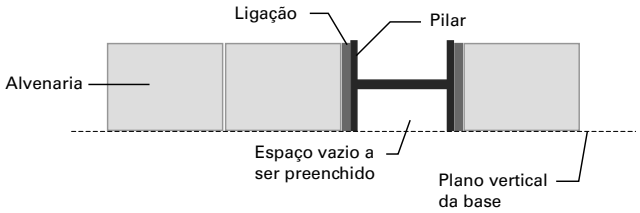
- Bolor ou mofo: escovação com solução de fosfato trissódico (30 g Na3PO4 em 1 litro de água) ou solução de hipoclorito de sódio (4% de cloro ativo).

É importante observar que sempre que forem utilizados quaisquer produtos para limpeza da alvenaria, esta deve estar previamente saturada e, após a aplicação, deve ser enxaguada com água em abundância.

4.1.2. Enchimento dos perfis metálicos

Em função da estrutura metálica ser inteiramente revestida faz-se necessário o prévio preenchimento dos espaços correspondentes às almas das vigas e pilares, definindo o plano vertical a ser revestido.

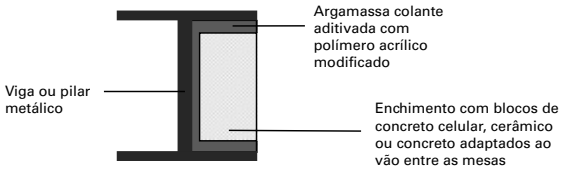




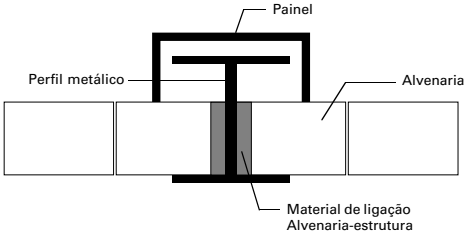
Para executar o preenchimento destes vazios poderão ser utilizados blocos de concreto celular autoclavado (facilidade de serem cortados nas dimensões necessárias), blocos de concreto ou cerâmicos. A fixação destes blocos à estrutura deverá ser feita através de uma argamassa colante, tipo AC II aditivada com polímero acrílico modificado (com índice de resina superior a 50%).

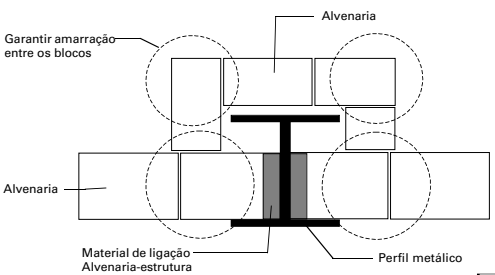
Esta argamassa de fixação deve ser preparada misturando-se, inicialmente, o polímero com água em uma proporção não inferior a 1:4 (polímero : água), em volume. Esta mistura será adicionada à argamassa colante em pó, na quantidade necessária para fornecer trabalhabilidade à massa.

Um detalhe genérico do perfil metálico já preenchido é mostrado a seguir.



Em determinadas situações é possível que não seja feito o enchimento dos perfis metálicos, envolvendo o pilar com alvenaria ou com painéis (gesso acartonado, por exemplo), conforme detalhe a seguir:





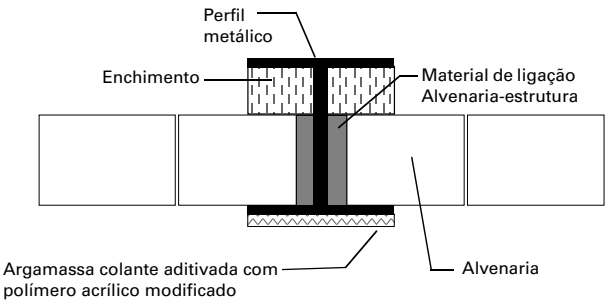
4.1.3. Tratamento dos perfis metálicos

Em função da baixa porosidade do perfil metálico, torna-se bastante precária a ancoragem mecânica de uma argamassa sobre ele (baixa migração de pasta de aglomerante para os poros do perfil). Desta forma, antes do lançamento da argamassa de revestimento, toda a estrutura metálica deverá ser tratada como uma argamassa com capacidade de colagem química através dos seguintes procedimentos:

- Promover a limpeza do perfil metálico conforme instruções anteriores.

- Aplicação da argamassa colante aditivada com polímero modificado (a mesma utilizada para fixação dos enchimentos descrita no item anterior) sobre todo o perfil metálico utilizando uma desempenadeira dentada formando cordões.

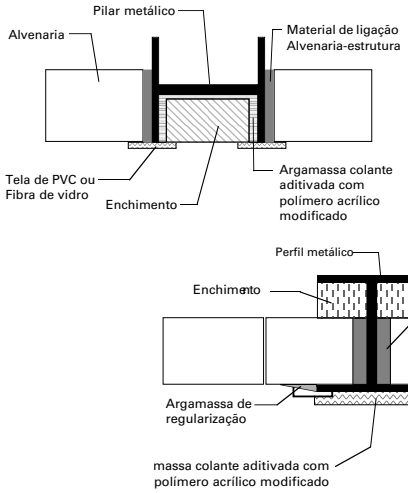
- Aguardar, pelo menos , 24 horas para secagem desta argamassa antes de lançar a próxima camada do sistema de revestimento.



4.1.4. Transição perfil metálico/alvenaria:

A transição do perfil metálico/alvenaria corresponde a uma interface entre materiais de características diferentes que deverá ser tratada com utilização de telas adequadas, criando uma região capaz de suportar as movimentações diferenciais a que está sujeita.

Recomenda-se que sejam utilizadas telas de PVC ou fibra de vidro, as quais devem ser posicionadas nos pontos de contato alvenaria/estrutura metálica e fixadas com argamassa colante aditivada com polímero modificado durante o tratamento do perfil metálico.



Em alguns dos alinhamentos correspondentes à transição alvenaria/estruturas, serão adotadas alternativas como juntas de movimentação, conforme será indicado em item posterior 5.1.9.

4.1.5. Chapisco

Antes do lançamento da argamassa de regularização, toda a alvenaria deverá ser coberta por uma camada de chapisco. O chapisco consiste de uma argamassa fluída, no traço 1:3 (cimento : areia), em volume, lançada vigorosamente sobre a base, com auxílio de uma colher de pedreiro.

As principais finalidades desta camada consistem em homogeneizar a absorção da alvenaria e criar uma superfície irregular altamente rugosa (aumenta resistência do sistema de revestimento às tensões de cisalhamento).

