

# Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto

**Guilherme A. Parsekian - [parsekian@ufscar.br](mailto:parsekian@ufscar.br)**



ABCP – UFSCar  
2012



**Comunidade  
da Construção**  
Sistemas à base de cimento

# Introdução: O Processo de Criação do Livro e Mini-Curso

- **A ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland - tem a proposta de disponibilizar ao meio técnico um livro e curso de melhores práticas para projeto de edifícios de alvenaria estrutural com bloco de concreto.**
- **Para tanto, convidou o Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), através do Professor Guilherme A. Parsekian, para coordenar o projeto de criação deste texto.**

# Introdução: O Processo de Criação do Livro e Mini-Curso

- Dentro dessa proposta foram selecionados projetistas de âmbito nacional e de grande experiência profissional para discussões técnicas e análises que foram realizados em diversas reuniões até a obtenção do consenso técnico aqui disponibilizado.

# Introdução: Conteúdo do Livro e Mini-Curso

- Parte 1 (livro e deste mini-curso):
- Indicações para dimensionamento de acordo com a nova norma NBR 15961-1 – Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto – parte 1: projeto, com exemplos de verificações de elementos a compressão, flexão, cisalhamento e flexo-compressão.

## ■ Parte 2: Detalhes de Projeto:

- detalhamento de armaduras como cobrimento mínimo, áreas e diâmetros máximos e mínimos, comprimentos de ancoragem e emendas, ganchos e dobras, armaduras construtivas;
- prescrições para juntas de controle e dilatação, incluindo detalhes da ligação parede e laje do último pavimento ;
- detalhes para consideração do balancim na cobertura, amarração direta ou indireta, especificações para cinta intermediária e de respaldo, detalhes de lajes maciças e pré-moldadas, modulações, vergas e contra-vergas;

- Ponto relevante é a disponibilização de uma tabela de padronização das resistências de argamassa, graute, prisma oco e cheio, em função dos vários valores de  $f_{bk}$  de blocos de concreto de 3 a 20 MPa.

# Introdução: Conteúdo do Livro e Mini-Curso

- Parte 3: Introdução ao Controle de Obras:
- indicações para atualização do controle dos materiais e da execução em obra atualizadas de acordo com a NBR 15961-2– Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto – parte 2: execução e controle.

# Introdução: Conteúdo do Livro e Mini-Curso

- **Espera-se que demais projetistas de estruturas aproveitem a experiência aqui condensada para balizar seus projetos. Construtoras e engenheiros de obras podem utilizar a consulta a este livro para tirar dúvidas e discutir detalhes ótimos com seus projetistas.**
- **Essa publicação só foi possível devido a participação voluntária dos escritórios e consultores de referência participantes, cujo nível de excelência técnica propiciou discussões muito interessantes e relevantes.**

# PARTICIPANTES

## *Coordenação*

***Guilherme Aris Parsekian – UFSCar***

## *Organização*

**Arnoldo Augusto Wendler Filho – Wendler Projetos**

**Cláudio Oliveira Silva – ABCP**

**Eliana Taniguti – E8 Inteligência**

**Glécia Vieira - ABCP**

**Michelli Garrido Silvestre – ABCP**

## *Apoio*

**Ernesto Fortes Silva – UFSCar**

# ***Empresas e Entidades Participantes***

- **Arco Assessoria em Racionalização Construtiva – Luiz Sérgio Franco**
- **Bloco Brasil – Carlos Alberto Tauil**
- **Claudio Puga & Engenheiros Associados – Cláudio Creazzo Puga**
- **Escritório Técnico J. R. Andrade – José Roberto Leme de Andrade e José Roberto Leme de Andrade Jr.**
- **Racional Projeto e Consultoria – Luiz Alberto Carvalho**
- **Pedreira de Freitas – Augusto Guimarães Pedreira de Freitas e Fabiana Cristina Mamede**
- **RKS Engenharia de Estruturas – João Alberto Kerber**
- **Simon Engenharia – Fabio Simon**
- **Wendler Projetos Estruturais – Arnaldo Augusto Wendler Filho**

# **Introdução e Definições**

## **Alvenaria Estrutural**

### **e a NBR 15961/2011**

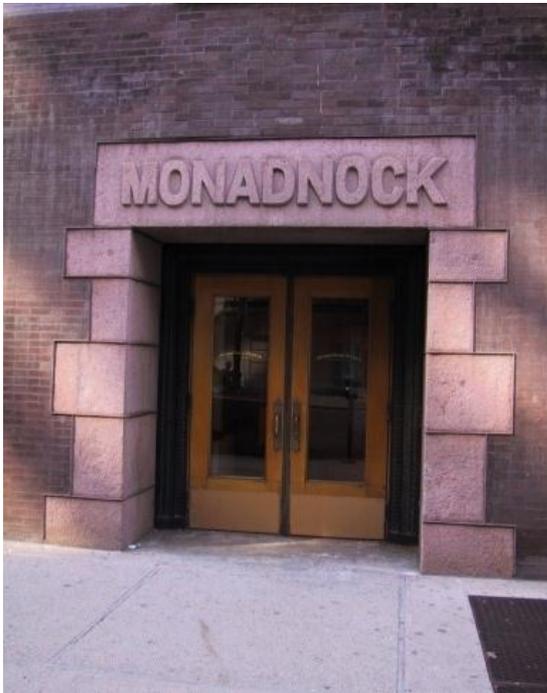
# Alvenaria estrutural existe a quanto tempo?

- 12.000 anos?
- 10.000 anos?
  - 60 anos?



# O que é alvenaria estrutural?

- Qualquer parede que suporta carga além de seu peso próprio é alvenaria estrutural?



## Estrutura de Alvenaria

**Monadnock  
1890**





Só o Suíço  
Paul Haller  
realizou  
cerca de  
1.600 ensaios  
de parede!!!

## Paul Haller – Suíça

**edifícios de 12 e 18 andares construídos com alvenaria não armada com paredes externas de espessura entre 30 e 37,5 cm, internas de 15,2cm**

**EDIFÍCIOS MARCANTES EM ALVENARIA NÃO ARMADA**  
**Início da Alvenaria Estrutural**

# Ensaio no Laboratório de Sistemas Estruturais - UFSCar



**Cisalhamento**



**Estanqueidade**



**Tração na Flexão**

Só no trabalho de mestrado de Ernesto Silva Fortes / UFSCar, apoiado pela ABCP foram realizados mais de 1.000 ensaios de blocos e prismas



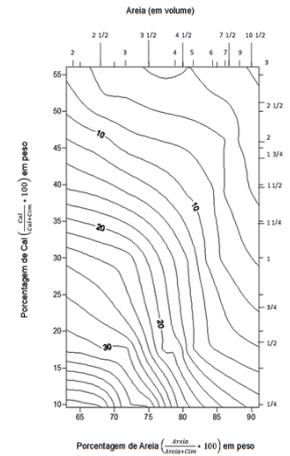
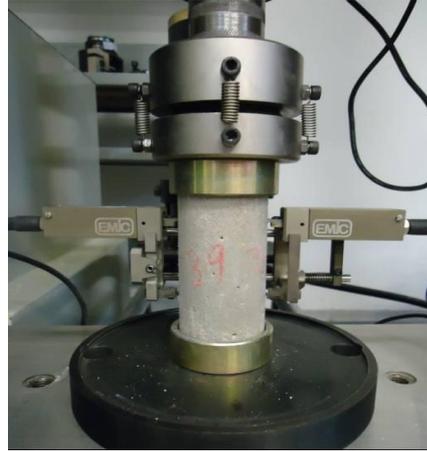
**Retração**



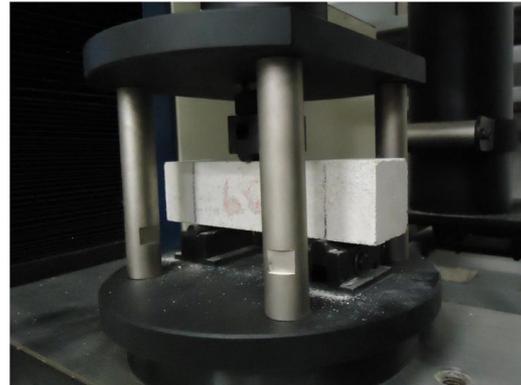
**Compressão de bloco e prisma**



# Ensaio no Laboratório de Sistemas Estruturais - UFSCar



Só no trabalho de iniciação científica de Gregory Lee Pinheiro/ UFSCar, apoiado pelo CNPq ensaiados 44 traços distintos de argamassas em diferentes formas



Economia com conhecimento e segurança



# ALVENARIA ESTRUTURAL =

**DIMENSIONAMENTO → Cálculo**

**RACIONALIZAÇÃO → Projeto Modular,  
compatibilizado, detalhado**

**E CONTROLE DA CONSTRUÇÃO →  
caracterização dos materiais, recebimento  
blocos, controle argamassa, graute e  
prisma, controle da produção da alvenaria**

# Alvenaria Estrutural



# Bibliografias cada vez mais disponíveis

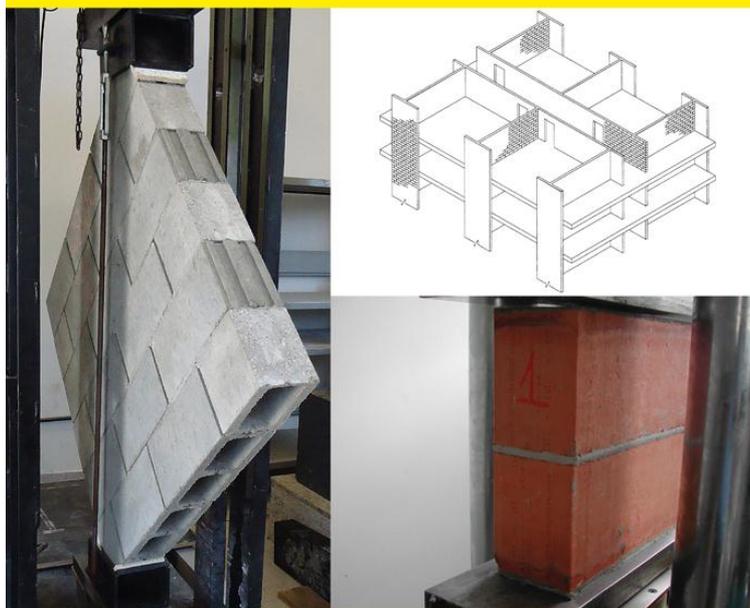
## PARÂMETROS DE PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO

Guilherme Aris Parsekian (Org.)



## COMPORTAMENTO E DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Guilherme A. Parsekian  
Ahmad A. Hamid  
Robert G. Drysdale



**AMBOS  
LIVROS  
CONTARAM  
COM APOIO  
DA ABCP**

**DISPONÍVEIS  
EM**

**[www.editora.  
ufscar.br](http://www.editora.ufscar.br)**

**Década de 80: Normas Brasileiras → Ensaaios, Projeto e Execução AE de blocos de concreto → baseada nas americanas**

**2004: Instalado Comitê para rever essas normas → trabalho para em 2005**

**2010: Re-instalado Comitê**  
**2011: publicação**

**ABNT NBR 15961: 2011**  
**Alvenaria estrutural**  
**— Blocos de concreto —**  
**Parte 1: Projetos**

**ABNT NBR 15961: 2011**  
**Alvenaria estrutural**  
**— Blocos de concreto —**  
**Parte 2: Execução e controle de obras**

# ALVENARIA ESTRUTURAL = DIMENSIONAMENTO, RACIONALIZAÇÃO E CONTROLE DA CONSTRUÇÃO

## BLOCOS ESTRUTURAIS



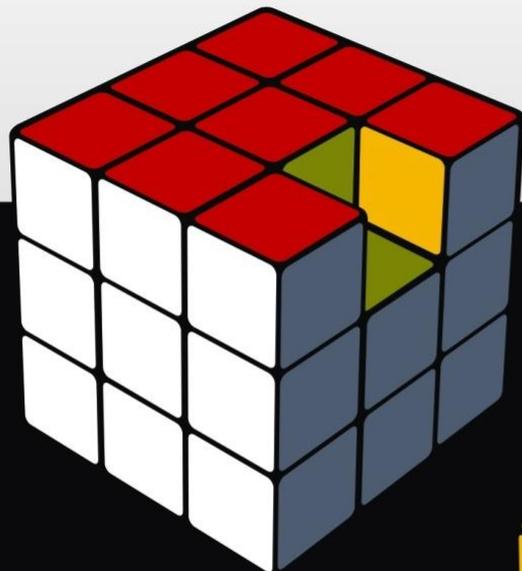
**NÃO CONFUNDIR COM “BROCO” ou DE VEDAÇÃO**



Vários bons fabricantes de blocos de concreto → referência:



<http://www.blocobrasil.com.br/associados-bloco.asp>



# 15<sup>th</sup> IB<sup>2</sup> Mac Brazil

Developing the future of masonry

**Maiores evento Técnico Mundial da Área  
Florianópolis, 03 junho de 2012**

**Programação e outros detalhes em  
[www.15ibmac.com](http://www.15ibmac.com)**

# Alguns destaques do IB<sup>2</sup>MaC

**Day 1: Jun 3rd, 2012**

**Pre-conference Event (Optional): Construction and building industry Day**

- 09:30am**                    **Structural Masonry By A Constructor Point Of View**  
**Eng. Renato S. Mesquita de Oliveira – Fortenge Construções**
- 10:00am**                    **Site Implementation Of Structural Masonry**  
**Eng. Marcio Santos Faria - Arq. EST Consultoria & Projetos**
- 10:30am**                    **High-Rise Structural Masonry Buildings in Brazil**  
**Arq. Carlos Alberto Tauil – Bloco Brasil**  
**Eng. Claudio Oliveira Silva - ABCP**
- 11:30am**                    **Masonry Pre-Fabrication**  
**Edificaz Tecnologia em Construção**
- 12:00am**                    **Life Cycle Assessment (LCA) Of Clay Masonry**  
**Anicer**

# Alguns destaques do IB<sup>2</sup>MaC

**Day 1: Jun 3rd, 2012**

**Pre-conference Event (Optional): Construction and building industry**

**02:00pm Special Session (Optional): Masonry Engineering - Past Development, Current Overview, Future Improvements**

**02:00pm In Brazil - Marcio Correa**

**02:30pm In the United Kingdom - Barry Haseltime**

**03:00pm in Canada - Robert Drysdale**

**04:00pm In the United States - Richard Klingner**

**04:30pm In Australia - Adrian Page**

**05:00pm Discussion – Guilherme Parsekian (Moderator)**

# Alguns destaques do IB<sup>2</sup>MaC

## Mini-Cursos

### Segunda

09:00 / 10:45

**Short Course (Optional) - Special Masonry Topics: Accidental Damage and Progressive Collapse Design**  
**Barry Haseltime**

11:00 / 12:45

**Short Course (Optional) - Special Masonry Topics: Slender Wall Design**  
**Robert Drysdale**

### Terça

09:00 / 10:45

**Short Course (Optional) - Special Masonry Topics: Non-Linear Numerical Modelling of Masonry**  
**Paulo Lourenço**

11:00 / 12:45

**Short Course (Optional) - Special Masonry Topics: Prestressed Masonry Design**  
**Nigel Shrive**

# Alguns destaques do IB<sup>2</sup>MaC

## Palestras

### Current perspectives on conservation of heritage masonry in Canada

**Nigel Shrive**

### Performance of earthquake strengthened buildings in the Christchurch earthquake

**Jason Ingham**

### Sustainability Aspects of Masonry Materials and Buildings

**Gregg Borchelt**

**Cerca de 150 artigos técnicos de 30 países apresentados nas Sessões Técnicas**

# DEFINIÇÕES

**alvenaria estrutural não armada:** elemento de alvenaria no qual a armadura é desconsiderada para resistir aos esforços solicitantes

**alvenaria estrutural armada:** elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistência dos esforços solicitantes

**alvenaria estrutural protendida:** estrutura que contém armaduras ativas utilizadas para aumentar o grau de compressão da alvenaria e permitir a absorção dos esforços calculados

# IMPORTANTE! Área Líquida / Área Bruta

**Norma de  
Ensaio Bloco:  
Resultado na  
Área Bruta!**



**Norma de Ensaio de  
Prisma (“antiga”):  
Resultado na Área  
Líquida!**

**Nova Norma → também  
Área Bruta**



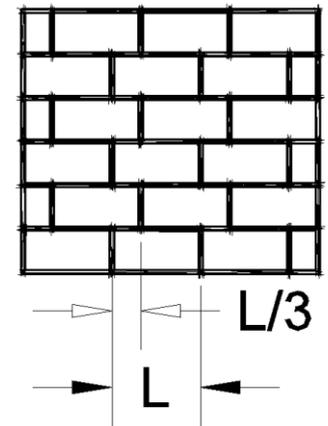
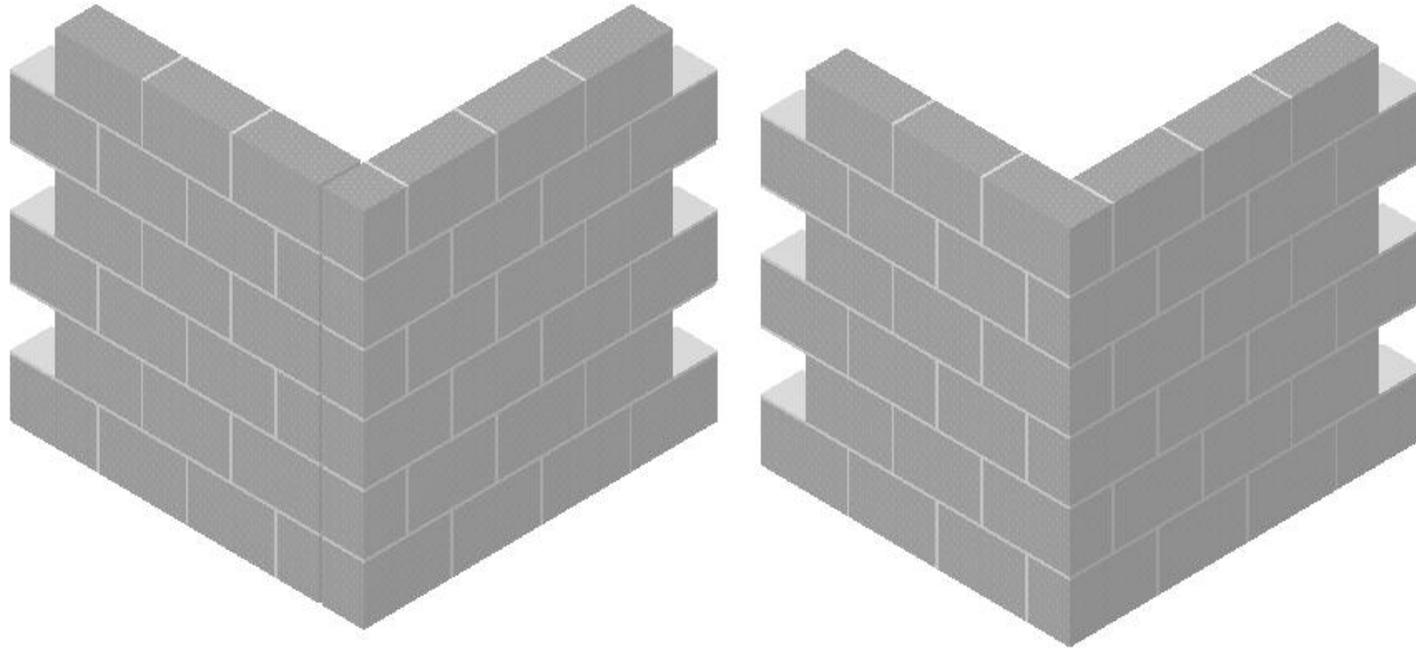
**Bloco de 4,0 MPa → Prisma de 6,5 MPa?**

**ESSE PROBLEMA NÃO EXISTE MAIS!**



**TUDO ÁREA  
BRUTA!!!**

# DEFINIÇÕES



## •Amarração ou indireta:

**A.Direta:** padrão de distribuição dos blocos no qual as juntas verticais se defasam de no mínimo 1/3 do comprimento dos blocos.

**B.Indireta:** padrão de distribuição dos blocos no qual não há defasam nas juntas verticais e utiliza-se algum tipo de armação entre as juntas.

## Algumas Premissas:

- Estado Limite Último
- Valores Característicos
- Referência na Área Bruta

# VALOR CARACTERÍSTICO

## Resistência Característica $F_{bk}$ ou $F_{pk}$ – Requisitos NBR

$$f_{bk,est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

onde:

$f_{bk,est}$  é a resistência característica estimada da amostra, expressa em MPa;  
 $f_{b(1)}, f_{b(2)}, \dots, f_{bi}$  são os valores de resistência à compressão individual dos corpos-de-prova da amostra, ordenados crescentemente.

$i = n/2$ , se  $n$  for par;

$i = (n - 1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$n$  é igual à quantidade de blocos da amostra.

**Mesmo  
procedimento  
para prismas e**

**$f_{pk}$  é limitado a 85% da resistência média obtida nos ensaios**

Relatório de Prisma

CP #	Dimensões			Resistência							
	L (mm)	C (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Ruptura (N)	OBS:	fp (MPa)	fp <sub>1,2...</sub>	fpk <sub>1</sub>	fpk <sub>2</sub>	fpk <sub>3</sub>	fpk (Mpa)
1	140	390	54600	256689		4,70	0,00				
2	140	390	54600	274379		5,03	3,66				
3	140	390	54600	309579		5,67	3,79				
4	140	390	54600	227247		4,16	3,90				
5	140	390	54600	231327		4,24	4,08				
6	140	390	54600	206687		3,79	4,16				
7	140	390	54600	222824		4,08	4,24	3,60	4,39	3,59	3,60
8	140	390	54600	212700		3,90	4,29				
9	140	390	54600	200061		3,66	4,39				
10	140	390	54600	262375		4,81	4,70				
11	140	390	54600	234034		4,29	4,81				
12	140	390	54600	239809		4,39	5,03				
13	140	390	54600			0,00	5,67				

**BLOCO DE MELHOR QUALIDADE FPK É MAIS PRÓXIMO DA MÉDIA  
 → DIMENSIONAMENTO NATURALMENTE VAI LEVAR ISSO EM CONTA**

**Historicamente fpk ~ 0,80 fp**

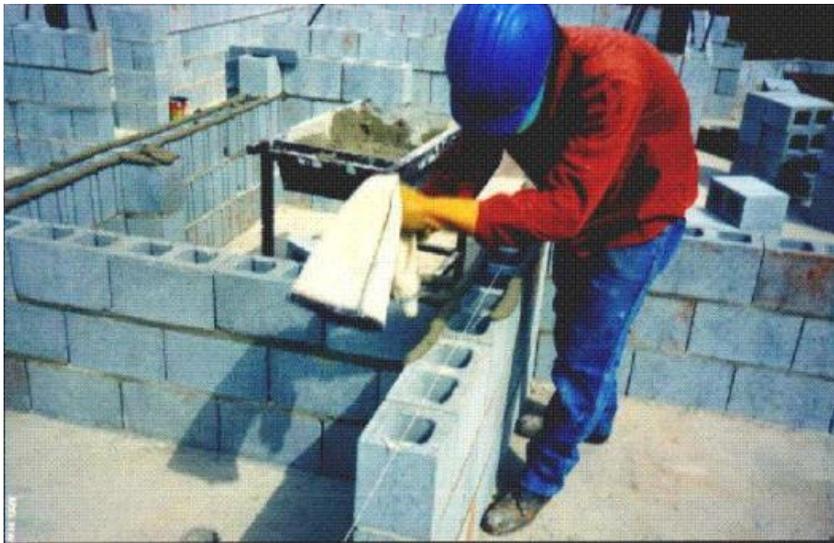
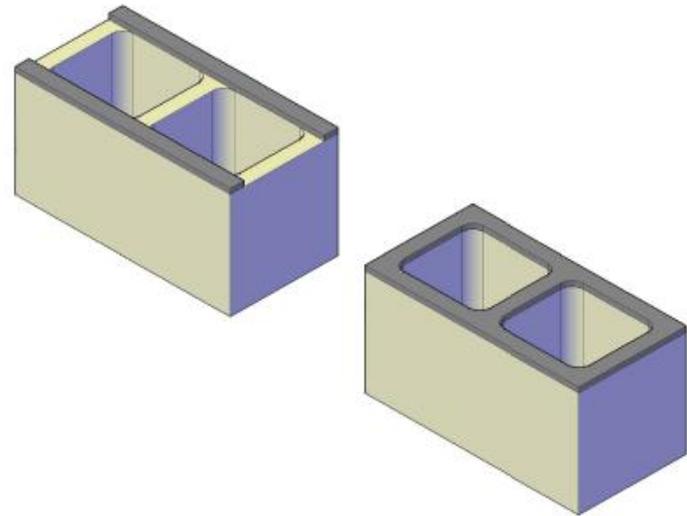
# Coeficiente de minoração da resistência do material alvenaria

$\gamma_m$

Alvenaria	Concreto	Aço
2,0	1,4	1,15

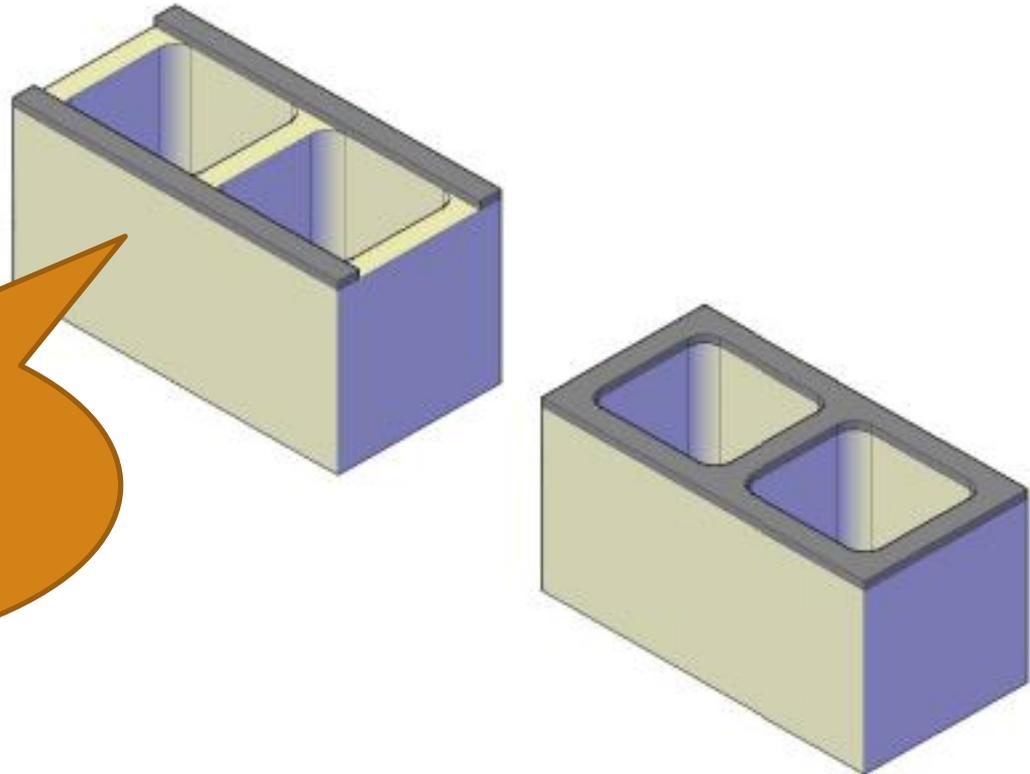


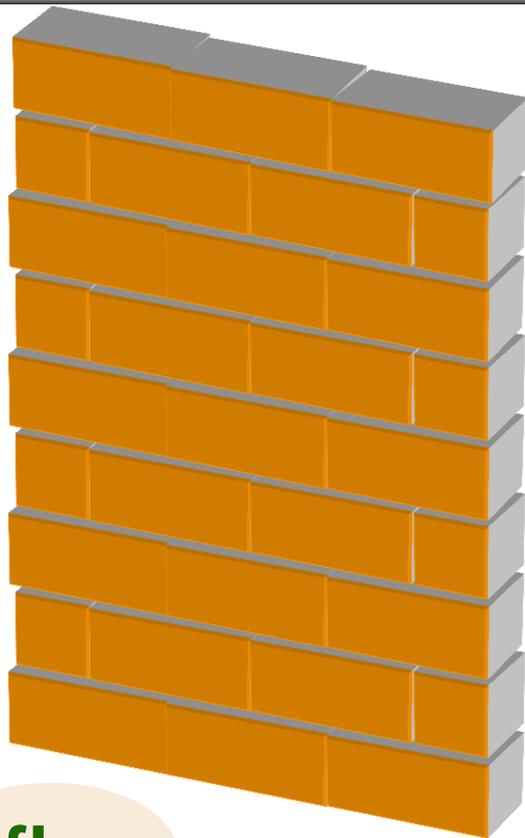
→ Resistência se os blocos forem assentados apenas com juntas horizontais nos septos?



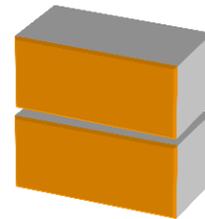
→ Resistência se os blocos forem assentados apenas com juntas horizontais nos septos?

Considerar resistência 20% menor

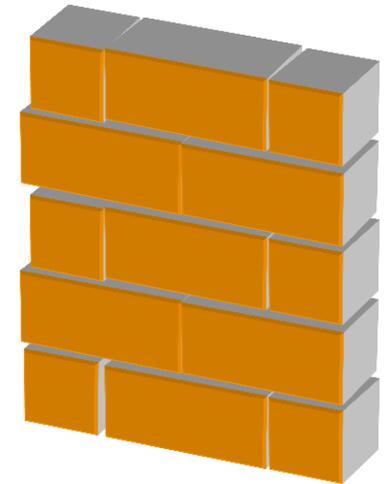




**fk =**  
resistência característica a  
compressão da parede



**= 70% fpk**



**= 85%**  
pequena  
parede  
(fpak)

**COEFICIENTE DE  
ESBELTEZ**

$$\lambda^2 = \Gamma^2 \cdot \nabla$$

$$\gamma_f \frac{F_k}{A} \leq \frac{1}{\gamma_m} \cdot f_k \cdot \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right]$$

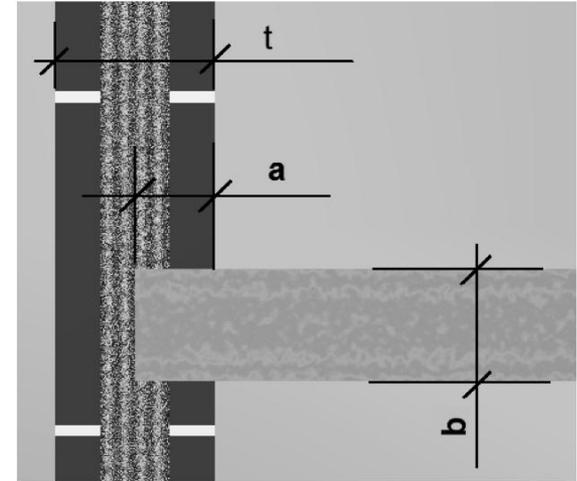
$$f_k = 0,7 f_{pk}$$

$$g_m = 2,0$$

**resistência característica  
de parede**

**resistência característica  
de prisma**

$$\frac{P_k \times \gamma_f}{a \times b} \leq \begin{cases} 1,5 \times 0,7 \times f_{pk} / \gamma_m & \text{se } a \geq \begin{cases} t/3 \\ 5 \text{ cm} \end{cases} \\ 0,7 \times f_{pk} / \gamma_m & \text{se } a < \begin{cases} t/3 \\ 5 \text{ cm} \end{cases} \end{cases}$$



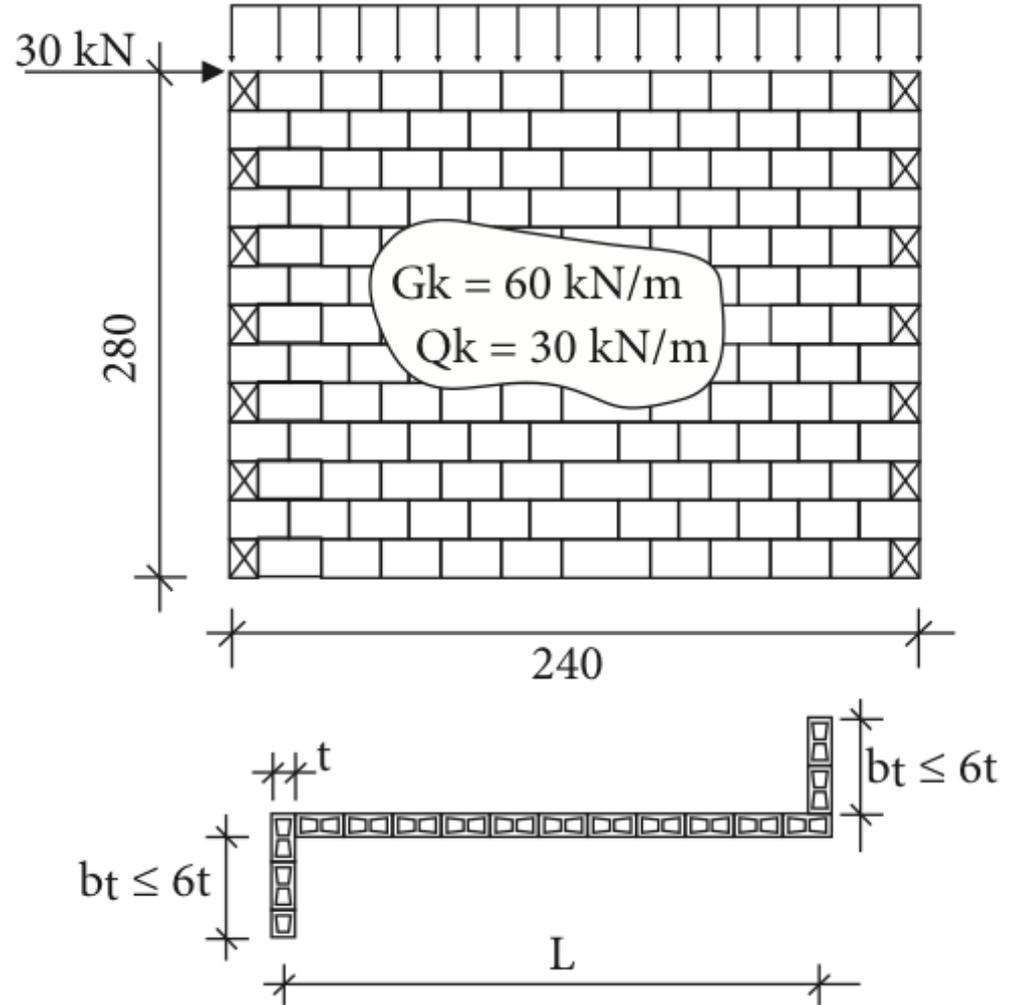
## “Efeito de confinamento”

- apoio seja feito sempre em canaleta grautada
- se a tensão de contato for maior que a necessária, pode-se ainda executar um coxim de concreto
- considerando um espalhamento da carga a 45° verifica-se a necessidade de executar ainda esse coxim nas fiadas inferiores.

# exemplo

$$\frac{1,4 \cdot (30 + 60)}{0,14} \leq 1,0 \times \frac{0,7 f_{pk}}{2,0} \left[ 1 - \left( \frac{280}{40 \cdot 14} \right)^3 \right]$$

$\Rightarrow f_{pk} \geq 2939 \text{ kN/m}^2 \text{ ou } 2,94 \text{ MPa}$



# exemplo

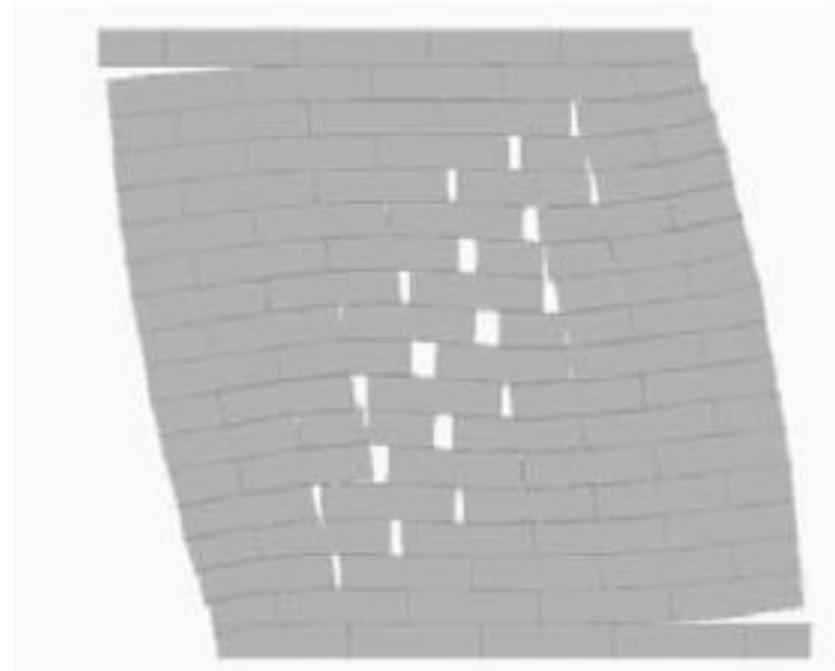
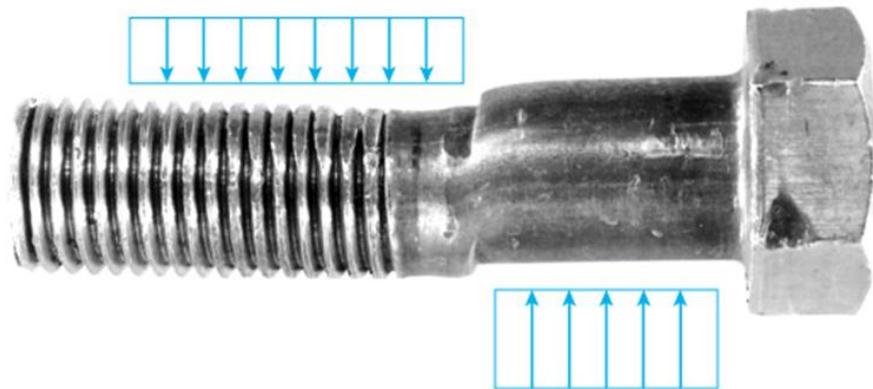
## i) Argamassa total

Admitindo  $f_{pk}/f_{bk} = 0,80 \rightarrow f_{bk} \geq 2,94 / 0,8 = 3,68 \text{ MPa} \rightarrow \rightarrow$   
blocos de 4,0 MPa (os ensaios de prisma dever resultar em  
valor característico, não médio, igual a  $[0,8 \times 4] = 3,2 \text{ MPa}$ ) --  
 $\rightarrow \rightarrow$  blocos de 4,0 MPa