Antes da execução do chapisco algumas atividades devem estar concluídas a saber:

- Todas as instalações elétricas e hidráulicas devem estar concluídas e testadas.

- A alvenaria deve estar fixada superiormente conforme projeto, recomendando que seja concluída há pelo menos 14 dias, preferencialmente após o máximo carregamento da estrutura.

• Remoção das rebarbas da argamassa entre juntas da alvenaria.

• Limpeza da alvenaria, conforme recomendações anteriores, estando a base completamente seca.

• Eventuais furos, decorrentes de rasgos das instalações das tubulações, devem ser telados com tela galvanizada, sendo o espaço preenchido com cacos de tijolos e argamassa.

Na execução do chapisco algumas orientações devem ser seguidas conforme anotado a seguir:

• Antes do lançamento da argamassa de chapisco, aspergir água com brocha sobre alvenaria, tomando-se cuidado para não saturar a superfície.

• A aplicação do chapisco deve ser feita de modo a cobrir parcialmente a alvenaria, de forma não contínua e irregular.

• O chapisco deverá ser aplicado em uma espessura que garanta alta rugosidade.

• O chapisco deverá ser curado, por aspersão de água, por pelo menos 1 dia.

• Não aplicar o chapisco com temperatura do substrato elevada, nem insolação direta (criar proteção).

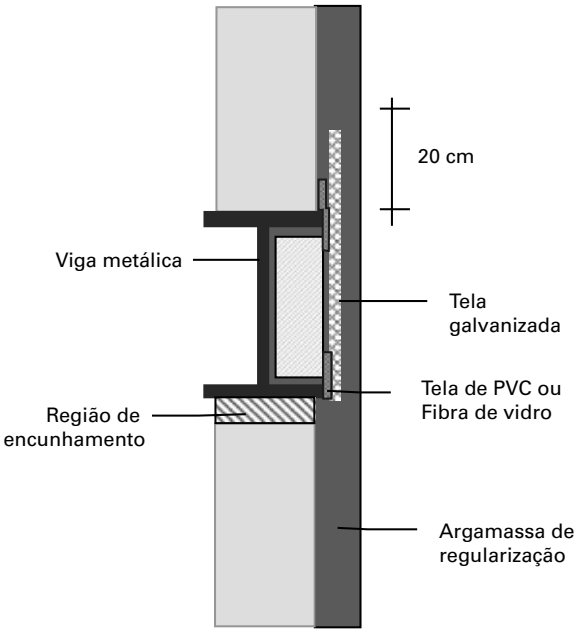
• Aguardar um período de 2 a 3 dias após a aplicação para a secagem do chapisco, antes de promover o lançamento da argamassa de regularização.

• A argamassa do chapisco, após a secagem, não deverá apresentar desagregação ao toque.

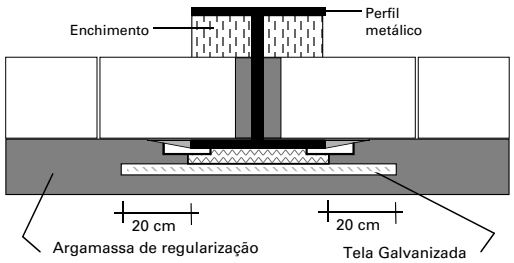
4.1.6. Reforços localizados na argamassa de regularização

Deverão ser previstos reforços com tela galvanizada (fio 22 e malha de 1") na argamassa de revestimento em algumas situações que serão relacionadas a seguir:

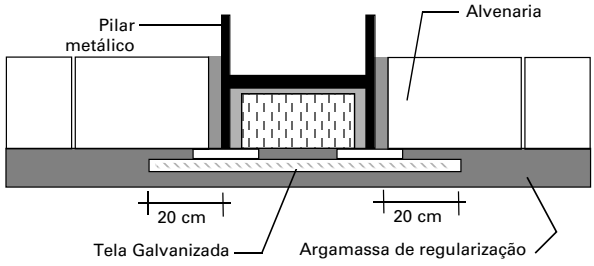
• Nas vigas revestidas:



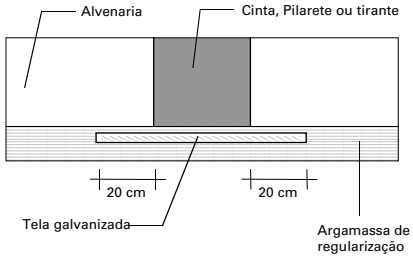
• Nos pilares revestidos:

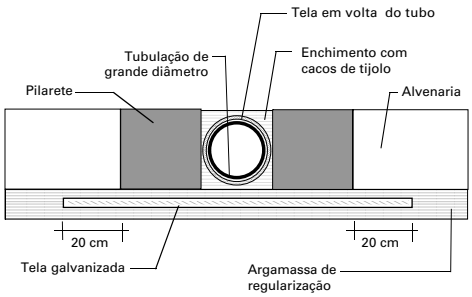


Observação: a necessidade de transpasse da tela galvanizada para os dois lados do pilar será definida pelo projeto de posicionamento das juntas de movimentação.



• Nas cintas, pilaretes e tirantes de concreto, porventura existentes nas alvenarias, transpassando 20 cm para cada lado da estrutura.





• Em trechos da alvenaria com pilaretes para embutimento de tubulações.

A fixação desta tela é feita antes da execução da argamassa de regularização, porém após a execução do chapisco, através de equipamento de fixação à pólvora de baixa velocidade (sobre estrutura metálica ou concreto) ou com parafuso e bucha (alvenaria) podendo ser utilizado prego de cerca galvanizado para ajudar no posicionamento da tela. É muito importante que esta tela fique levemente frouxa.

4.1.7. Argamassa de regularização

A argamassa de regularização é a camada do sistema de revestimento que define o plano vertical no qual será aplicado o acabamento final.

O início da execução desta camada de argamassa está condicionada a outras atividades, a saber:

• A estrutura, as alvenarias e o encunhamento devem estar concluídos há, pelo menos, 14 dias.

• O chapisco deve estar concluído há 2 a 3 dias.

• O tratamento dos perfis metálicos e das interfaces estrutura/alvenaria deve estar concluído há, pelo menos, 1 dia.

• As taliscas que definem o plano do revestimento devem estar fixadas com a mesma argamassa a ser utilizada na regularização.

A definição da argamassa a ser utilizada deve ser feita em função das disponibilidades de materiais na região e de espaço e equipamentos no canteiro de obra, bem como do cronograma da obra. Podem ser empregadas argamassas viradas em obra de cimento e areia ou de cimento, cal e areia ou argamassas industrializadas(sacos, granel) ou dosadas em central, sendo importante que sejam atendidas as normas de especificação pertinentes e as seguintes propriedades (função das solicitações a que estarão submetidas):

Situação	Propriedades	Traços de referência (em volume)
Revestimento Externo base para aplicação de placas de revestimento ou pintura	• Retração de água:65% • Teor de ar incorporado: 8 a 15% • Consistência: 280 a 320mm • Resistência à compressão: 4 a 12 MPa • Resistência à tração direta: 0,30MPa	1:4 (cimento:areia) 1:2:8 (cim.:cal:areia) 1:1:6 (cim.:cal:areia) Argamassa Ind. II - Normal/Alta - b
Revestimento Interno base para aplicação e placa de revestimento.	• Retenção de água: 60% • Teor de ar incorporado: 8 a 15% • Consistência: 280 a 320mm • Resistência a compressão: 4 a 8 MPa • Resistência a tração direta: 0,30MPa	1:5 (cimento:areia) 1:2:9 (cim.:cal:areia) Argamassa Ind. II - Normal/Alta - b
Revestimento Interno base para aplicação de pintura.	• Retenção de água: 60% • Teor de ar incorporado: 8 a15% • Consistência: 280 a 320 MPa • Resistência a compressão: 4 a 8 MPa • Resistência a tração direta: 0,20 MPa	1:6 (cimento/areia) 1:2:10 (cim.:cal:areia) Argamassa Ind. II - Normal/Alta - b

No preparo da argamassa devem ser observados alguns aspectos importantes:

• O preparo da argamassa deve ser mecânico.

• Quando houver utilização de cal na argamassa, a mesma deverá ser preparada através de argamassa intermediária com a areia e a cal que deverá descansar por, no mínimo, 16 horas,

sendo em seguida adicionado o cimento e a água para a consistência necessária. Estão disponíveis no mercado cales aditivadas que dispensam este descanso.

• A utilização de adições e aglutinantes deverá ser precedida de uma série de ensaios que ateste a qualidade dos materiais.

• Recomenda-se que no preparo da argamassa seja adicionada fibra de nylon 6.6 à massa na proporção de 500g de fibra por m^3 de argamassa.

A execução da argamassa de regularização se dará pela definição das mestras, seguida pelo preenchimento do espaço entre elas e operações de acabamento. Algumas informações são importantes na realização destas etapas:

• Promover a limpeza da base antes do lançamento da argamassa.

• A espessura do revestimento deve atender às recomendações da tabela abaixo:

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	5≤ e ≤20
Parede externa	20≤ e ≤30

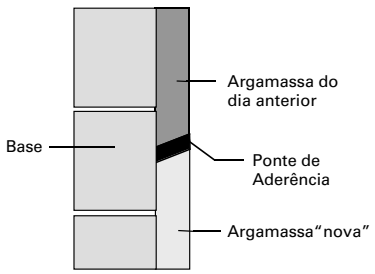
Sempre que forem ncessárias espessuras maiores que as recomendadas na tabela anterior, o revestimento deverá ser executado em camadas da ordem de 20mm, no mesmo traço, seguindo os procedimentos a seguir:

- Chapar a primeira camada alisando com a colher de pedreiro apenas o necessário para desfazer as conchas.

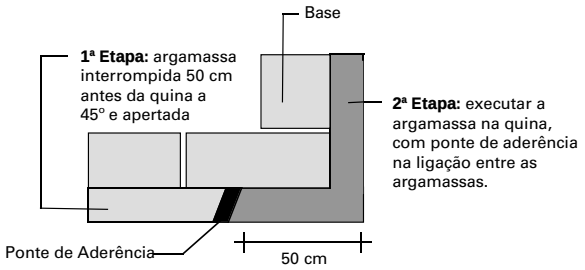
- Após o tempo necessário para a argamassa "puxar", chapar a segunda camada executando o acabamento final.

- Para espessuras maiores (> 40mm) deverá ser aguardado o dia seguinte devendo o revestimento ser armado com tela galvanizada (fio 22 e malha de 1") adequadamente fixada.

• Sempre que seja necessária a continuidade nos serviços da execução da argamassa de regularização de um dia para o outro, deve-se garantir a aderência entre a argamassa já executada e a nova através de ponte de aderência (mistura de cimento e resina). Além disso, sempre que a argamassa for interrompida deverá ser feita em ângulo de 45° apertada.



• Na execução desta camada de regularização em quinas, as duas faces da edificação devem ser feitas de uma única vez, conforme esquema a seguir:



• O acabamento da superfície da argamassa de regularização é função do tipo de acabamento final que será adotado, a saber:

- Base para aplicação de placas de revestimento: textura áspera obtida pelo sarrafeamento seguido, se necessário, de leve desempeno com desempenadeira de madeira.

- Base para aplicação de sistemas de pintura: textura lisa obtida pelo sarrafeamento seguido de desempeno com desempenadeira de madeira.

• A argamassa de regularização não deve ser utilizada por tempo superior ao da pega do cimento, de modo geral 1,5 horas a 2 horas.

• Após o término da execução da argamassa de regularização as taliscas devem ser removidas e o espaço vazio deve ser preenchido com a mesma argamassa de regularização.

• A argamassa de regularização após concluída deve apresentar as seguintes características:

- Prumo: o desvio de prumo de revestimento da argamassa sobre paredes internas, ao final da sua execução não deve exceder H/900, sendo H a altura da parede, em metros.

- Planicidade: verificar a planicidade do revestimento interno, após eliminação dos grãos de areia soltos, considerando as irregularidades graduais e as irregularidades abruptas da superfície, sendo que as ondulações não devem superar a 3mm em relação a uma régua com 2m de comprimento. A irregularidades abruptas não devem superar 2mm em relação a régua com 20cm de comprimento.

- Fissuras: as fissuras devem ser avaliadas em 1 m^2 a cada 100 m^2. Em base para aplicação de pinturas recomenda-se a ausência de fissuras/m^2, enquanto que em bases para aplicação de cerâmicas é aceitável até o limite de 3 fissuras/m^2.

Para dar continuidade à execução do sistema de revestimento deve ser respeitado os prazos de maturação da argamassa de regularização, antes da aplicação do revestimento final, a saber:

Revestimento final	Tempo mínimo
Cerâmica – revestimento externo	21 dias
Cerâmica – revestimento interno	14 dias
Placas de rocha	28 dias
Pintura	30 dias

* Salvo recomendação contrária do fabricante.

4.1.8. Revestimento final

Diversos são os materiais para acabamento final da edificação. Nos itens a seguir serão feitas considerações sobre os três grandes grupos usualmente utilizados: placas cerâmicas, placas de rocha e pintura.