## ii) Dois cordões laterais

Considerando diminuição de resistência de 20% pelo fato  
de termos apenas dois cordões laterais:  $\rightarrow f_{bk} \geq 2,94 / (0,8$   
 $\times 0,8) = 4,59 \text{ MPa} \rightarrow \rightarrow$  blocos de 6,0 MPa

# Cisalhamento



# cisalhamento

## Paredes (escorregamento da junta)

	Resistência Média de <b>Compressão da Argamassa</b> (MPa)		
	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	acima de 7,0
$f_{vk}$	$0,10 + \mathbf{0,5} \sigma \leq 1,0$	$0,15 + \mathbf{0,5} \sigma \leq 1,4$	$0,35 + \mathbf{0,5} \sigma \leq 1,7$

junta vertical preenchida

**Argamassa de cimento: cal e areia**

→ Não vale se tiver aditivo ou adições → fazer ensaio

# cisalhamento

## Vigas (totalmente grauteada)

- $f_{vk} = 0,35 + 17,5 \rho \leq 0,7$  MPa,
- onde  $\rho$  é a taxa de geométrica de armadura =  $A_s/(bd)$

## Vigas bi-apoiadas ou em balanço:

multiplicar  $f_{vk}$  por:

$$[ 2,5 - 0,25 M_{max} / (V_{max} d) ]$$

→ efeito de arqueamento da carga vertical (bielas junto aos apoios) →

**CONSIDERA AUMENTO DE CAPACIDADE em vigas curtas**

# cisalhamento

## Armadura de cisalhamento (estribos)

- parcela do cisalhamento resistido pela alvenaria:  $V_a = f_{vd} b d$
- armadura de cisalhamento:

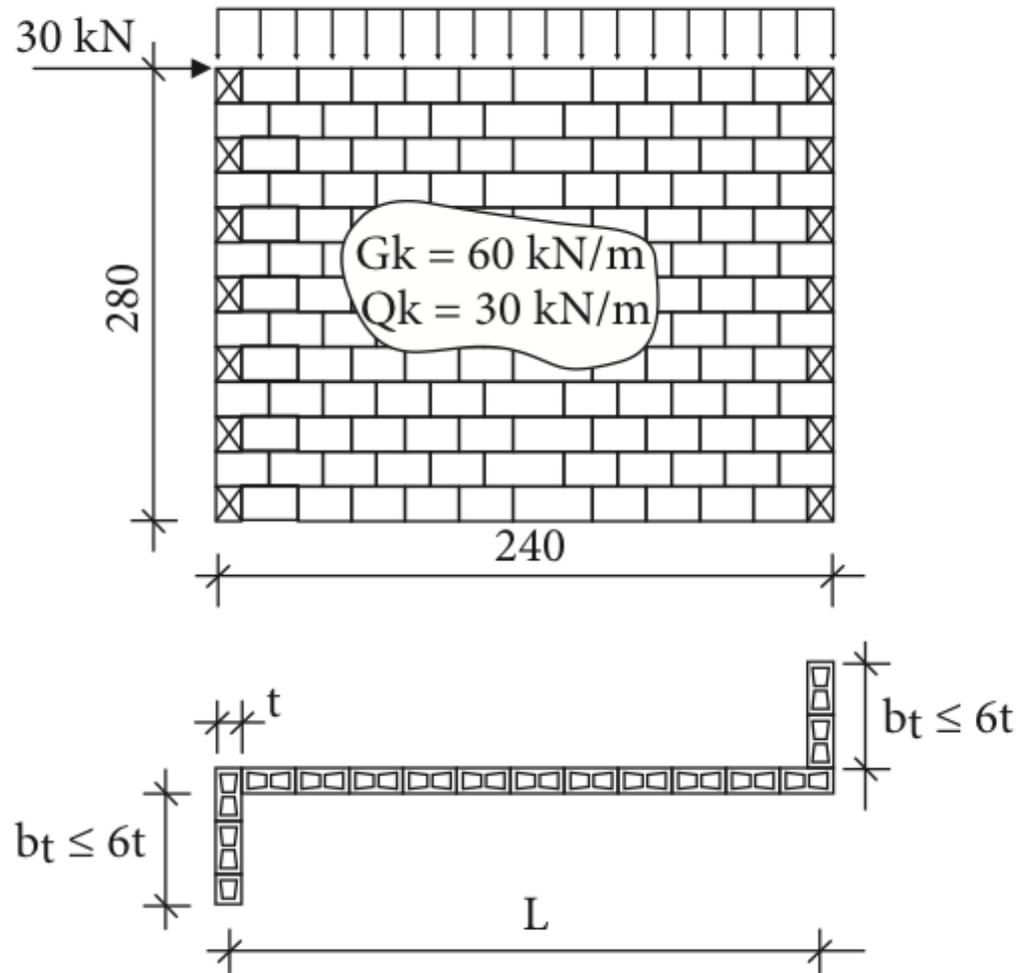
$$A_{sw} = \frac{(V_d - V_a) s}{0,5 f_{yd} d}$$

$\geq 0,05\% b \cdot s$  (armadura mínima)

- para pilares considerar diâmetro mínimo do estribo igual a 5mm

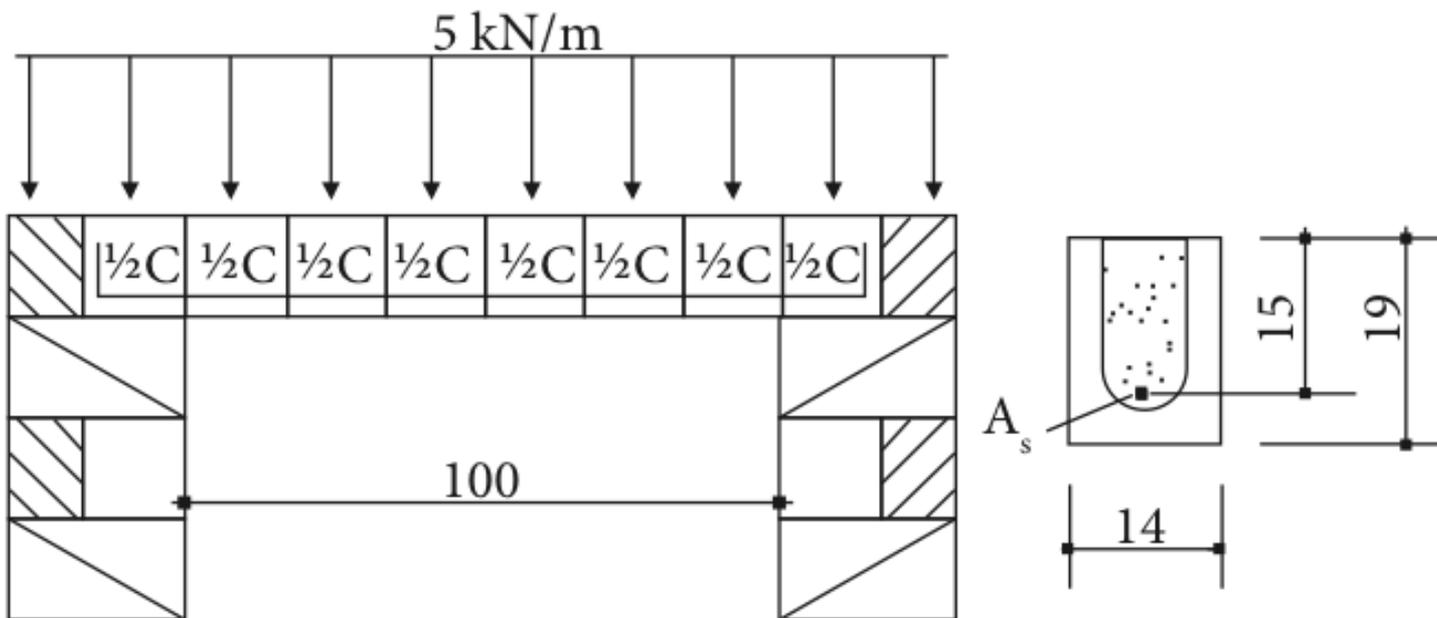
$$s = \text{espaçamento da armadura} \leq \begin{cases} d/2 \\ 30 \text{ cm para vigas} \\ 60 \text{ cm para paredes} \\ \text{para pilares: } \begin{cases} b \\ 50 \times \text{diâmetro do estribo} \\ 20 \times \text{diâmetro da} \\ \text{armadura longitudinal} \end{cases} \end{cases}$$

# Exemplo: cisalhamento em parede



# Exemplo: cisalhamento em verga simples

Dimensione a verga abaixo considerando blocos de concreto de 4,0 MPa e  $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ .



# Flexão Simples



# Flexão Simples

Direção da tração	Resistência Média de Compressão da Argamassa (MPa)		
	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	acima de 7,0
Normal à fiada - $f_{tk}$	0,10	0,20	0,25
Paralela à fiada - $f_{tk}$	0,20	0,40	0,50

junta vertical preenchida

**Argamassa de cimento: cal e areia**

→ Não vale se tiver aditivo ou adições → fazer ensaio

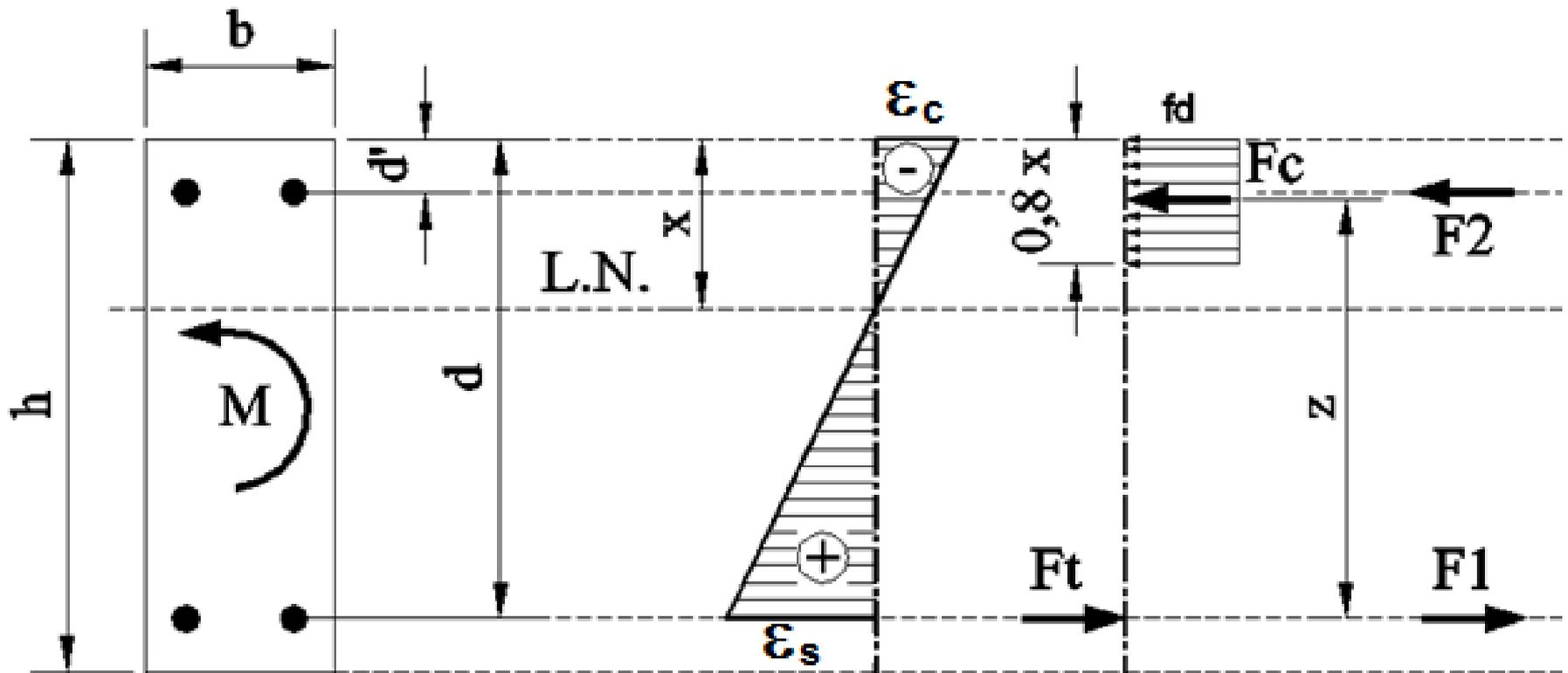
# Flexão Simples

No estado limite último admite-se Estádio III e são feitas as seguintes hipóteses:

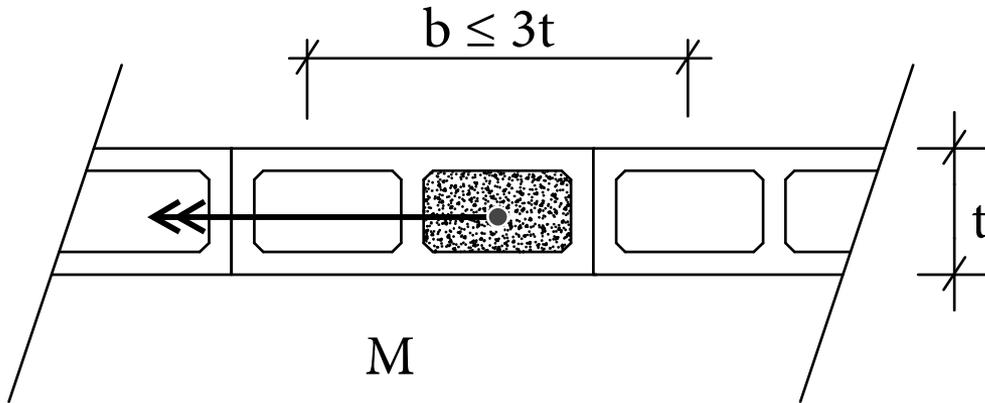
- as tensões são proporcionais às deformações,
- as seções permanecem planas após a deformação,
- os módulos de deformação são constantes,
- há aderência perfeita entre o aço e a alvenaria,
- máxima deformação na alvenaria igual a 0,35%
- a alvenaria não resiste à tração, sendo esse esforço resistido apenas pelo aço,
- a tensão no aço é limitada a 50% da tensão de escoamento.

# Flexão Simples

## Nova NORMA – Estádio III

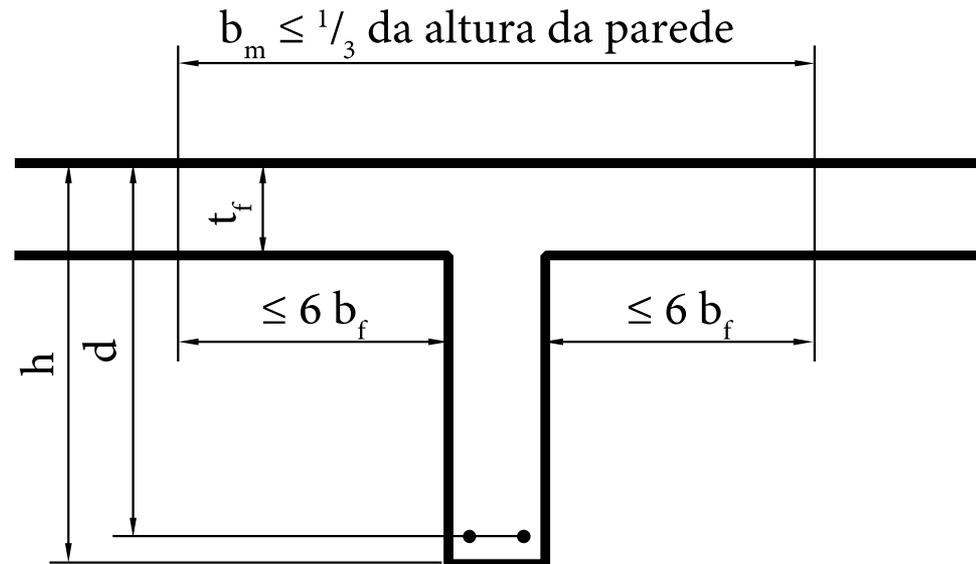


# Flexão Simples



Armadura isolada

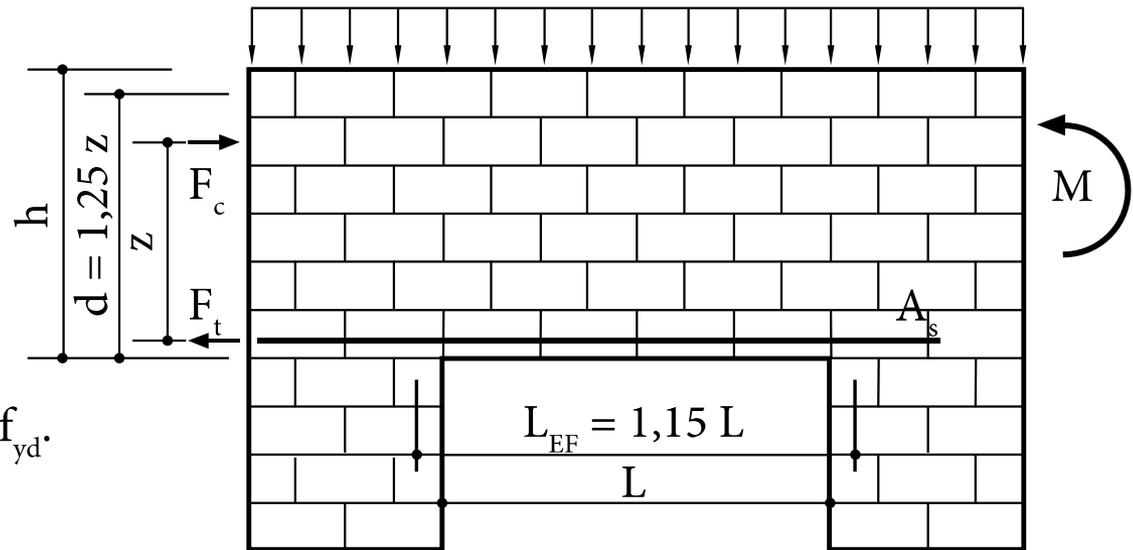
Seção T



# Vigas Altas

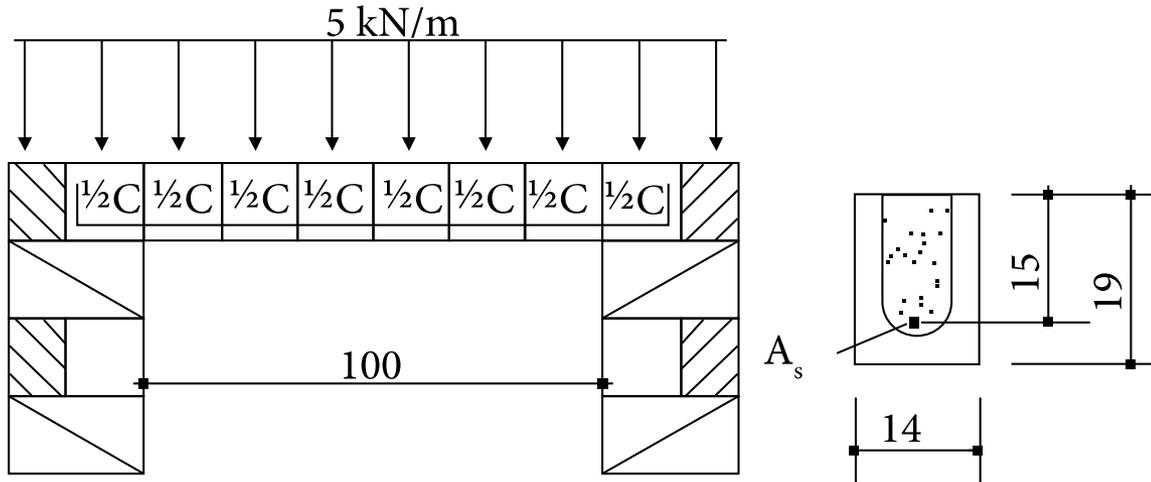
Nesse caso, deve-se ainda verificar a compressão na região superior da parede e é recomendado dispor uma armadura em cada junta horizontal da face inferior da viga até a distância de  $0,5 d$  ou  $0,5 L_{ef}$  (o que for menor) com área mínima de  $0,04\%$  da área da seção.