Em qualquer um destes grupos é muito importante que o material escolhido seja compatível com as solicitações do ambiente no qual ele será aplicado para que sejam garantidas a qualidade e durabilidade do sistema de revestimento.

Placas cerâmicas

O termo placas cerâmicas abrange uma infinidade de materiais com diferentes propriedades. Em função de estarmos tratando de revestimentos de paredes, sempre que for necessário será feita a diferenciação em termos dos seguintes produtos e situações:

• Cerâmica para revestimento interno

• Cerâmica para fachadas

• Pastilhas para revestimento interno ou externo

• Porcelanato para revestimento interno ou externo

O início do assentamento deve ocorrer, no mínimo, 21 dias após o término da argamassa de regularização.

O revestimento cerâmico deverá ser assentado com argamassa colante industrializada. A classe da argamassa a ser utilizada é função do tipo de cerâmica e ou local de aplicação conforme tabela a seguir:

Situação	Classe argamassa colante
Cerâmica revestimento interno	AC-I
Cerâmica revestimento externo	AC-II
Pastilha (interno ou externo)	AC-III
Porcelanato (interno ou externo)	AC-III

A argamassa deve atender às especificações da NBR 14081 em função da classe à qual ela pertence.

O assentamento das peças cerâmicas é feito com a utilização de desempenadeira dentada e pode ser executado de duas formas:

• Assentamento em camada única: a argamassa colante de assentamento é aplicada somente sobre a argamassa de regularização.

• Assentamento em dupla camada: a argamassa colante de assentamento é aplicada sobre a argamassa de regularização e no verso da placa (lado liso da desempenadeira).

O quadro a seguir relaciona as formas de assentamento:

Situação	Dimensão das peças	Formato dos dentes da desempenadeira	Forma de assentamento
Cerâmica para revestimento interno e externo e Porcelanatos	< 400 cm^2*	Quadrados 8x8x8	Camada única
	≥ 400 cm^2	Quadrados 8x8x8	Dupla camada
Pastilhas	Quaisquer	Quadrados 6x6x6	Dupla camada**

*Peças cerâmicas < 400cm+ fornecidas em conjunto de dimensões maiores devem ser assentadas em dupla camada.
** Produto fornecido em placas. O assentamento e o rejuntamento são feitos simultaneamente.

As peças cerâmicas a serem utilizados devem atender às recomendações da NBR 13818 e, no momento do assentamento devem estar seca e com o verso isento de poeiras e engobe pulverulento.

O preparo da argamassa colante deve ser feito através de mistura mecânica, em caixote plástico, utilizando a quantidade de água recomendada pelo fabricante na embalagem do produto.

Em se utilizando a argamassa colante, deve-se estar atento a três tipos de tempos que devem ser respeitados:

• Tempo de repouso: tempo que a argamassa deve ser deixada em repouso após o preparo e antes de ser utilizada. Este tempo é fornecido na embalagem do produto ficando entre 10 a 15 minutos.

• Tempo em aberto: tempo que a argamassa pode ficar extendida na base sem que perca suas propriedades adesivas. Formação de película superficial esbranquiçada, secagem superficial (não suja os dedos) e ausência de esmagamento completo dos cordões em placa recém-assentada são sinais que o tempo em aberto foi excedido. Esta argamassa deve ser removida e descartada.

• Tempo de utilização: tempo que a argamassa pode ser utilizada após o preparo (≅1,5 a 2 horas). Neste período não deve ser adicionada mais água à argamassa e após este intervalo de tempo ela deve ser descartada.

O assentamento das placas de revestimento deve seguir as seguintes etapas:

• Limpeza da base.

• Aplicação da argamassa colante sobre a base com lado liso da desempenadeira seguida de aplicação do lado denteado filetando a massa. Sob condições de forte insolação, pode-se aspergir água sobre a base antes da aplicação da argamassa colante.

• Em caso de dupla camada, aplicação da argamassa, com o lado liso da desempenadeira, no verso da placa.

• Sempre que as garras do verso da placa apresentarem reentrâncias > 1mm, independente das dimensões das placas, deverá ser feito preenchimento destas no instante do assentamento.

• Assentamento da placa com esmagamento completo dos filetes da argamassa colante através de movimentos de vai-e-vem perpendiculares aos cordões. Em seguida, com o martelo de borracha,

bater cuidadosamente a peça de modo a garantir 100% do preenchimento do verso da placa.

• Limpeza do excesso de argamassa nas juntas entre as peças e sobre as peças.

As juntas de assentamento são os espaçamentos deixados entre duas peças de revestimento adjacentes durante a sua aplicação. Na execução e preenchimento destas juntas devem ser observados os seguintes aspectos:

• As dimensões das juntas deverão ser especificadas em função das dimensões da placa de revestimento, das condições de exposição e características dos materiais, estando compreendidas entre 4mm e 10mm. Para ambientes externos, recomenda-se que as juntas não sejam inferiores a 5 mm e, em se tratando de pastilhas, as juntas são definidas pelo fabricante (produto fornecido em placas).

• Para garantia da regularidade das dimensões recomenda-se a utilização de espaçadores que deverão ser removidos após o assentamento.

• O material de preenchimento das juntas deve ser escolhido em função das características dos materiais cerâmicos e do ambiente. De modo geral, são utilizadas argamassas industrializadas para rejuntamento à base de cimento Portland. Para ambientes externos a argamassa deve apresentar adição de polímeros e fungicidas e características de impermeabilidade. Em se tratando de porcelanatos, é muito importante a presença de polímeros capazes de garantir de aderência desta argamassa à placa de revestimento. Em algumas situações faz-se necessária a utilização de produtos à base de resina epóxi.

• O preparo do material de rejuntamento deve ser feito através de misturador mecânico, utilizando a quantidade de água recomendada pelo fabricante na embalagem do produto e caixote plástico (estanque). Caso necessário, aguardar tempo de repouso do produto.

• O preenchimento das juntas com argamassas industrializadas para rejuntamento deve ser feito com a utilização de desempenadeira de neoprene em movimentos de vai-e-vem diagonais em relação às juntas. O acabamento deve ser efetuado com mangueira de plástico ou similar, de modo a obter um rejunte íntegro, sem pontos falhos e com uniformidade de cor.

• Logo após o rejuntamento, proceder a limpeza do excesso de material sobre a peça de revestimento com um pano úmido ou estopa. Não usar substâncias ácidas para a limpeza.

Placas de rocha

Mármores e granitos são as placas de rocha normalmente utilizadas para revestimento de paredes. Qualquer que seja o tipo de placa de rocha utilizada sempre é interessante que seja feita uma análise petrográfica do material de modo a identificar a adequação da placa à finalidade e ao ambiente, bem como identificar a presença de materiais deletérios e microfissuras.

O assentamento das placas de rocha deve ser feito conforme as recomendações a seguir:

• O assentamento deverá ser feito utilizando argamassa colante tipo AC III. A sua aplicação e preparo deve ser feito conforme indicado no item anterior. Em função das dimensões das placas normalmente utilizadas (não inferiores a 40cm x 60cm), a forma de assentamento deve ser a dupla camada, com a argamassa sendo aplicada no verso da placa, no instante do assentamento, com o lado denteado da desempenadeira.

• Sistemas auxiliares de fixação (parafusos, dispositivos retentores / sustentadores) deverão ser previstos sempre que as placas de rocha estiverem em altura superior a 2 m em relação ao piso adjacente. Estes dispositivos devem ser adequadamente dimensionados e quantificados em função das dimensões das placas. Além disso o material destes deve ser constituído por material inalterável nas condições do ambiente de aplicação (aços inoxidáveis, galvanizados).

• As juntas de assentamento entre as placas adjacentes devem possuir espessura de 5 a 10 mm e serão preenchidas com argamassa de rejuntamento industrializada ou mastiques (silicones ou poliuretanos). Na utilização de argamassa de rejuntamento, seguir as recomendações anotadas no item anterior. Na utilização de mastiques alguns cuidados devem ser seguidos, a saber:

- O material deve ser adequado para utilização em pedras e compatível com as condições de exposição.

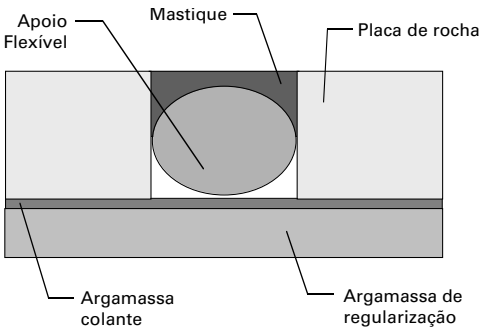
- Deverá ser colocado um corpo de apoio, sob pressão, no interior da junta. Este ajuda a limitar o consumo do produto, garantir o coeficiente de forma e impedir a adesão ao fundo.

- Antes da aplicação do produto proteger as laterais das juntas com fita crepe.

- A junta deverá estar seca e isenta de poeiras e outras sujeiras no instante de aplicação do produto de modo que seja garantida a aderência do produto às bordas.

- A aplicação do produto é feita com pistola aplicadora, devendo ser feita de forma cuidadosa devido à dificuldade de remoção do produto sobre a placa.

- O acabamento do mastique deve ser feito com espátula ou com o próprio dedo protegido por luva de borracha.
- Detalhe da junta preenchida:



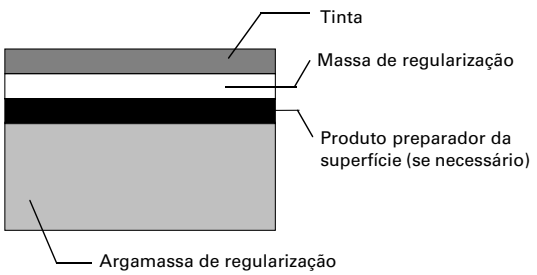
Pintura

Na execução do sistema de pintura sobre argamassa de regularização devem ser observados os seguintes aspectos:

• A escolha do sistema de pintura a ser utilizado deve ser compatível com as solicitações do ambiente em que será aplicado. Em ambientes externos é imprescindível que, no mínimo seja utilizado sistema à base de resina acrílica, lembrando que as texturas apresentam melhor desempenho.

• Para o inicio da aplicação do sistema de pintura é importante que a base apresente-se íntegra e limpa. A argamassa de regularização deverá ser lixada de modo a remover saliências e partes soltas e a poeira deverá ser eliminada por escovamento.

• Os sistemas de revestimento em pintura normalmente são constituídos pelas seguintes camadas:



• A massa corrida (regularização) deverá ser aplicada em 2 a 3 demãos finas, lixando até obter o nivelamento desejado.

• Antes da aplicação da tinta remover a poeira do lixamento da massa corrida através de escovamento e pano levemente úmido.

• A tinta deverá ser aplicada conforme as recomendações do fabricante.

• A temperatura do ambiente em que o produto está sendo aplicado deve estar entre 10ºC e 40ºC e a umidade relativa do ar abaixo de 80%, não sendo recomendada a aplicação sob insolação direta, ventos fortes e em dias chuvosos.

• A diluição dos produtos deve ser feita conforme recomendações do fabricante, na embalagem do produto (proporção e diluente).

• O intervalo entre demãos solicitado pelo fabricante na embalagem do produto deverá ser respeitado.

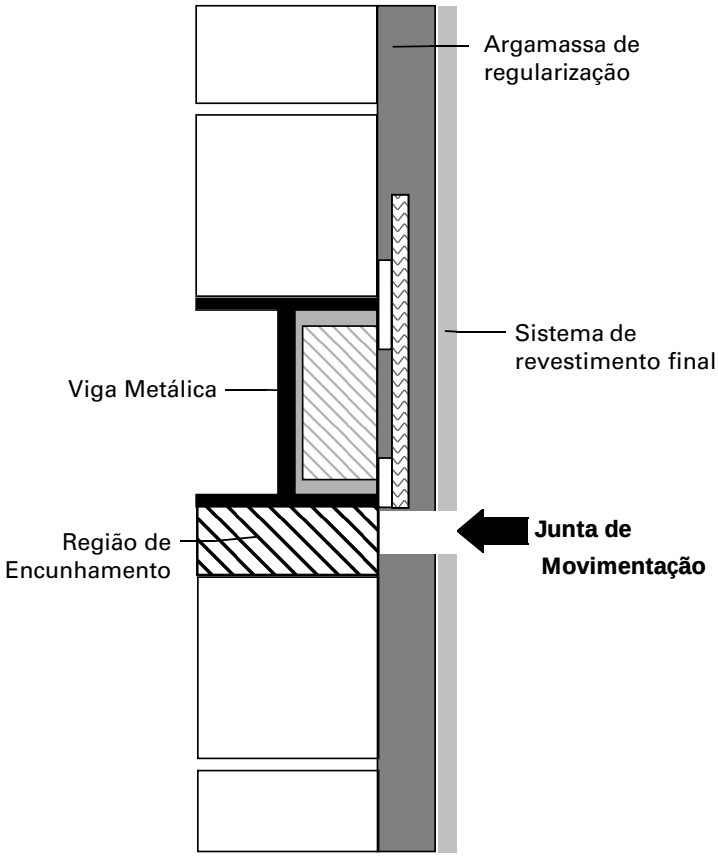
4.1.9. Juntas de movimentação nos revestimentos

As juntas de movimentação têm por finalidade subdividir o sistema de revestimento aliviando as tensões provocadas pelas movimentações da base e do próprio sistema de revestimento.