- Viga-parede:  $h \geq L/3$ ;
- $z \leq \begin{cases} 0,7L \\ \frac{2}{3}H \end{cases}$  ;
- $M_{rd} = A_s f_{sd} z$ ; em que  $f_{sd} \leq 50\% f_{yd}$ .

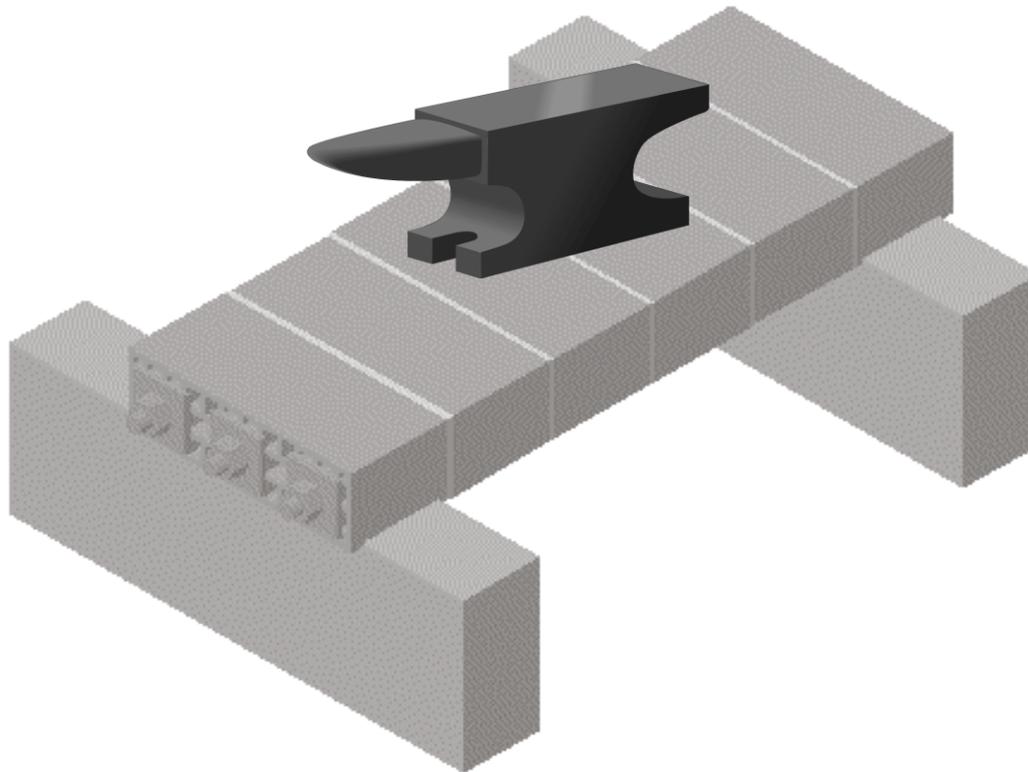


# Exemplo: Flexão Simples em Viga

Dimensione a verga abaixo considerando blocos de concreto de 4,0 MPa.



# Flexo-Compressão



## Alvenaria Não-Armada

- Verificação da tração máxima:

$$\gamma_{fq}Q + \gamma_{fg} \cdot G \leq f_{tk} / \gamma_m$$

Quando a tração decorrer de ação permanente  $f_{tk} = 0$

- Para edifícios, usualmente a ação permanente  $G$  e a acidental  $Q$  favoráveis, e portanto  $\gamma_{fg} = 0,9$  e  $\gamma_{fq,acidental} = 0,0$
- A ação de vento deve ser tomada como favorável, com  $\gamma_{fq,vento} = 1,4$
- Deve-se então verificar:

$$1,4Q_{vento} - 0,9 \cdot G \leq f_{tk} / \gamma_m$$

# Flexo-Compressão

## Alvenaria não-armada: Compressão máxima

$$i. \frac{\gamma_{fq} \Psi_0 Q_{\text{acidental}} + \gamma_{fg} \cdot G}{R} + \frac{\gamma_{fq} Q_{\text{vento}}}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m}$$

$$e \quad ii. \frac{\gamma_{fq} \Psi_0 Q_{\text{acidental}} + \gamma_{fg} \cdot G}{R} + \frac{\gamma_{fq} \Psi_0 Q_{\text{vento}}}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m}$$

$$f_k = 0,7 f_{pk}$$

$$\Psi_0 = 0,5 \text{ (acidental); } 0,6 \text{ (vento); } \gamma_{fq} = \gamma_{fg} = 1,4$$

$$\gamma_m = 2,0$$

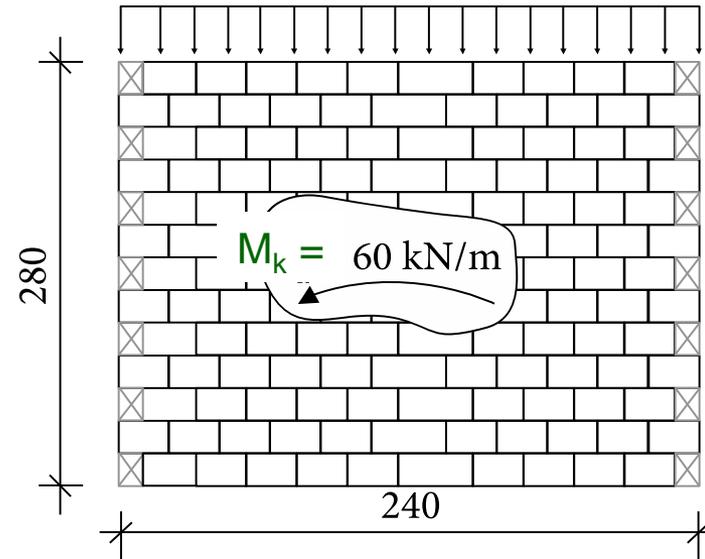
**Verificação  
usual em  
edifícios**

$$i. \frac{2,0Q_{\text{acidental}} + 4,0 \cdot G}{R} + 2,66 Q_{\text{vento}} \leq f_{pk}$$

$$ii. \frac{4,0Q_{\text{acidental}} + 4,0 \cdot G}{R} + 1,60 Q_{\text{vento}} \leq f_{pk}$$

# Exemplo: Flexo-Compressão

$G = 80 \text{ kN/m}$  e  $Q = 20 \text{ kN/m}$ .



$G_k = 571 \text{ kN/m}$

$Q_{k, \text{acidental}} = 143 \text{ kN/m}$

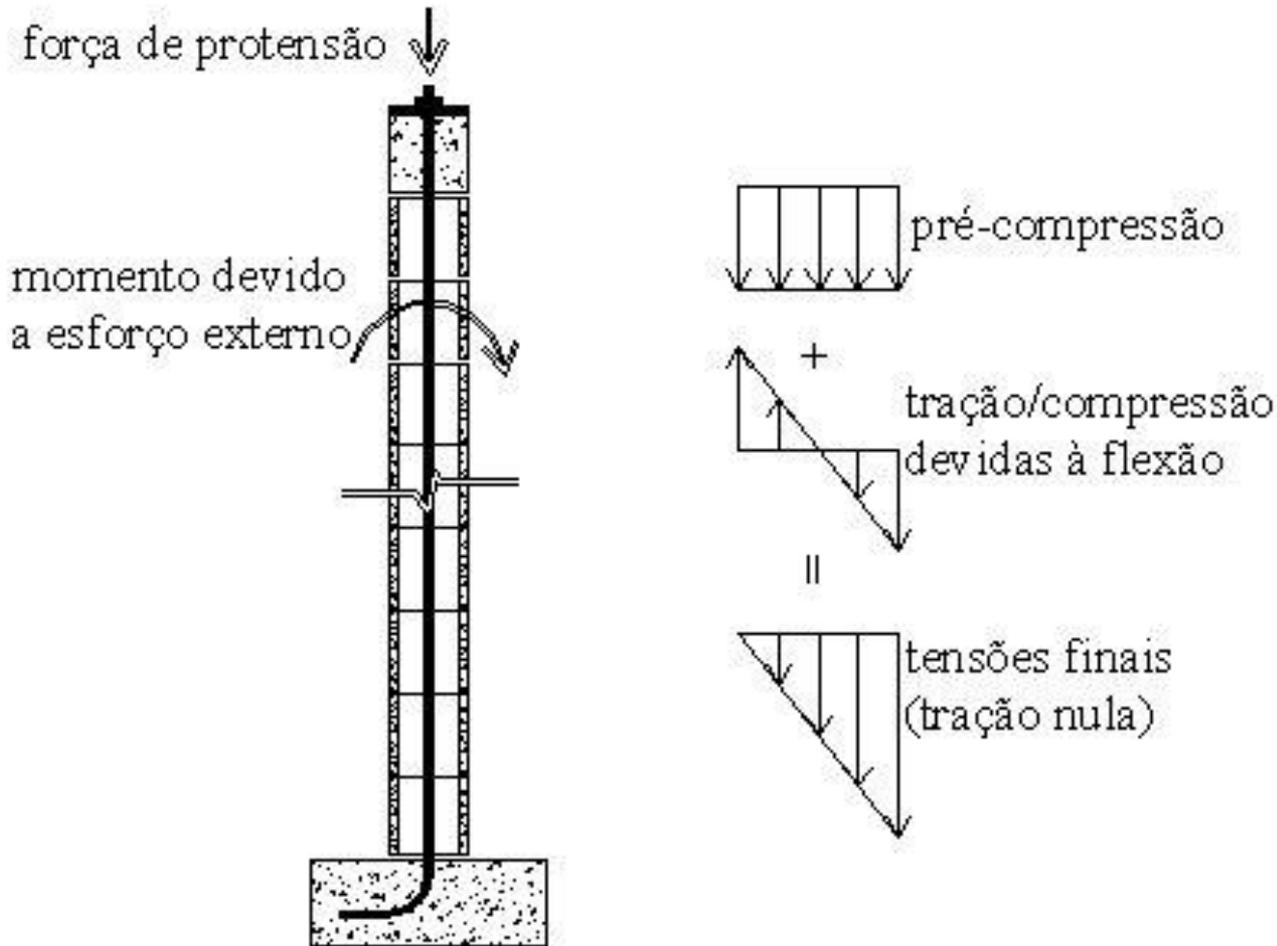
$Q_{k, \text{vento}} = 372 \text{ kN/m}$

# Cuidados com Dano Acidental

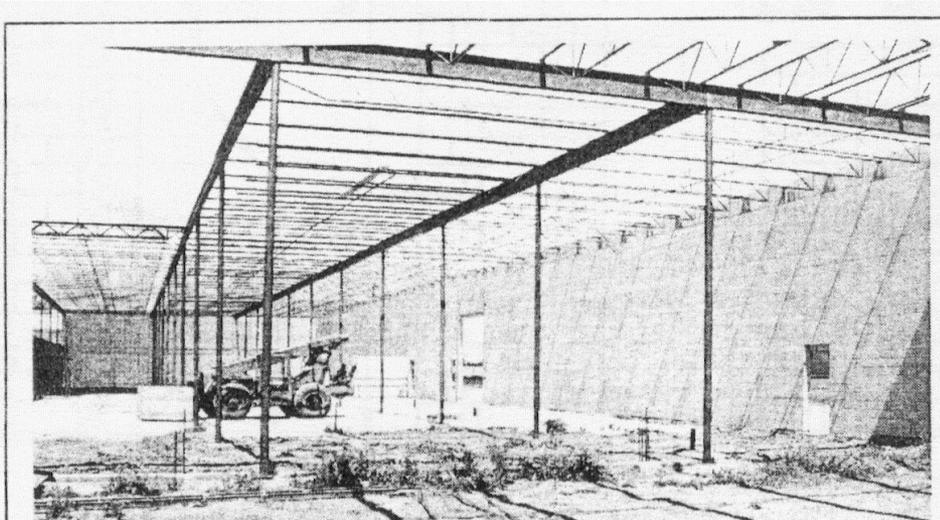
- a) Proteção contra a atuação das ações excepcionais por meio de estruturas auxiliares.
- b) Reforço com armaduras construtivas que possam aumentar a ductilidade.
- c) Consideração da possibilidade de ruptura de um elemento, computando-se o efeito dessa ocorrência nos elementos estruturais da vizinhança.

**Detalhamento da armadura → a seguir**

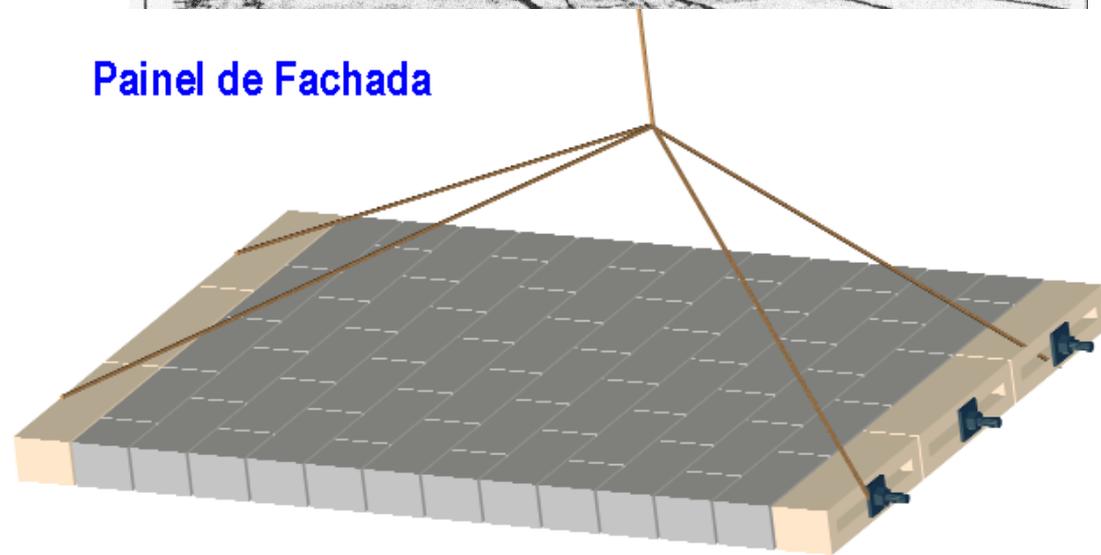
# Alvenaria Protendida



# Alvenaria Protendida



Painel de Fachada



# PARTE 2:

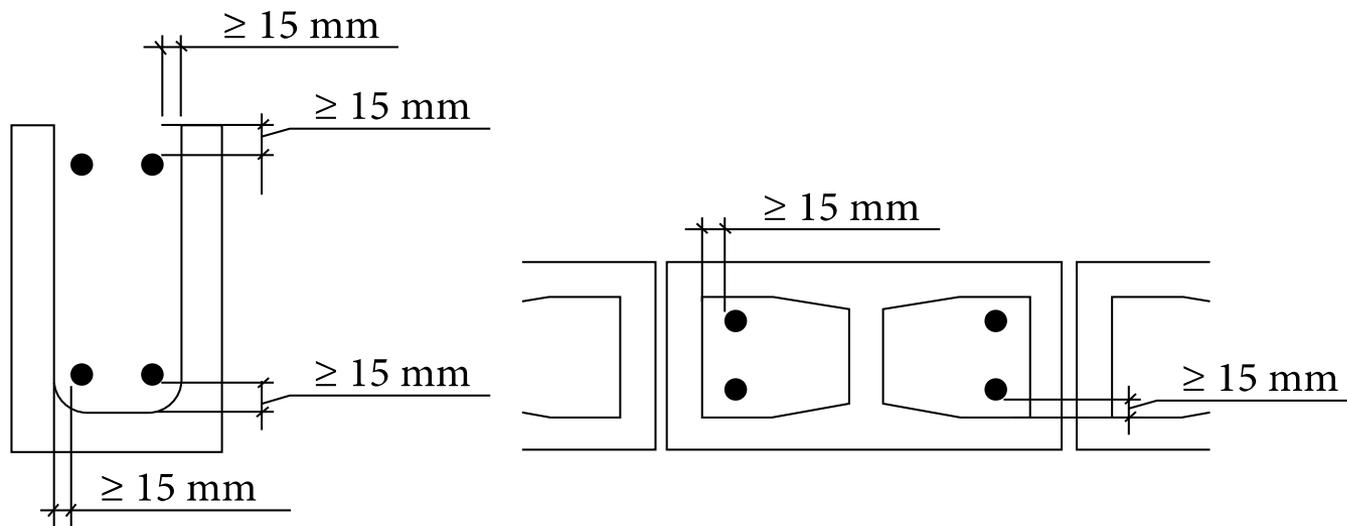
# DETALHES

# Detalhes

**Na sequência incluir detalhes básicos de projetos:**

- Ancoragem de armaduras de grautes verticais na estrutura de apoio**
- Emenda de armaduras (vertical e horizontal)**
- Emendas de 2 barras em um único furo**
- Limite máximo de armadura por furo**
- Espaçamento mínimo de armadura**
- Argamassa total e lateral**
- Traspasse em cinta de respaldo (canto)**
- Junta de controle**
- Junta de dilatação**
  - Horizontal (cobertura)**
  - Vertical (prédio)**

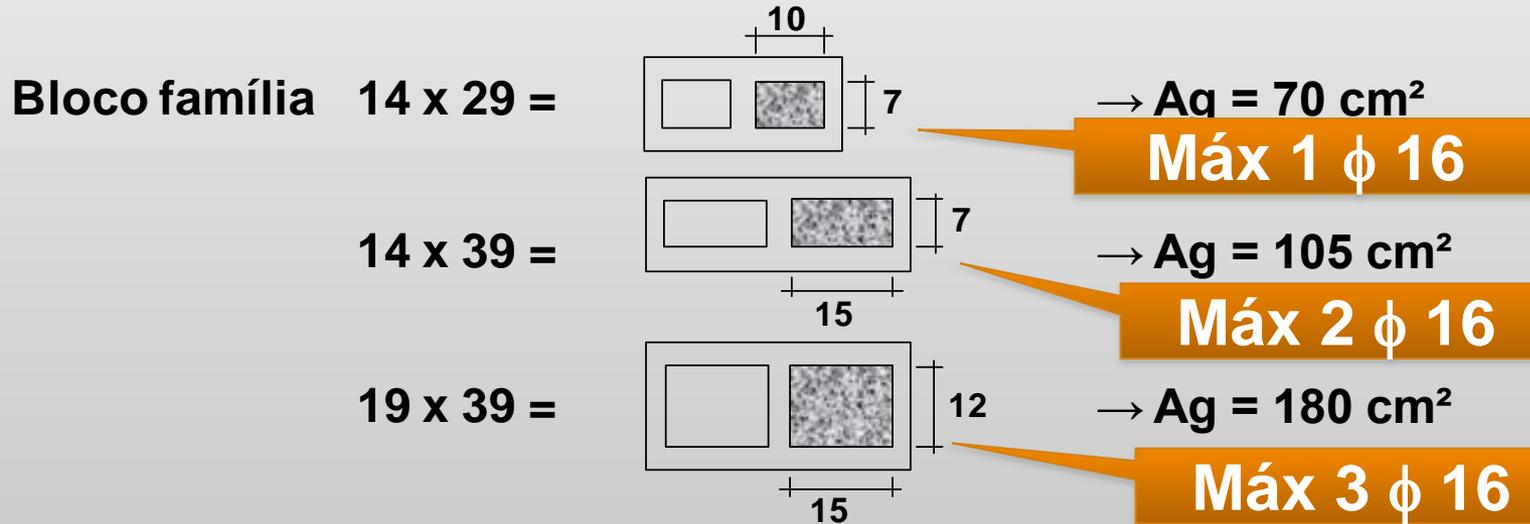
1,5 cm a partir da face interna da parede do bloco



# Áreas máximas de armadura

## Máximo $A_s$ por furo

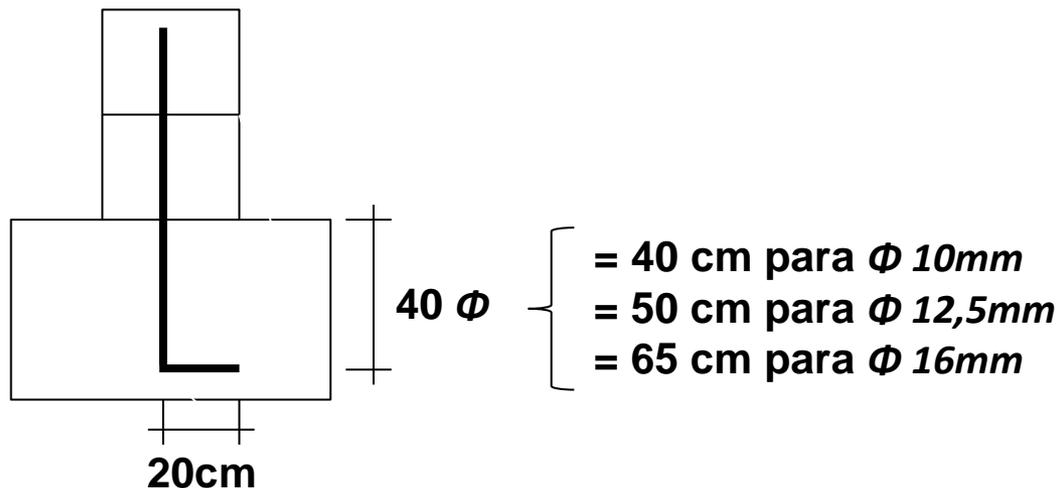
$A_{s_{max}} = 8\%$  da área a ser grauteada



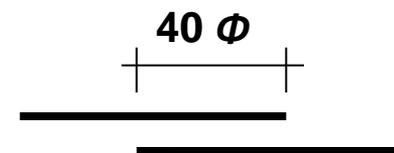
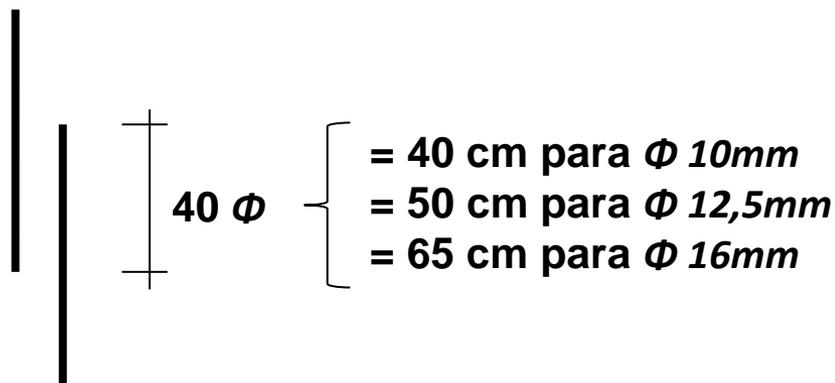
$14 \times 29 \rightarrow A_{s_{max}} = 5,6 \text{ cm}^2$	} com emenda	1 x $\phi$ 16mm	2 x $\phi$ 12,5mm	3 x $\phi$ 10mm
$14 \times 39 \rightarrow A_{s_{max}} = 8,4 \text{ cm}^2$		2 x $\phi$ 16mm	3 x $\phi$ 12,5mm	5 x $\phi$ 10mm
$19 \times 39 \rightarrow A_{s_{max}} = 14,4 \text{ cm}^2$		3 x $\phi$ 16mm	5 x $\phi$ 12,5mm	9 x $\phi$ 10mm

# Ancoragens e emendas

## Esperas de As vertical



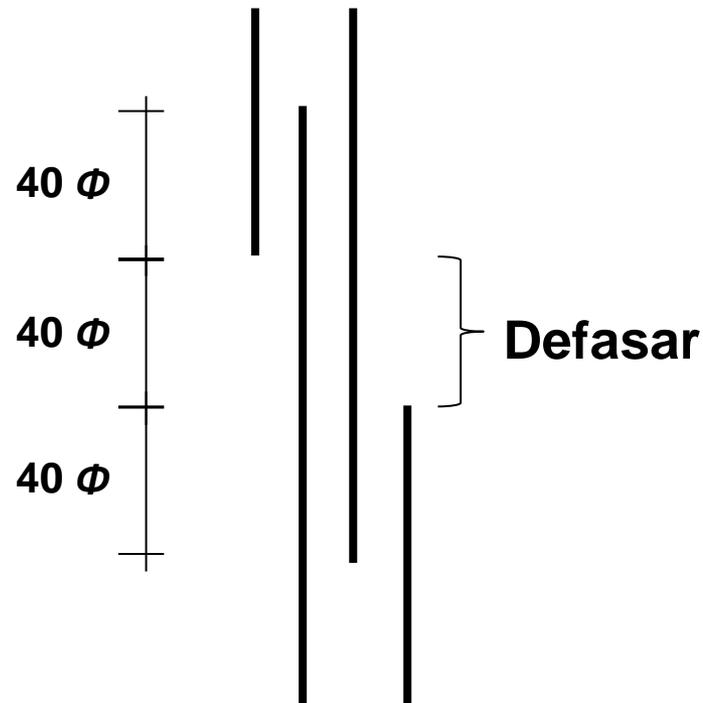
## Emendas



**Nota:** Para emenda em região tracionada, verificar condições do item 12.7 da NBR.

# Ancoragens e emendas

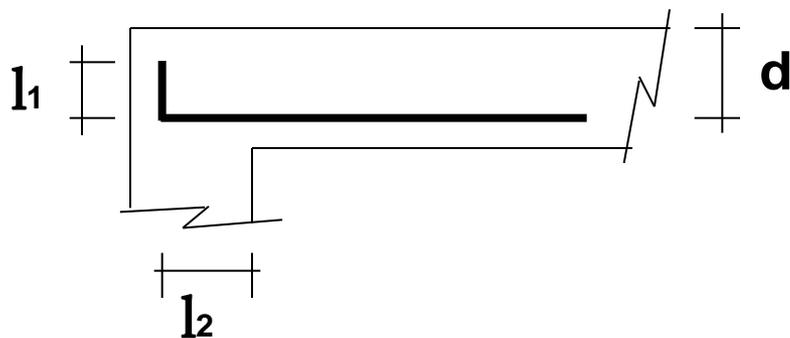
## Emendas de 2 barras no mesmo furo



**OBS: Recomenda-se uma barra por furo**

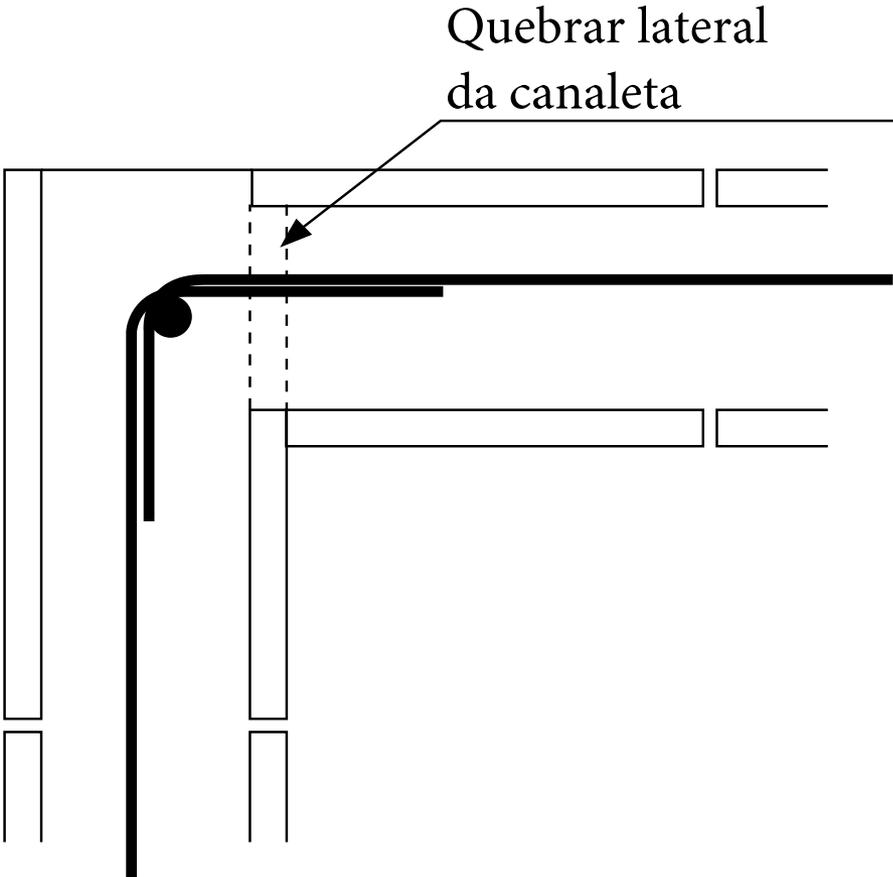
# Ancoragens e emendas

## Ancoragem no Apoio

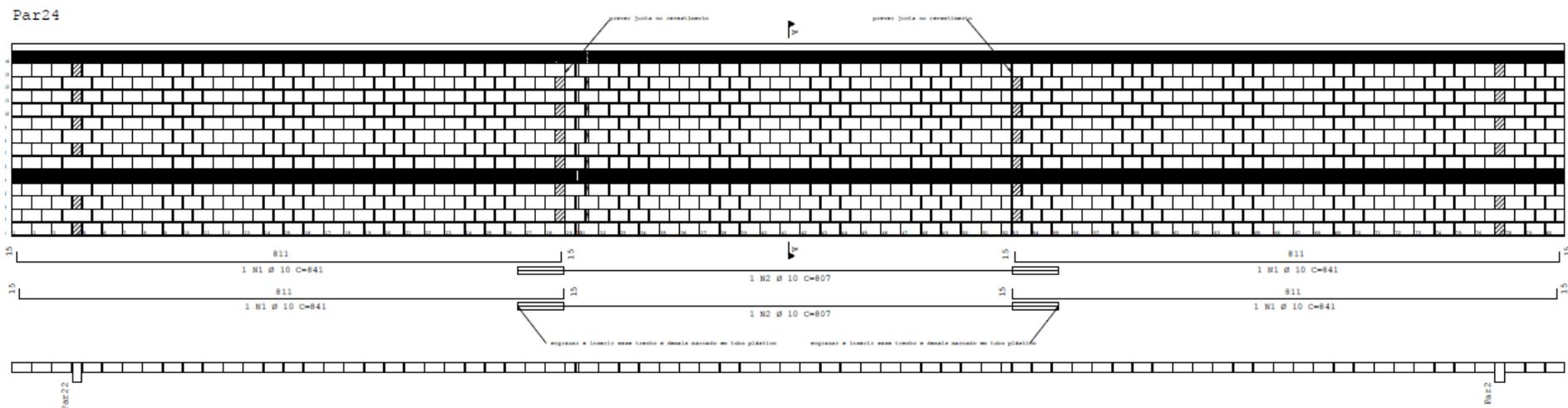


$$l_1 + l_2 \geq \left\{ \begin{array}{l} 12 \phi \\ + \\ d \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} = 10 \text{ cm para } \phi 8\text{mm} \\ = 12 \text{ cm para } \phi 10\text{mm} \\ = 15 \text{ cm para } \phi 12,5\text{mm} \\ = 20 \text{ cm para } \phi 16\text{mm} \end{array} \right.$$

# Emendas em cantos



# Juntas de Controle



**Parede compridas devem ter armadura horizontal**

**Além disso, paredes muito compridas devem ter juntas**

**Tabela 5** Limites para junta de controle (NBR 15961-1).

Localização do elemento	Limite (m)	
	Alvenaria sem armadura horizontal	Alvenaria com taxa de armadura horizontal maior ou igual a 0,04% da altura vezes a espessura
Externa	7	9
Interna	12	15

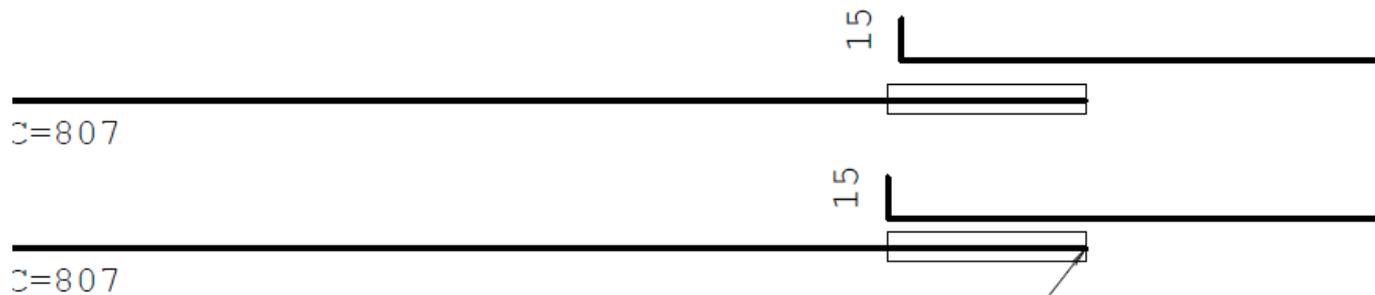
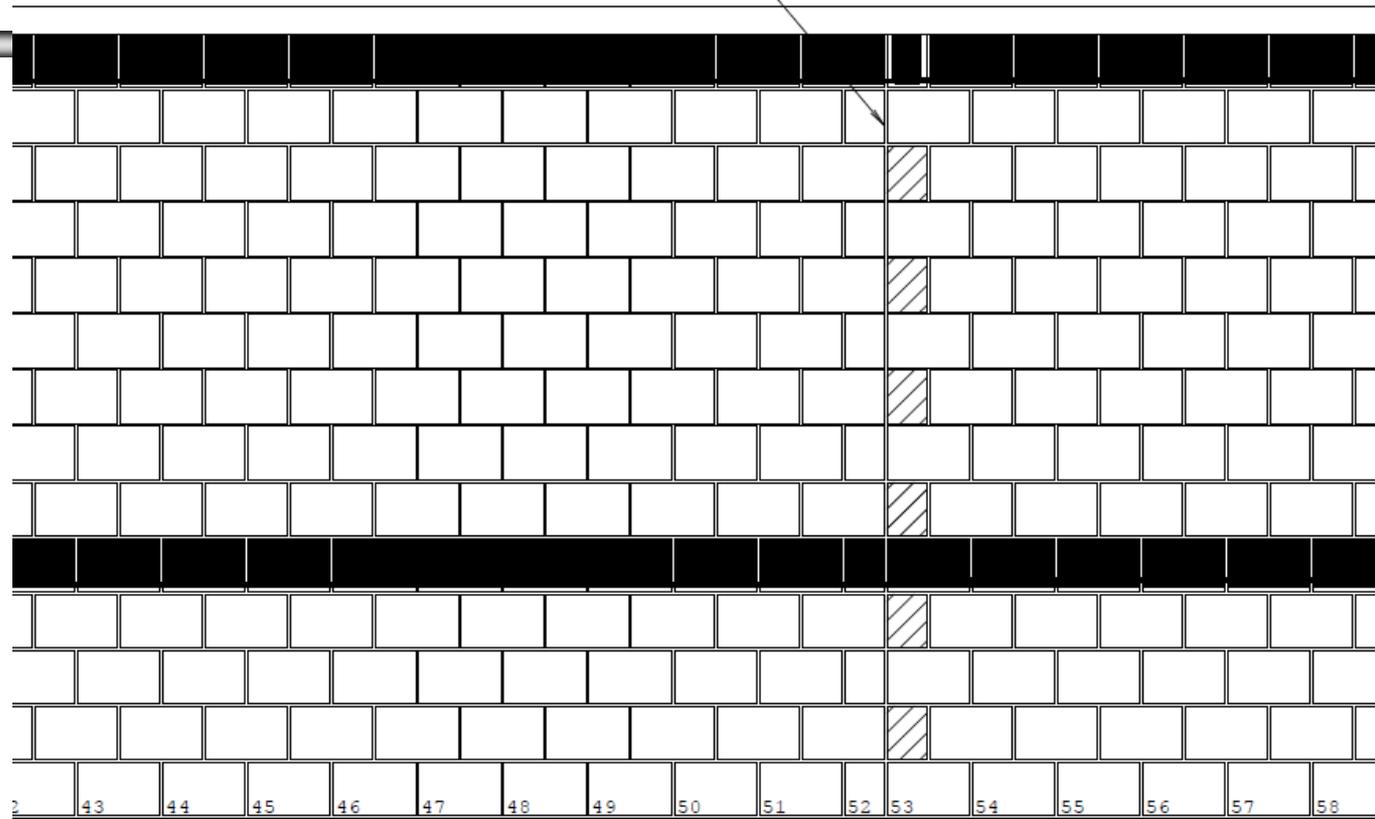
Nota 1: Os limites acima devem ser reduzidos em 15% caso a parede tenha abertura.

Nota 2: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor, os limites devem ser reduzidos em 20% caso a parede não tenha abertura.