Em se tratando de uma edificação em estrutura metálica, o posicionamento destas juntas estará preferencialmente associado aos alinhamentos das transições entre os perfis metálicos e as alvenarias. Nos itens a seguir serão feitas as principais considerações sobre o seu posicionamento, dimensões e preenchimento.

Junta de movimentação horizontal

As juntas de movimentação horizontais estão posicionadas no alinhamento da transição viga metálica / alvenaria, a cada pavimento, interna e externamente, conforme detalhe genérico a seguir:

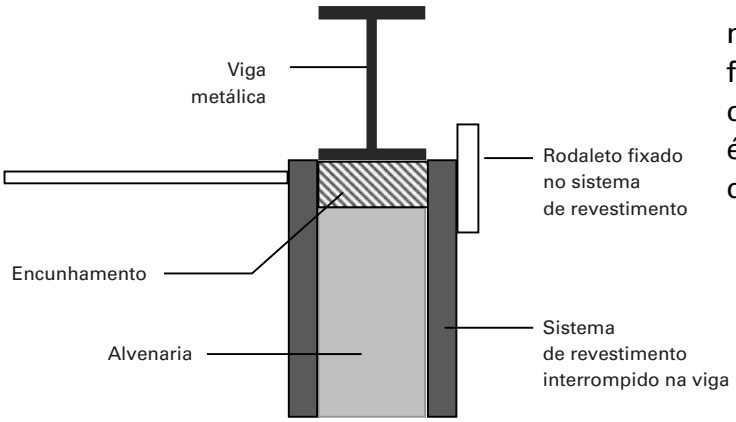


A junta de movimentação corresponde a uma interrupção no sistema de revestimento, sendo feita através de um corte que vai desde à base até o revestimento final. A largura desta junta é definida em função das características do sistemas estrutural e alvenaria, bem como do acabamento final, estando compreendida entre 10 mm e 20 mm. Ela pode ser executada durante a execução da argamassa de regularização ou cortada, após a argamassa já estar endurecida com ferramenta elétrica de corte.

No que diz respeito a juntas de movimentação horizontal, é possível a ocorrência de algumas situações específicas conforme anotado a seguir:

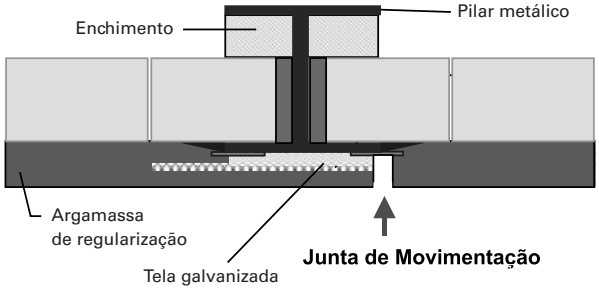
• Em edificações em que tenha sido adotado o sistema rígido no dimensionamento da alvenaria, algumas vezes é possível o estudo de reforços específicos de modo a eliminar a necessidade desta junta. Em sistemas flexíveis, esta possibilidade não existe.

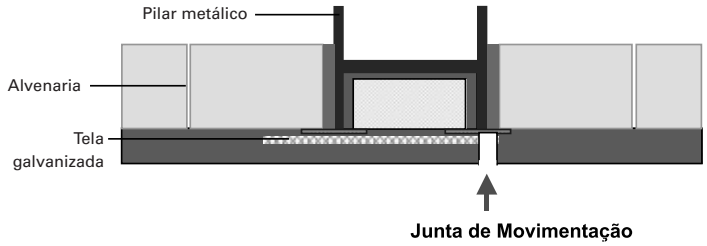
• Em revestimentos internos, a junta pode ser eliminada em situações em que seja prevista a utilização de forros ou rodatetos, conforme detalhe genérico abaixo:



Junta de movimentação vertical

As juntas de movimentação vertical, de modo geral, estão posicionadas na transição entre o pilar metálico e a alvenaria, conforme detalhes genéricos a seguir:

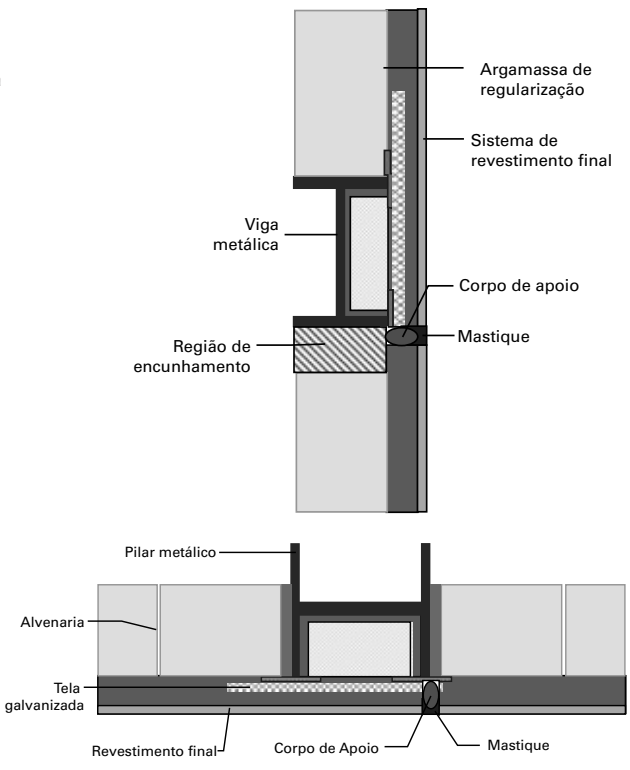




Em função dos vãos entre pilares normalmente adotados nas estruturas metálicas, a definição de juntas de movimentação a cada pilar costuma ser suficiente (espaçamento entre juntas verticais da ordem de 6 m). A execução e dimensões deverão ser feitas conforme considerações para a junta horizontal.

Preenchimento das juntas de movimentação

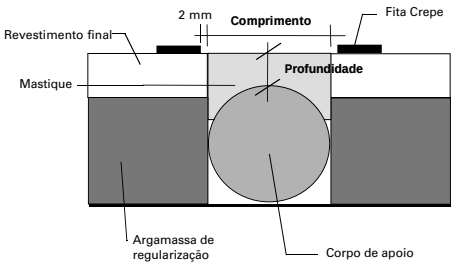
O preenchimento das juntas de movimentação deve ser executado com materiais flexíveis capazes de absorver as deformações do sistema de revestimento. De modo geral é utilizado corpo de apoio de polietileno expandido e um mastique (silicone ou poliuretano).