Nota 3: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor, os limites devem ser reduzidos em 30% caso a parede tenha abertura.

prever junta no revestimento

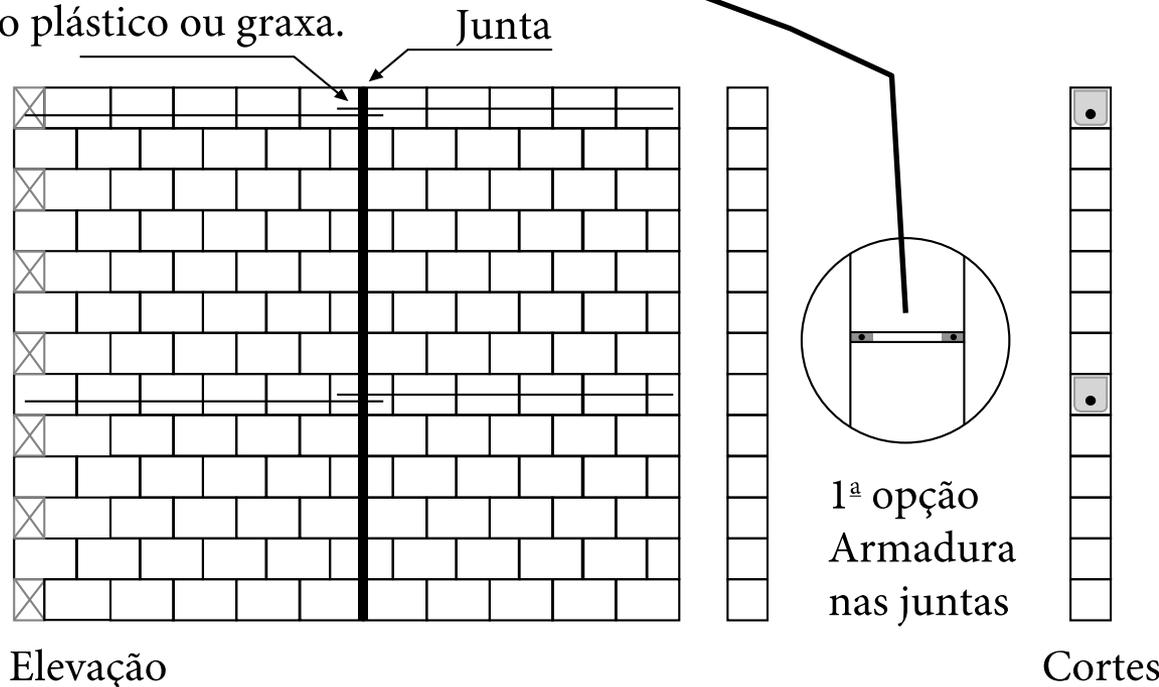
# Juntas



engraxar e inserir esse trecho e demais marcado em tubo plástico

# JUNTAS DE CONTROLE

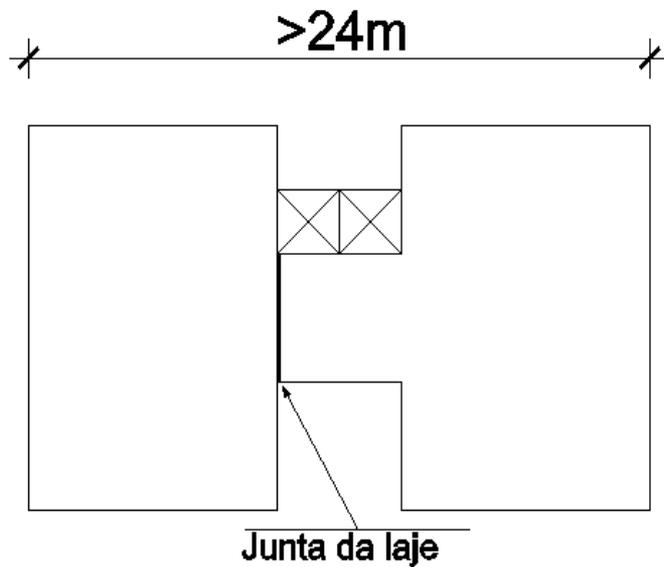
Recomenda-se interromper 50% da armadura horizontal na junta ou inserir extremidades passantes pela junta em tubo plástico ou graxa.



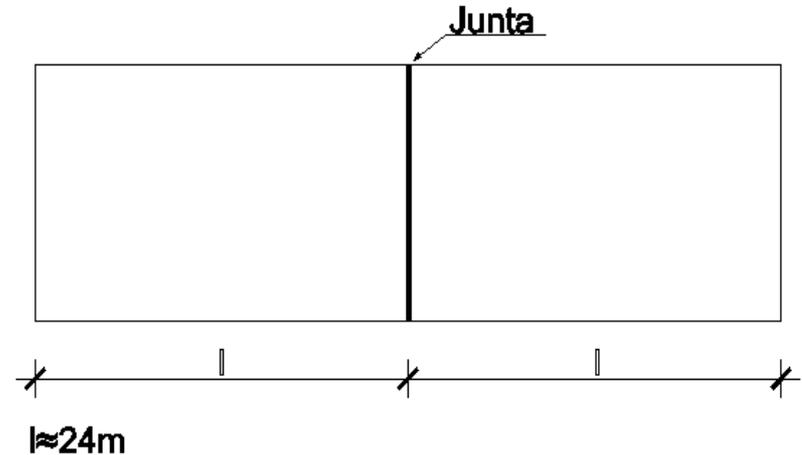
# Juntas de DILATAÇÃO

## Análise da forma do edifício

Detalhe de uma junta de dilatação

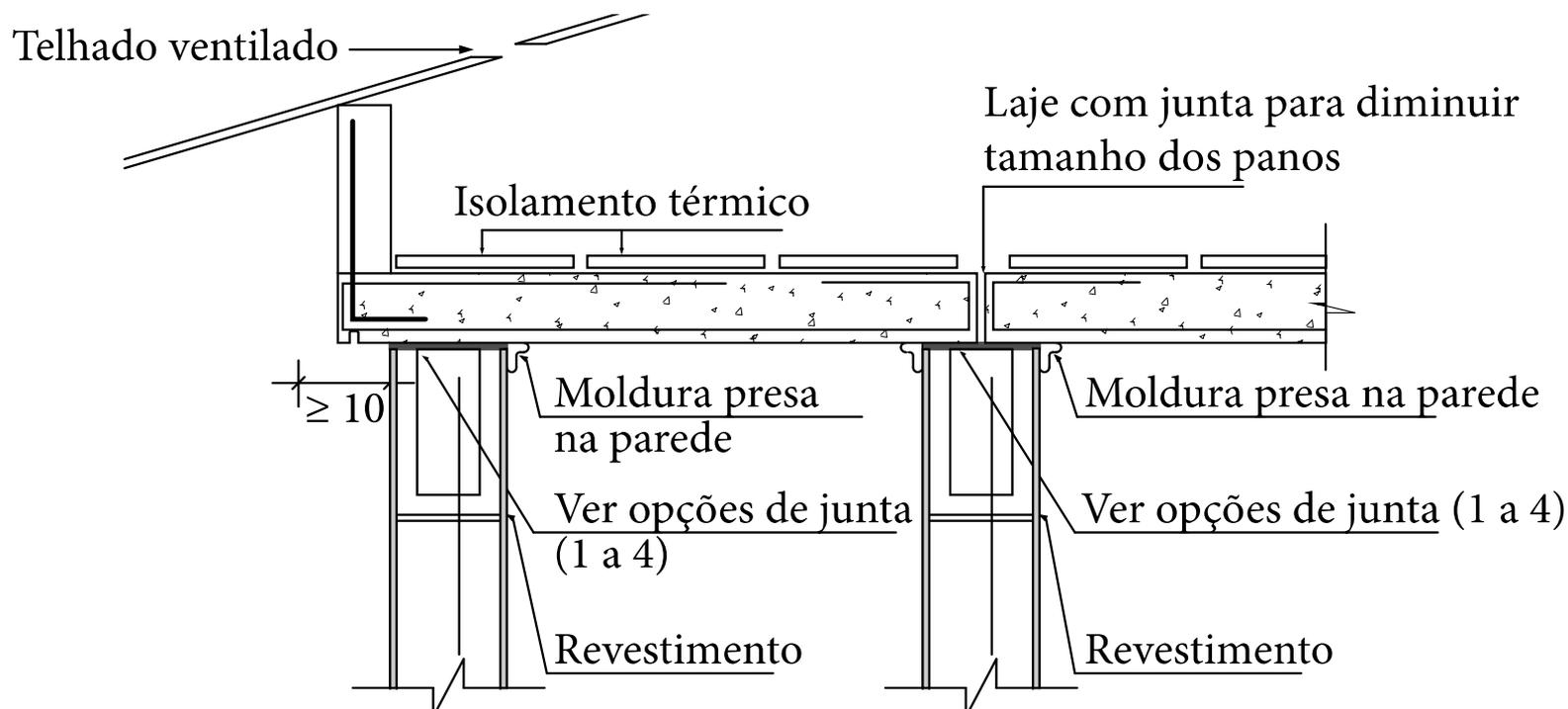


Detalhe de Junta de Dilatação

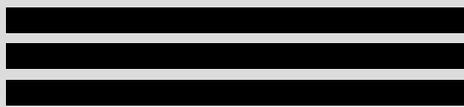


# JUNTA NA LAJE DO ÚLTIMO PAV.

Executar junta (mais simples) ou proteção térmica eficiente

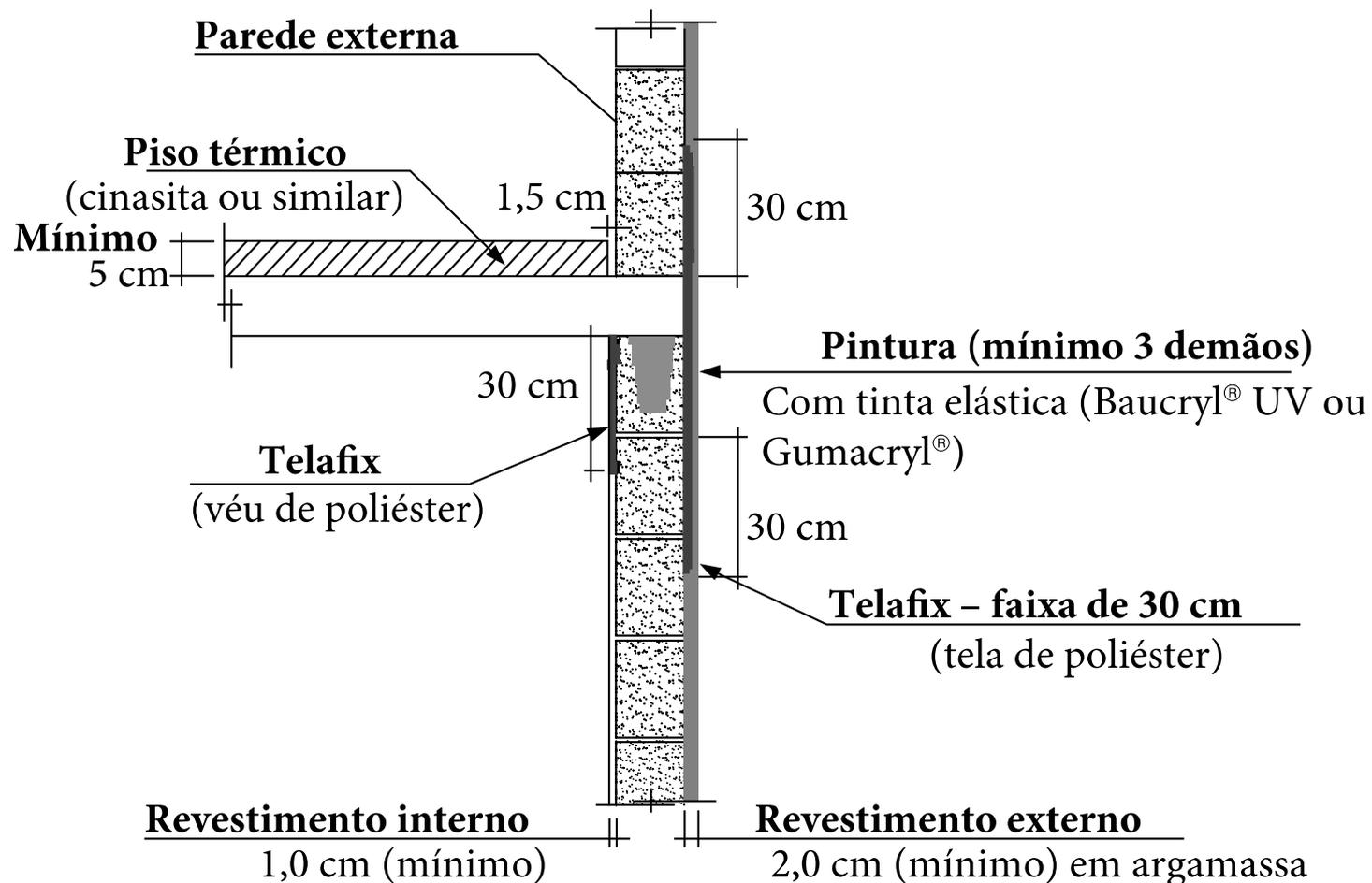


# JUNTA NA LAJE DO ÚLTIMO PAV.

Opção	Tipo de junta deslizante	Detalhe	Observação
1	Manta + manta + manta	<p>Manta asfáltica (3 mm)</p>  <p>Manta asfáltica (3 mm)</p>	<p>Manter o filme plástico da manta.</p> <p>Pode haver problema de durabilidade da manta.</p>
2	Manta + PVC + manta	<p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>PVC</p>  <p>Manta asfáltica (3 mm)</p>	<p>Manter o filme plástico da manta na face do PVC.</p> <p>Pode haver problema de durabilidade da manta.</p>
3	Fórmica + fórmica	<p>Fórmica</p>  <p>Fórmica</p>	<p>Manter as faces de fórmica para dentro (fórmica em contato com fórmica).</p>
4	Perfil de borracha		<p>Deve-se conhecer o esforço na parede para verificar o perfil.</p> <p>Exemplo de fabricante: Borindus®.</p>
5	Lona preta + PVC + lona preta + PVC + lona preta		

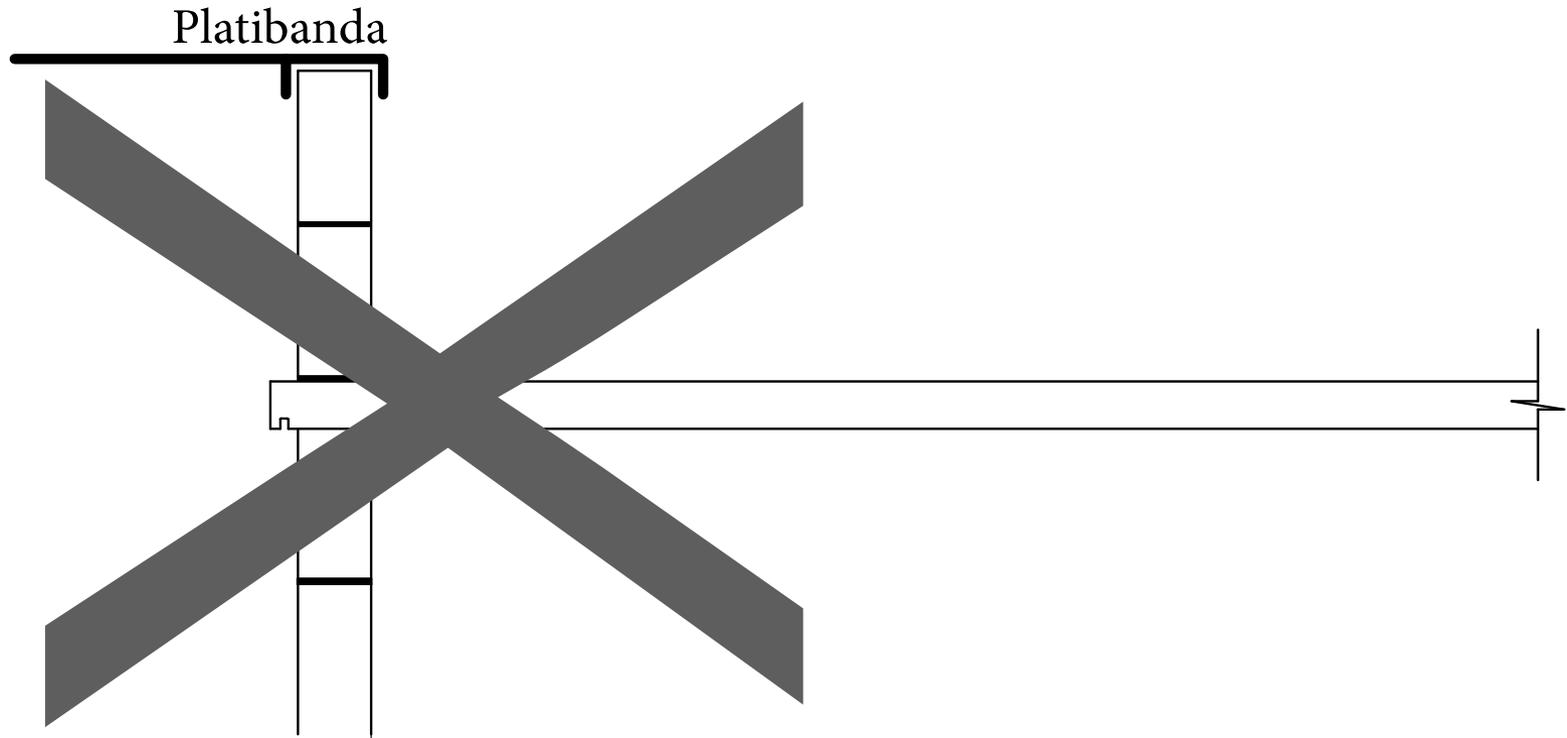
# JUNTA NA LAJE DO ÚLTIMO PAV.

Sem  
junta →



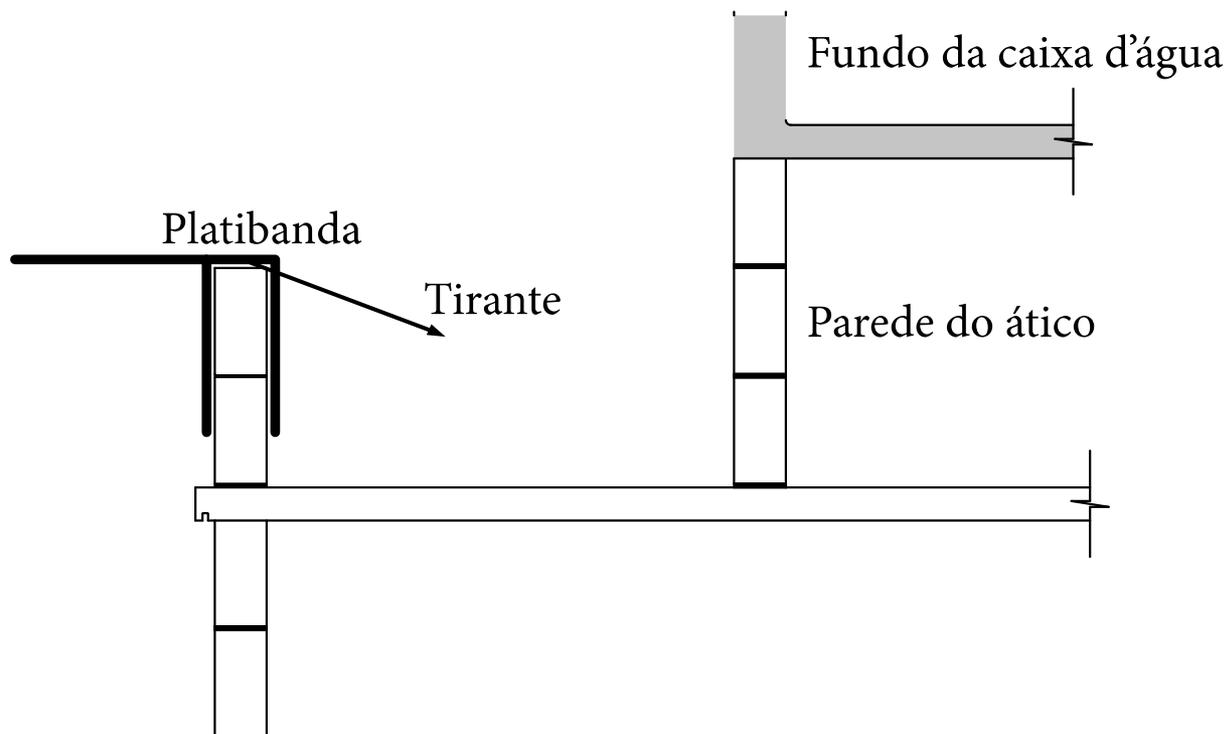
# BALANÇIM NA PLATIBANDA

Balancim causando momento em alvenaria simples é extremamente não recomendado



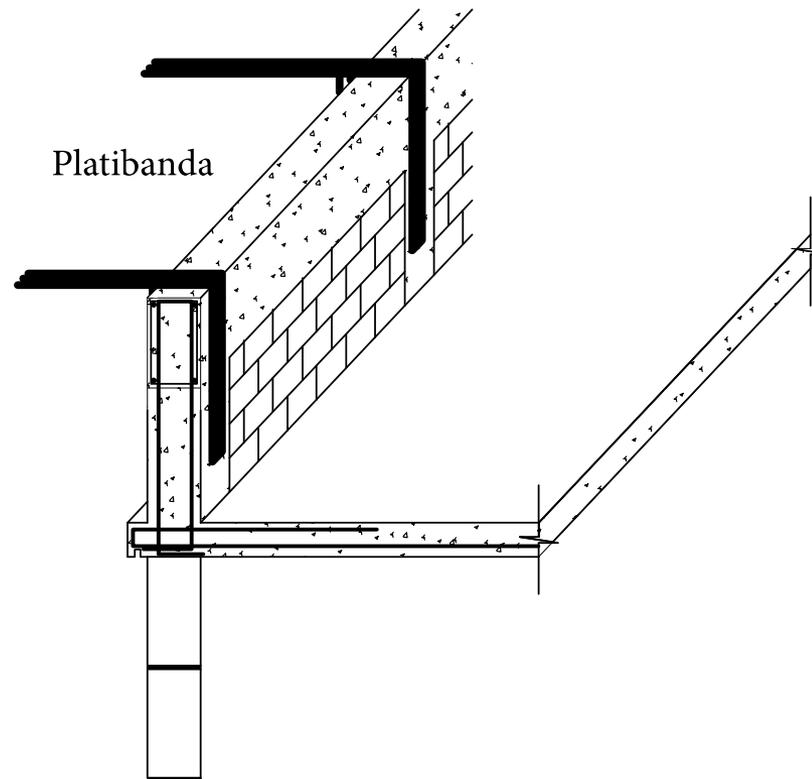
# BALANÇIM NA PLATIBANDA

Soluções: tirantes ancorados na laje ou caixa d'água



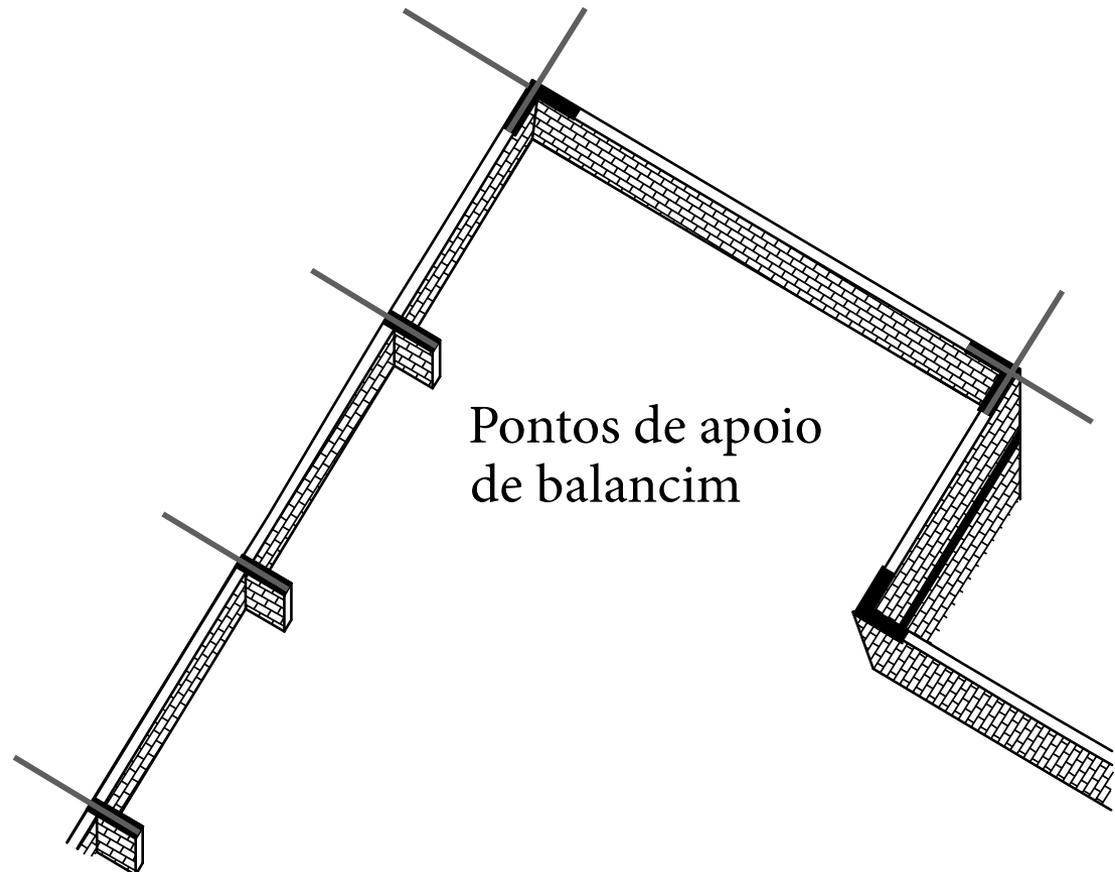
# BALANÇIM NA PLATIBANDA

Soluções: platibanda em concreto armado



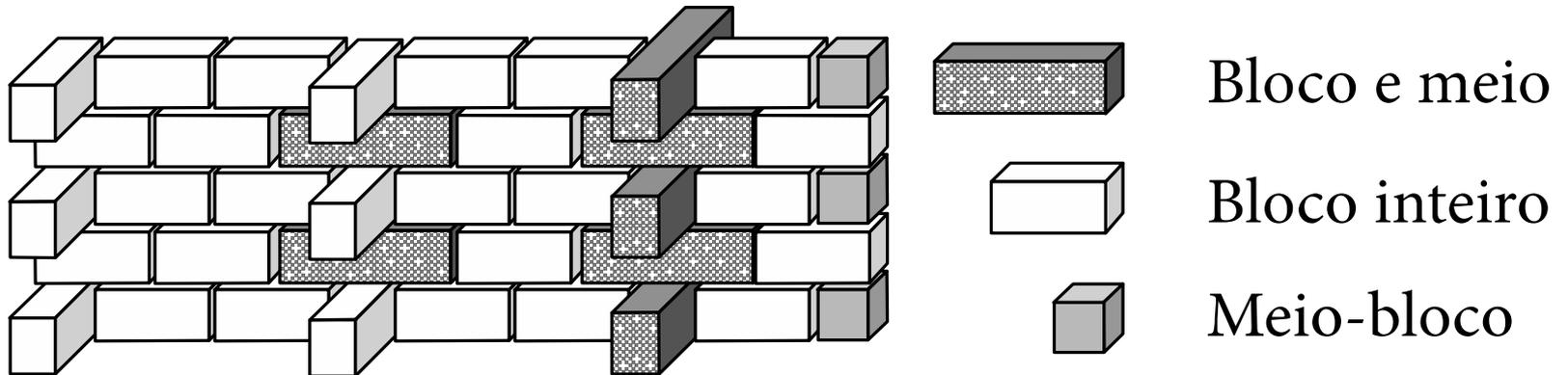
# BALANÇIM NA PLATIBANDA

Soluções: enrijecedores de alvenaria armada



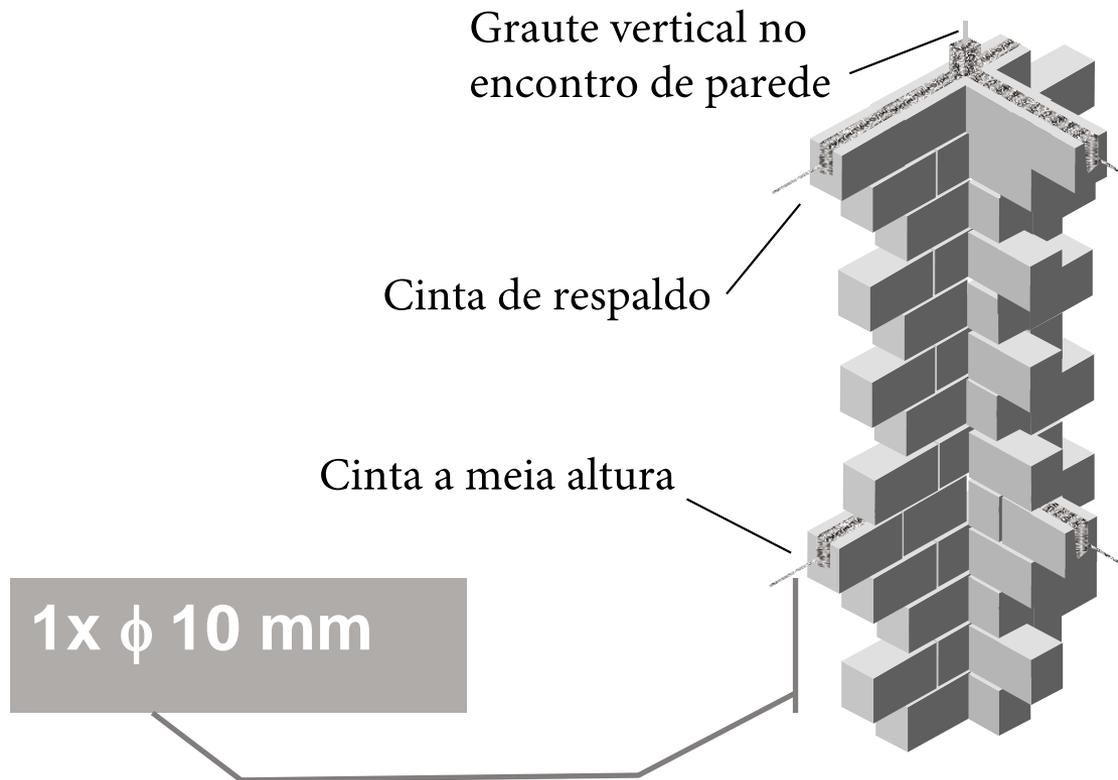
# Amarração

**Amarração direta altamente recomendável**



# CINTA A MEIA ALTURA

- Em regiões onde há previsão da ação sísmica (incomum no Brasil).
- Para permitir armadura horizontal e minimizar os efeitos da retração da parede.



# CINTA A MEIA ALTURA

- Em paredes externas acima de 6,0 m de comprimento.
- Em paredes internas de comprimento superior a 10,0 m.
- Esses limites podem ser aumentados para 7,0 e 12,0 m se os blocos forem curados a vapor.

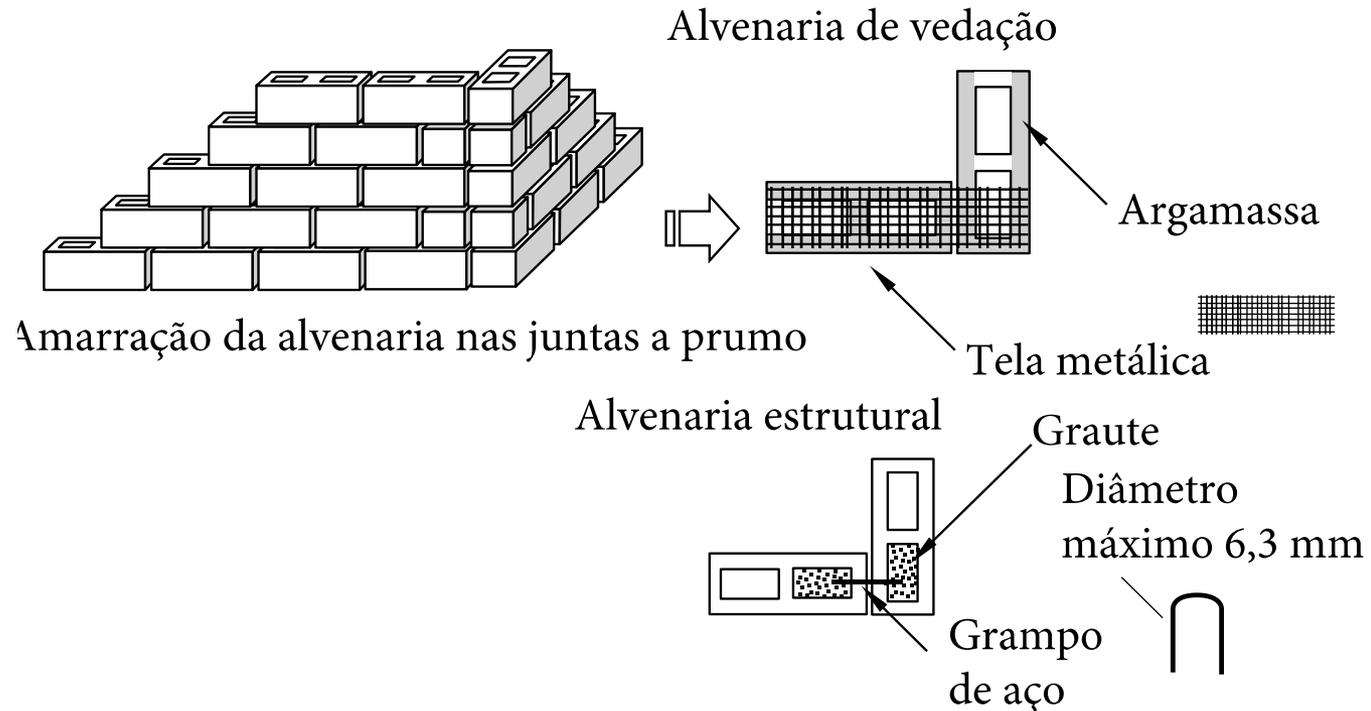
Cuidado na execução da cinta intermediária:

- A resistência da canaleta deve ser a mesma do bloco.
- Deve-se prever passagem para eletrodutos verticais.

# Amarração

**Caso o projetista tome o partido da amarração indireta:**

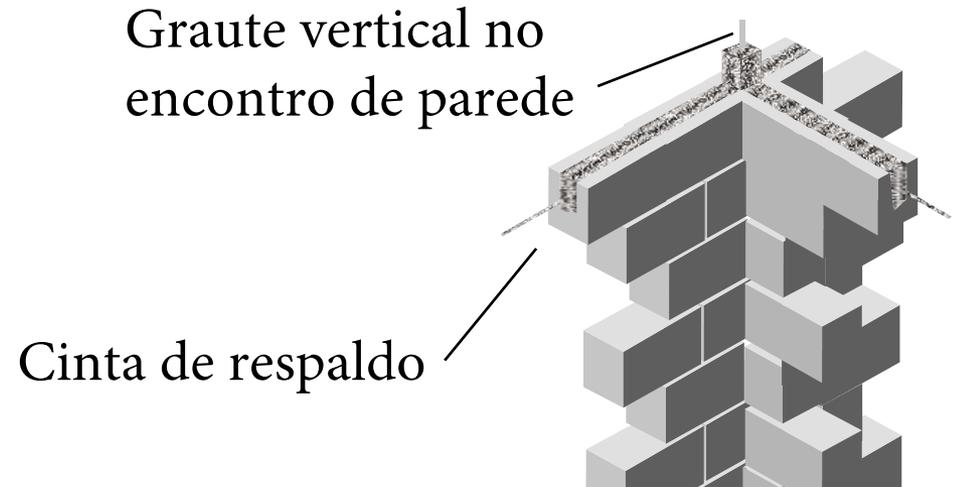
**Evitar que a parede tombe durante a construção pela falta de travamento lateral**



# CINTA DE RESPALDO

**Quando a laje for concretada no local:**

- Deve estar na última fiada**
- Deve ser concretada antes da ljes**



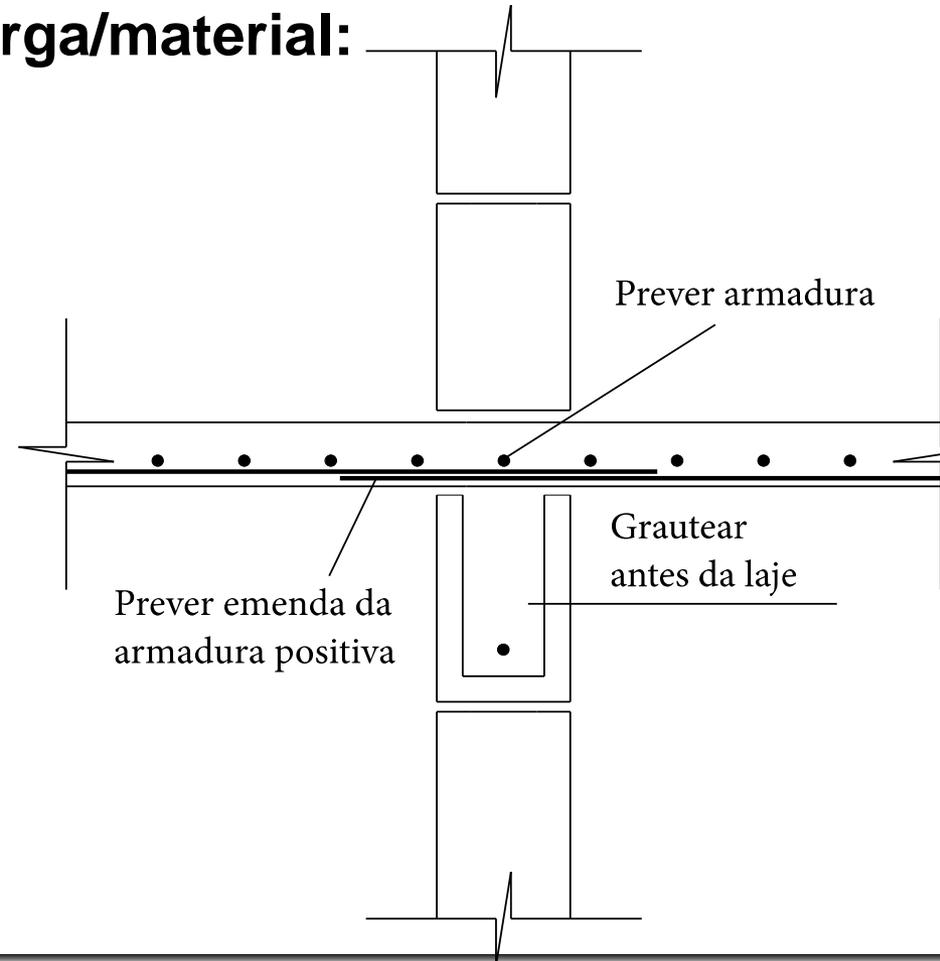
**Lajes pré-moldadas, transportadas com grua, sem nenhuma concretagem no local:**

- A cinta pode estar na penúltima fiada se for de interesse do projetista/obra**

# DETALHE DE LAJE MACIÇA SOBRE O APOIO

Para evitar o colapso progressivo, detalhar a armadura contínua sobre o apoio, verificando o painel sem esse apoio com os coeficientes de carga/material:

- Do material alvenaria = 1,5;
- Do material aço = 1,0;
- Das ações permanentes = 1,0;
- Das ações acidentais = 0,7.



# DETALHES DE LAJE PRÉ-MOLDADA

**Verificar condição de içamento, podendo prescindir de armadura até o limite de  $f_{ctm}$**

- Resistência à tração na flexão (limite inferior) =  $f_{ctk,inf} = 0,21\sqrt[3]{f_{ck}^2}$ ;
- Coeficientes:
  - Do material concreto = 1,2;
  - Do material aço = 1,15;
  - Das ações de peso próprio da laje pré-moldada = 1,2.

# DETALHES DE LAJE PRÉ-MOLDADA

Para edifícios de mais de 5 pavimentos, não recomenda-se usar o modelo de diafragma rígido e não fazer a ligação entre painéis.