Algumas recomendações são feitas para a execução do preenchimento destas juntas:

• O sistema de revestimento final deve estar concluído.
• As juntas devem estar limpas, sem resíduos de argamassa, partículas soltas e sinais de umidade. Além disso, em sistemas de pinturas não podem apresentar esborcinamento.

• Antes da aplicação do mastique, as bordas das peças de revestimento devem ser protegidas com fita crepe. Nos sistemas de pintura, recomenda-se que a fita seja posicionada da ordem de 2 mm em relação à borda da junta.



• O corpo de apoio deve ser colocado sob pressão no interior da junta de modo a ficar adequadamente posicionado, garantindo o coeficiente de forma de produto (relação comprimento:profundidade).

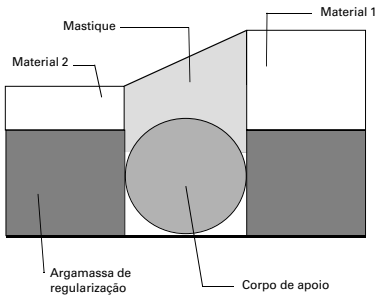
• O mastique deverá ser aplicado com a utilização de pistola aplicadora devendo ser feito o corte no bico do tubo do selante em ângulo de 45° na medida da junta. Devido à dificuldade de remoção do mastique sobre o revestimento, a aplicação deve ser feita de forma cuidadosa.

• O acabamento do mastique deverá ser feito com espátula ou com o próprio dedo protegido por luva de borracha.

Outros tipos de juntas de alívio

• Juntas Estruturais da Edificação e Juntas entre Pilaretes Duplos: estas juntas devem ser respeitadas em todas as camadas constituintes do sistema de revestimento, garantindo-se a mesma dimensão especificada no projeto, devendo ser preenchidas com selantes estruturais ou perfis pré-fabricados para esta finalidade.

• Juntas de Dessolidarização: estas juntas são responsáveis pela desconexão entre revestimentos finais de materiais diferentes e quinas de revestimentos em placas (cerâmica e rocha).

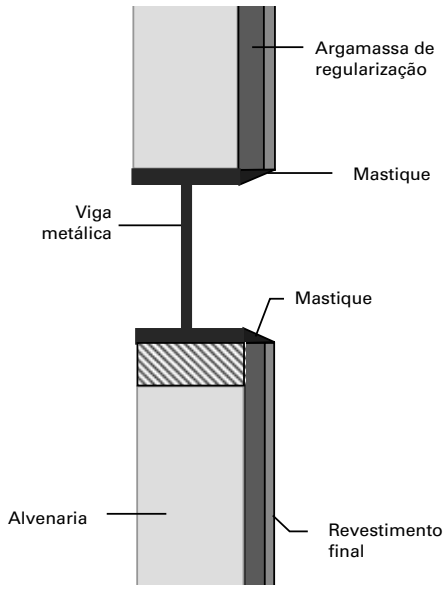


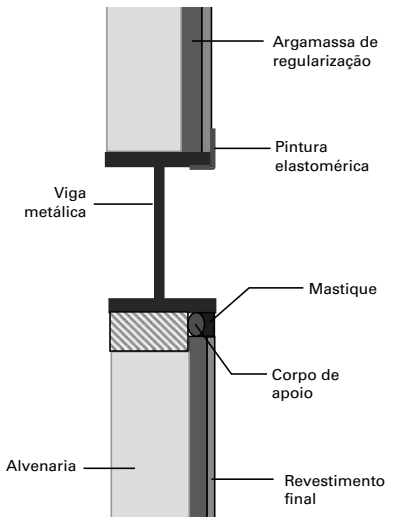
4.2. Estrutura metálica aparente

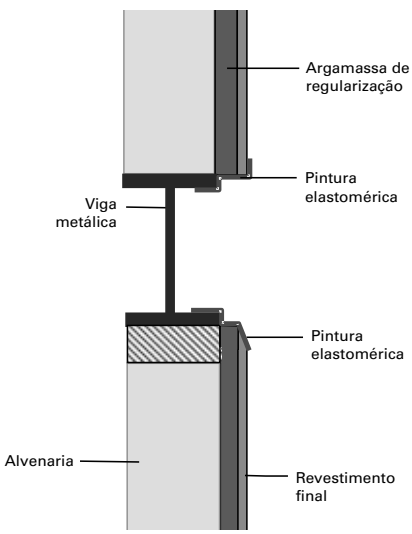
Nas situações em que a estrutura metálica não será revestida, ficando total ou parcialmente aparente, o sistema de revestimento torna-se mais simples, sendo a parte mais importante o tratamento da ligação sistema de revestimento / perfis metálicos.

Para execução do sistema de revestimento nesta situação, a limpeza da alvenaria, o chapisco, a utilização de telas de reforço em regiões de tubulações e estruturas de concreto (cintas, pilaretes e tirantes), a execução da argamassa de regularização e a aplicação do acabamento final devem ser feitos conforme as recomendações feitas para a estrutura metálica revestida.

• Viga Metálica Aparente:



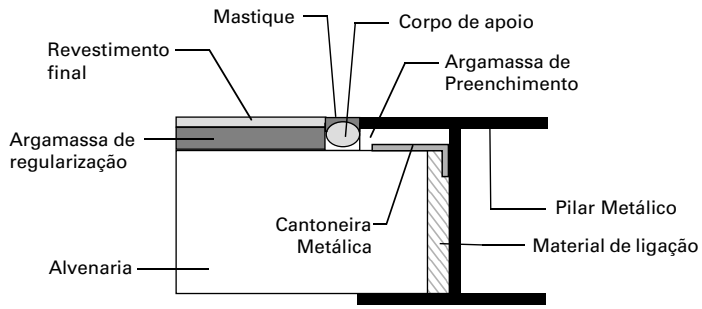


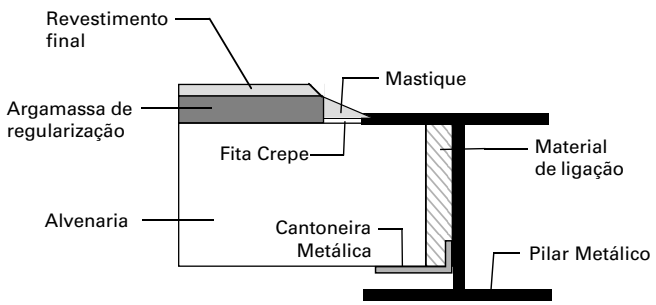


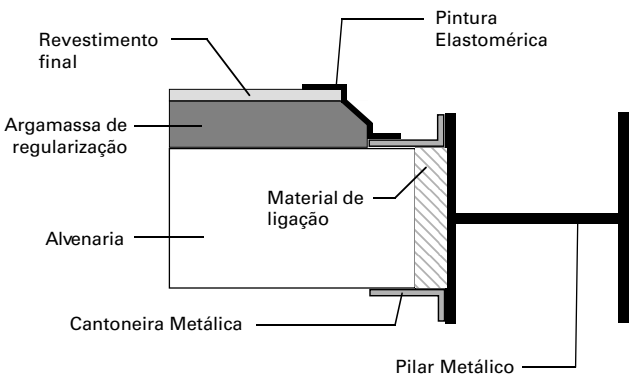
4.2.1 Tratamento das ligações revestimento / estrutura metálica