**Opções:**

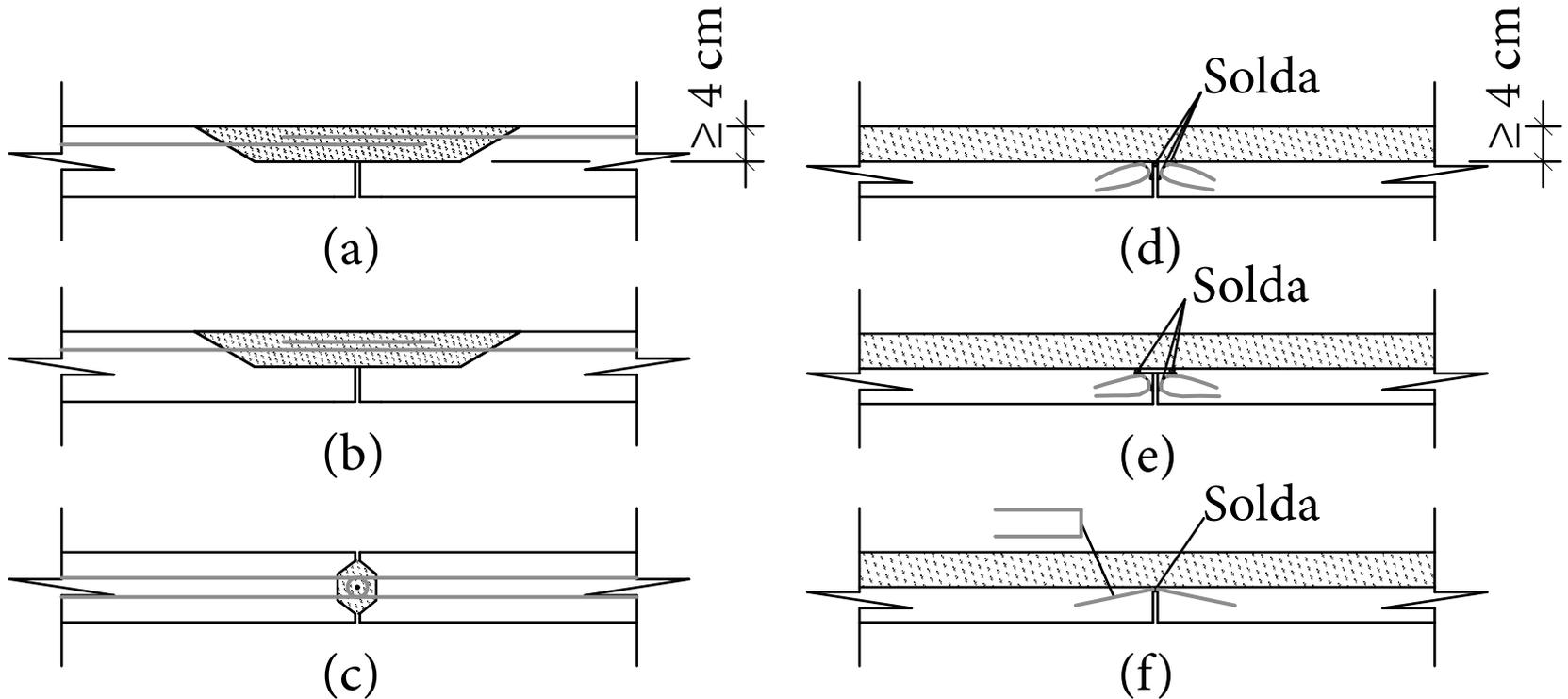
**usar outros modelos de cálculo:**

- As paredes transversais à fachada receberem toda a ação de vento.
- Essas paredes transmitirem as ações horizontais às paredes internas por lintéis ou por atrito da laje com as paredes.

**Fazer a ligação:**

# DETALHES DE LAJE PRÉ-MOLDADA

Fazer a ligação:



# Ligação Laje/ laje

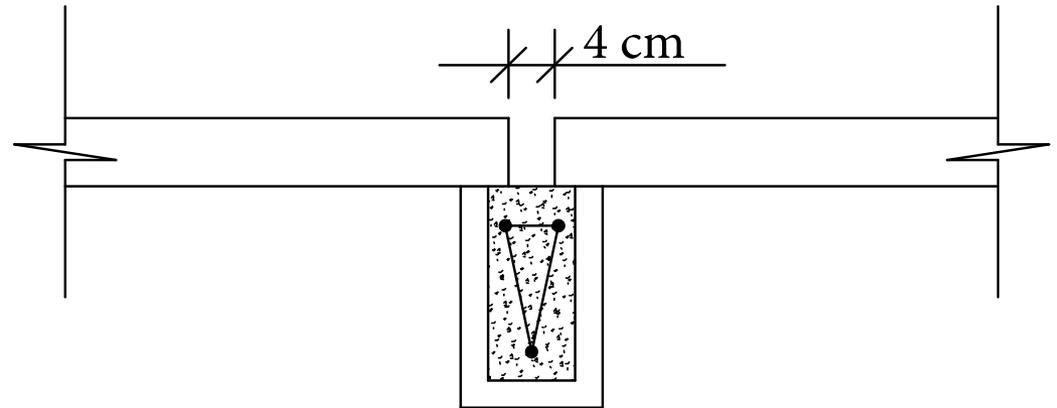
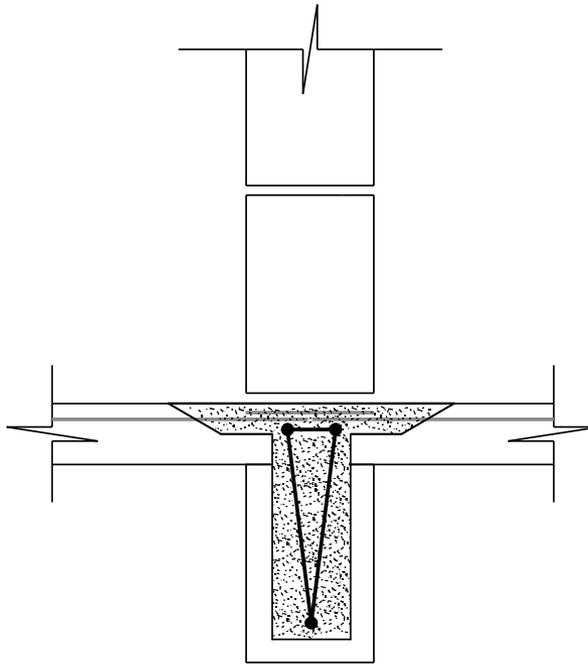
## Laje pré-moldada (BOC): ligação entre painéis



# DETALHES DE LAJE PRÉ-MOLDADA

Precaução contra colapso progressivo:

- 1) Verificar com 3 apoios apenas (usar os coeficientes adequados [reduzidos])
- 2) Incorporar vigas na alvenaria



# MODULAÇÃO

## USAR BLOCOS MODULARES 14X29 OU 14X39

**14X29: ideal todas dimensões múltiplas de 15 cm**

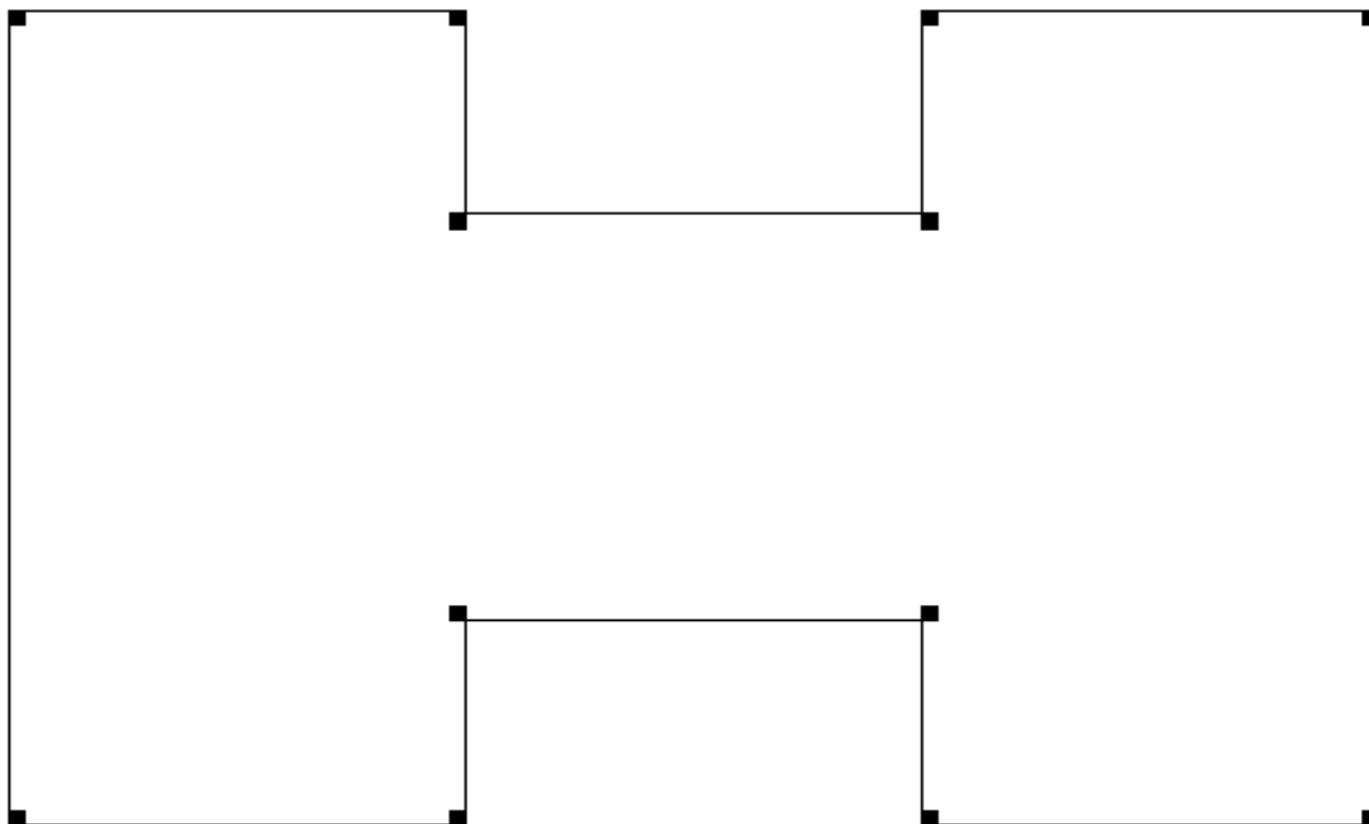
**14X39: a princípio dimensões internas múltiplas de 20 cm, necessário checar**

**Encontro em T, usar bloco de 14x44 ou 14x54, alternativamente usar bloco de 14x34 + 14x19 usando telas em juntas a prumo**

**Ajuste de 5 cm com blocos de 4cm: recomendado para portas. Alternativa para janelas e ajustes.**

**DIMENSÕES NÃO MÚLTIPLAS DE 5 CM → RECUSAR**

# ARMADURA VERTICAL MÍNIMA



# VERGA E CONTRA-VERGA

**1 BARRA DE 10 mm OU TR08**

**O comprimento mínimo dos apoios deve ser:**

**VERGAS:**

**até 1,0m de comprimento = 15cm**

**acima de 1,0 m = 30cm**

**CONTRAVERGAS: 30cm**

# JUNTAS DE ASSENTAMENTO

**HORIZONTAL:** de 10mm, nas laterais ou sobre toda a face do bloco, conforme projeto. O dimensionamento deve seguir o procedimento executivo

**VERTICAL:** sempre preenchida.

-até 5 pavimentos, preenchimento posterior a elevação da parede, argamassa não retrátil (exemplo traço básico 1:2:9), 15 dias após a construção da parede, utilizando bisnaga aplicada com compressão suficiente para garantir largura mínima do filete de argamassa vertical. Nesse caso deve-se reduzir a resistência ao cisalhamento da parede.

- demais casos, o preenchimento da junta deve ser feito durante a execução da parede.

# PADRONIZAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS

MPa, área bruta						
fbk	fa	fgk	fpk/ fbk	fpk	fpk*/ fpk	fpk*
3,0	4,0	15,0	0,80	2,40	2,00	4,80
4,0	4,0	15,0	0,80	3,20	2,00	6,40
6,0	6,0	15,0	0,80	4,80	1,75	8,40
8,0	6,0	20,0	0,80	6,40	1,75	11,20
10,0	8,0	20,0	0,75	7,50	1,75	13,13
12,0	8,0	25,0	0,75	9,00	1,60	14,40
14,0	12,0	25,0	0,70	9,80	1,60	15,68
16,0	12,0	30,0	0,70	11,20	1,60	17,92
18,0	14,0	30,0	0,70	12,60	1,60	20,16
20,0	14,0	30,0	0,70	14,00	1,60	22,40

## INDICAÇÕES DE MODELOS PARA DISTRIBUIÇÃO DE AÇÕES VERTICAIS E HORIZONTAIS

# PARTE 3:

# INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE OBRA

# Argamassa

## Definição prévia da argamassa de assentamento

ensaios com antecedência adequada com os materiais dos mesmos fornecedores selecionados para a obra

anexo D → controle na obra

ou ABNT NBR 13279 etc --> caracterização

- **Em CP cúbico de 4 cm**



# QUANDO FAZER ESSE ENSAIO?



**SEMPRE EXECUTAR PARA  
ARGAMASSAS QUE NÃO SEJAM  
APENAS CIMENTO, CAL E AREIA**

**Bloco:**

**Recebimento de acordo com NBR 6136 → preferir blocos com certificação, selo de qualidade**

**Lote: 1.000 m<sup>2</sup> de parede, 20.000 blocos...**

# Controle

## da resistência dos materiais e das alvenarias à compressão axial

# Caracterização prévia

- **Antes do início da obra,**
- **Deve ser feita a caracterização da resistência à compressão de blocos, argamassa e graute e alvenaria (prisma, pequena parede ou parede)**

**Pode-se dispensar se o fornecedor dos materiais já ter realizado a caracterização da alvenaria com os materiais a serem usados dentro do prazo de 180 dias que antecedem o início da obra**

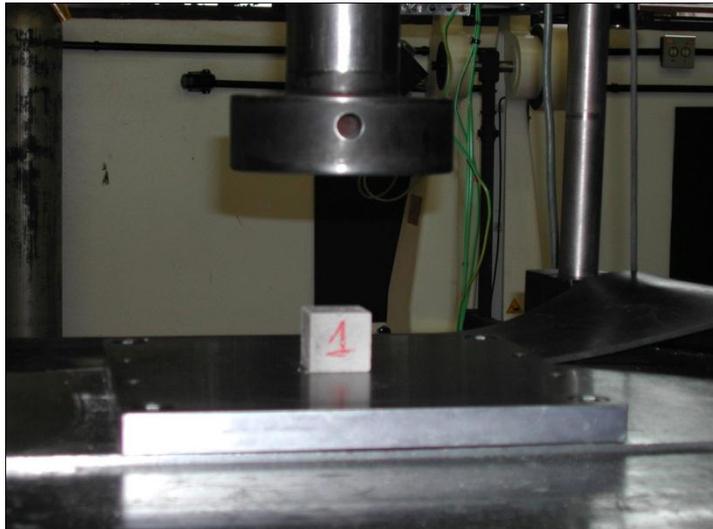
# Caracterização prévia

6 CPs argamassa/resistência → fa

6 CPs graute/resistência → fgk

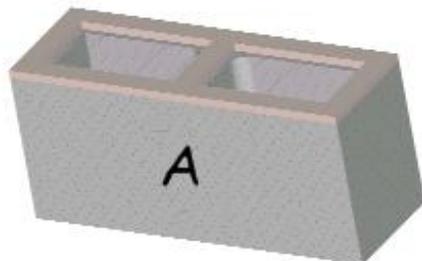
6 CPs bloco/resistência → fbk

12 CPs prisma/resistência → fpk

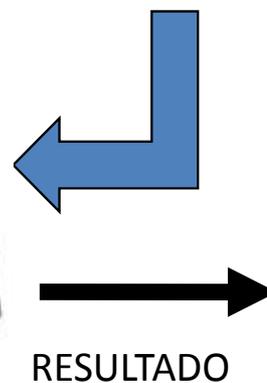
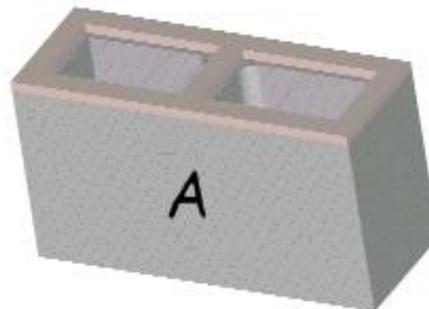
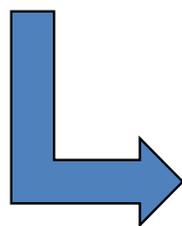
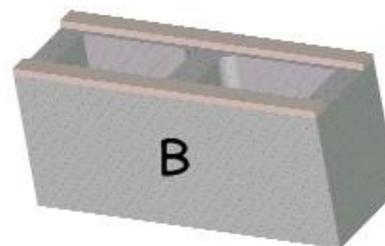


## → ENSAIO DE PRISMA: PADRONIZADO COM ASSENTAMENTO TOTAL

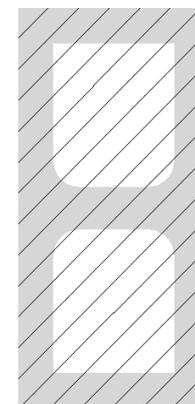
OBRA



OBRA



ÁREA  
BRUTA



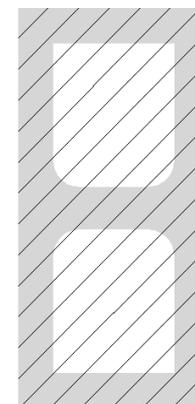
RESULTADO

→ ENSAIO DE PRISMA: PADRONIZADO COM ASSENTAMENTO TOTAL



OBRA

ÁREA  
BRUTA



# Observação sobre moldagem de prisma durante o controle de obra

Pode-se moldar na obra **ou** laboratório para fbk até 10 Mpa

**Obrigatório moldar na obra para fbk = 12 MPa e acima**



**obras de menor exigência  
estrutural → Critério**

**fpk, projeto até 35% de  
fbk**

**Ou**

**fpk, caract até 50% fpk,  
projeto**

## Recebimento de blocos apenas

## Para obras de menor exigência estrutural

**Exemplo: casas térreas onde o projeto indicou necessidade de  $f_{pk} \geq 1,0$  MPa e essa obra será feita com blocos de  $f_{bk} = 3,0$  MPa**

# Exemplos

fbk (MPa)	fbk para não ter ensaio de prisma (MPa)
3	1,05
4	1,40
6	2,1

Se o projeto indicou  $f_{pk} = 1,0$  MPa, então não precisa de ensaio de prisma

Sobrado: Estimando necessidade de  $f_{pk} = 1,6$  MPa

$fbk = 4$  MPa → fazer ensaios de prismas

$fbk = 6$  MPa → apenas ensaio de recebimento de blocos

**Para obras de maior exigência  
estrutural**

**2 opções:  
Controle otimizado  
Ou  
Controle padrão**

**6 prismas por pavimento  
(= norma antiga)**

**Vantagem + fácil de entender  
Desvantagem = + ensaios a  
fazer**

# Controle Otimizado

Condição	Coeficiente de Variação dos Prismas (CV)	fpk,projeto / fpk, estimado			
		$\leq 0,35$	$> 0,35 \leq 0,50$	$> 0,50 \leq 0,75$	$> 0,75$
A	$> 15 \%$	6	6	6	6
B	$< 10 \%$ e $\geq 15 \%$	0	2	4	6
C	$< 10 \%$	0	0	0	0

**IMPORTANTE** — Para pavimentos com especificação de resistência característica de bloco maior ou igual a 12,0 MPa deve-se sempre considerar no mínimo a condição B.

**Ressalta-se que para  $f_{bk} = 12$  Mpa para cima  $\rightarrow$  fazer 6 prismas por pavimento**

# Controle

**Graute e armagassa**

---

**OBRIGADO !**

**Guilherme A. Parsekian**

**São Paulo, maio 2012**