A definição da forma em que será feito o tratamento das ligações do revestimento com a estrutura metálica depende da posição relativa do sistema de revestimento em relação aos perfis. As interfaces entre os dois materiais serão conectadas através de mastiques ou tintas elastoméricas. Diversas situações são apresentadas a seguir:

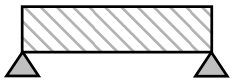
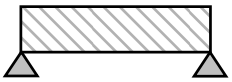
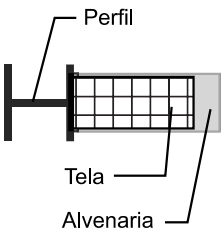
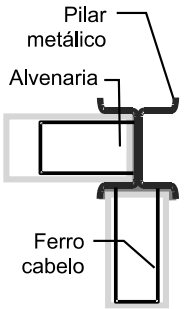
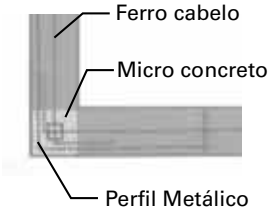
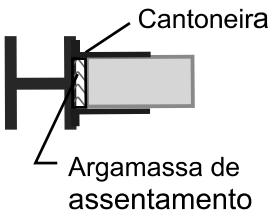
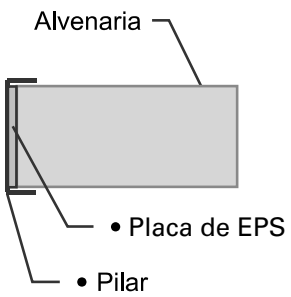
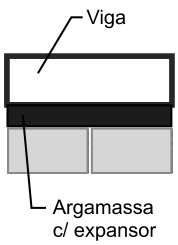
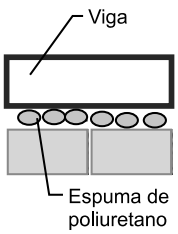
• Pilar metálico aparente:



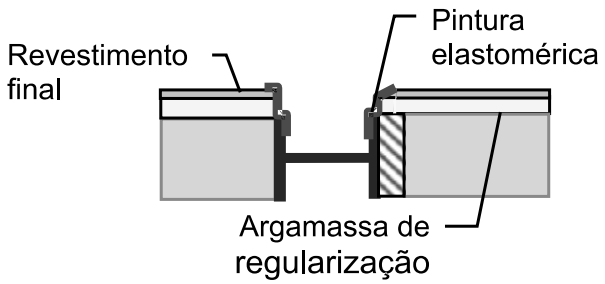
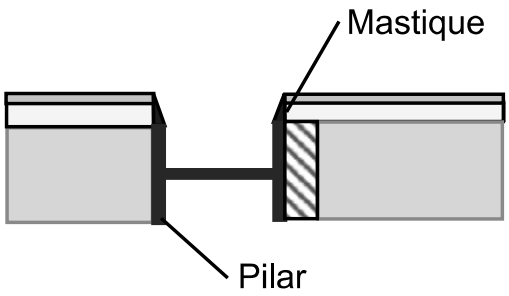
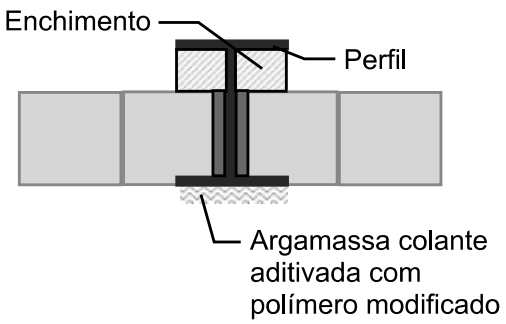




4.3. Resumo do estudo das ligações alvenaria X estrutura

ITEM	TIPO DE LIGAÇÃO	
	Semi-rigído	Deformável
Estrutura de apoio	 Para vãos até 6,5m entre apoios.	 L > 6,5m Para vãos superiores a 6,5m e alvenaria sobre lajes deformavéis.
Ligação lateral pilar/alvenaria	 Tela soldada a cada 60 cm   Ferro cabelo a cada 60cm	 Cantoneiras fixadas com pistola de pressão e pinos de aço ou soldadas  Pilar em perfis de chapa dobrada
Ligação superior viga/alvenaria	 Argamassa de cimento e água com aditivo expansor (não retrátil)	 Espuma de poliuretano expandido ou placa de EPS.

4.4. Cuidados nas ligações revestimento / estrutura metálica

ITEM	DETALHE
Tratamento com pintura elastomérica (pilar não revestido)	
Tratamento com pintura elastomérica (pilar não revestido)	
Ligação lateral pilar/alvenaria	

Referência Bibliográfica

ABCI – Manual Técnico de Alvenaria. São Paulo: ABCI/PROJETO, 1990.

ACI – American Concrete Institute - Allocuable Deflections: Manual of Concrete –1979.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – Catálogo ABNT 1995/ Rio de Janeiro.

CSTC – Centre Scientifique Et Techinique de la Construction.
Fissuration de Maçonneires CSTC. Note D'information Techinique 65. Bruxelas, 1980.

Lordsleem Júnior, Alberto Casado - Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras.
In: Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada.São Paulo: O nome da Rosa Editora, 2000.

Siqueira Filho, F.S. e Dias, E. M. – Racionalização da Construção: Produção de fachadas e Impermeabilização. Distrito Federal: CREA/DF, 1999.

Thomas, Ercio - Trincas em Edifício: causas, prevenção e recuperação.
São Paulo: Pini: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo:
Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

USP – O Emprego de Telas Metálicas Soldadas como Componente de Ligação entre Alvenaria e Estrutura. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1999.

Von Krüger, Paulo Gustavo – Análise de Painéis de Vedação nas Edificações em Estrutura Metálica. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação.