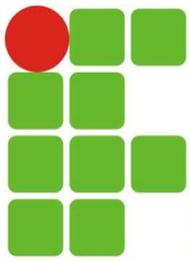


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

ALVENARIA ESTRUTURAL

Disciplina: MATERIAIS E PROCESSOS
CONSTRUTIVOS II

Professora Sabrina Elicker Hagemann



INTRODUÇÃO

DEFINIÇÃO



- Parede é empregada para fins de transmissão de esforços;
- Forma que garante rigidez e estabilidade estrutural;
- Estrutura funciona basicamente à compressão;
- Construção racionalizada

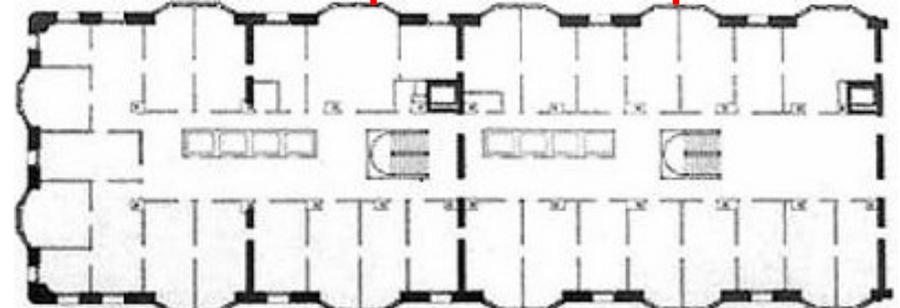
EXEMPLO DA ALVENARIA ESTRUTURAL DO SÉCULO XIX



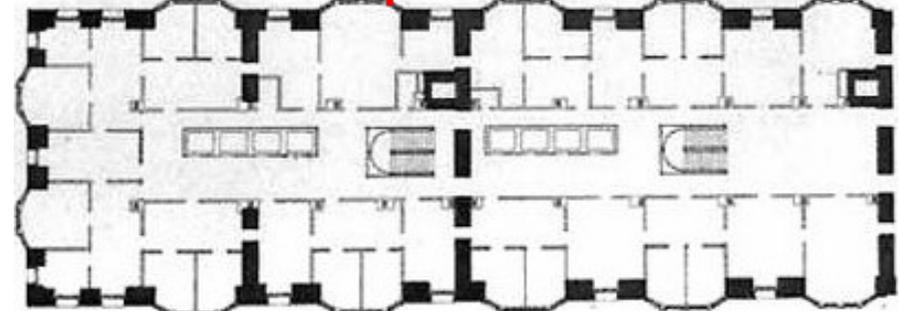
Dimensionamento teórico, resultando em espessuras de paredes excessivas e antieconômicas.

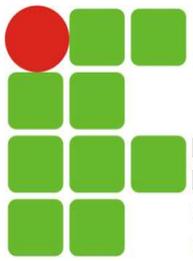
Alvenaria estrutural sofreu um grande declínio devido ao surgimento do aço e do concreto

Paredes no pavimento superior



Paredes no pavimento térreo





INTRODUÇÃO

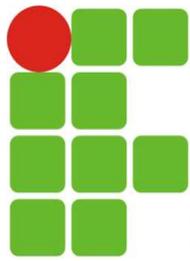
VANTAGENS ECONÔMICAS



- Otimização de tarefas na obra;
- Facilidade de controle nas etapas de execução;
- Redução no desperdício de materiais;

Custos aproximados entre estruturas convencionais e alvenaria estrutural

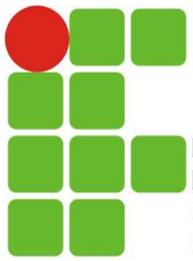
Característica da obra	Economia (%)
Quatro pavimentos.	25-30
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria não armada.	20-25
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria armada.	15-20
Sete pavimentos com pilotis.	12-20
Doze pavimentos sem pilotis.	10-15
Doze pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado.	8-12



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

NORMAS RELACIONADAS

- **NBR 15873/2010** – Coordenação Modular para Edificações
- **NBR 6136/2016** – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos
- **NBR 15812-1/2010** - Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projeto
- **NBR 15812-2/2010** - Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos — Parte 2: Execução e controle de obras
- **NBR 15961-1/2011** - Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto
- **NBR 15961-2/2011** - Alvenaria estrutural — Blocos de concreto — Parte 2: Execução e controle de obras
- **NBR 12118/2014** – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de ensaio



NBR 6136 - 2014

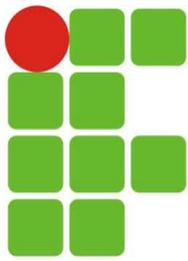
Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos

Estabelece os requisitos para o recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

Definições

- **Bloco vazado:** Componente de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.
- **Blocos tipo canaleta:** Componentes de alvenaria vazados ou não, com conformação geométrica para racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas.





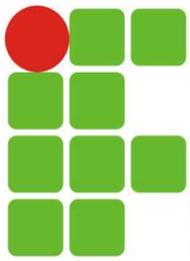
Classificação dos blocos de concreto:

- **Classe A** – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- **Classe B** – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- **Classe C** – Com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- **Classe D** – Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Classe	Resistência característica f_{bk} MPa	Absorção média em %		Retração ⁽¹⁾ %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10,0\%$	$\leq 13,0\%$ (média) $\leq 16,0\%$ (individual)	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$			
C	$\geq 3,0$			
D	$\geq 2,0$			

¹⁾ Facultativo.

* As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.



NBR 15270-2 – Bloco cerâmico

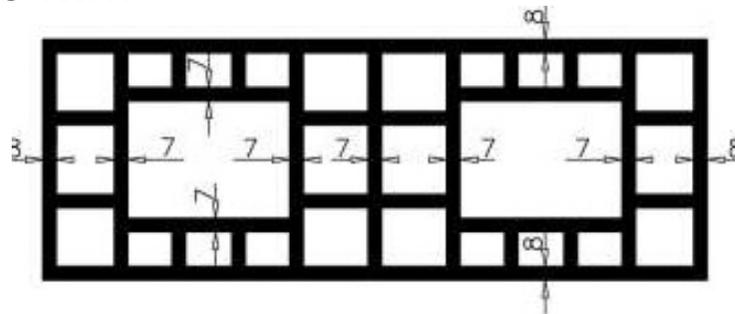
Tolerâncias dimensionais individuais na dimensão efetiva

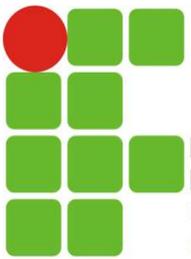
Grandezas controladas (individuais)	Tolerância individual mm
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Tolerâncias dimensionais na média das dimensões efetivas

Grandezas controladas (na média)	Tolerância na média mm
Largura (L)	± 3
Altura (H)	
Comprimento (C)	

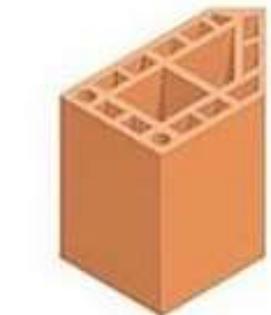
A espessura mínima dos septos é 7 mm e das paredes externas é, no mínimo, de 8 mm



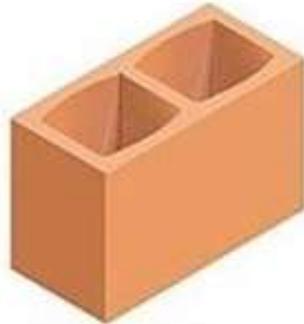


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

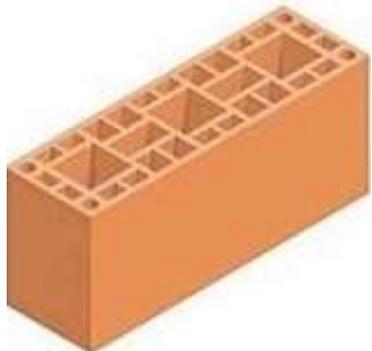
MATERIAIS



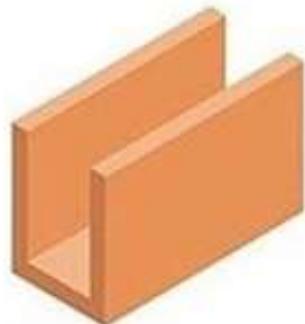
Bloco 45°



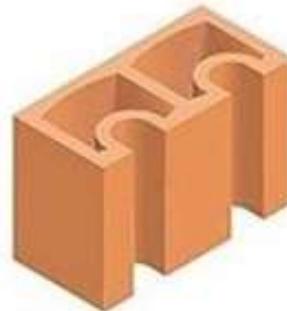
Bloco
Hidráulico



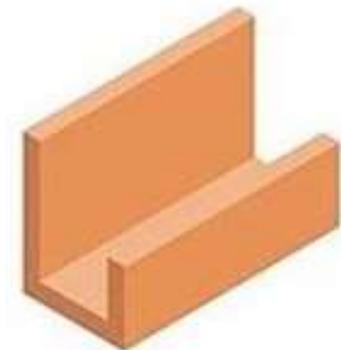
Bloco de
Amarração



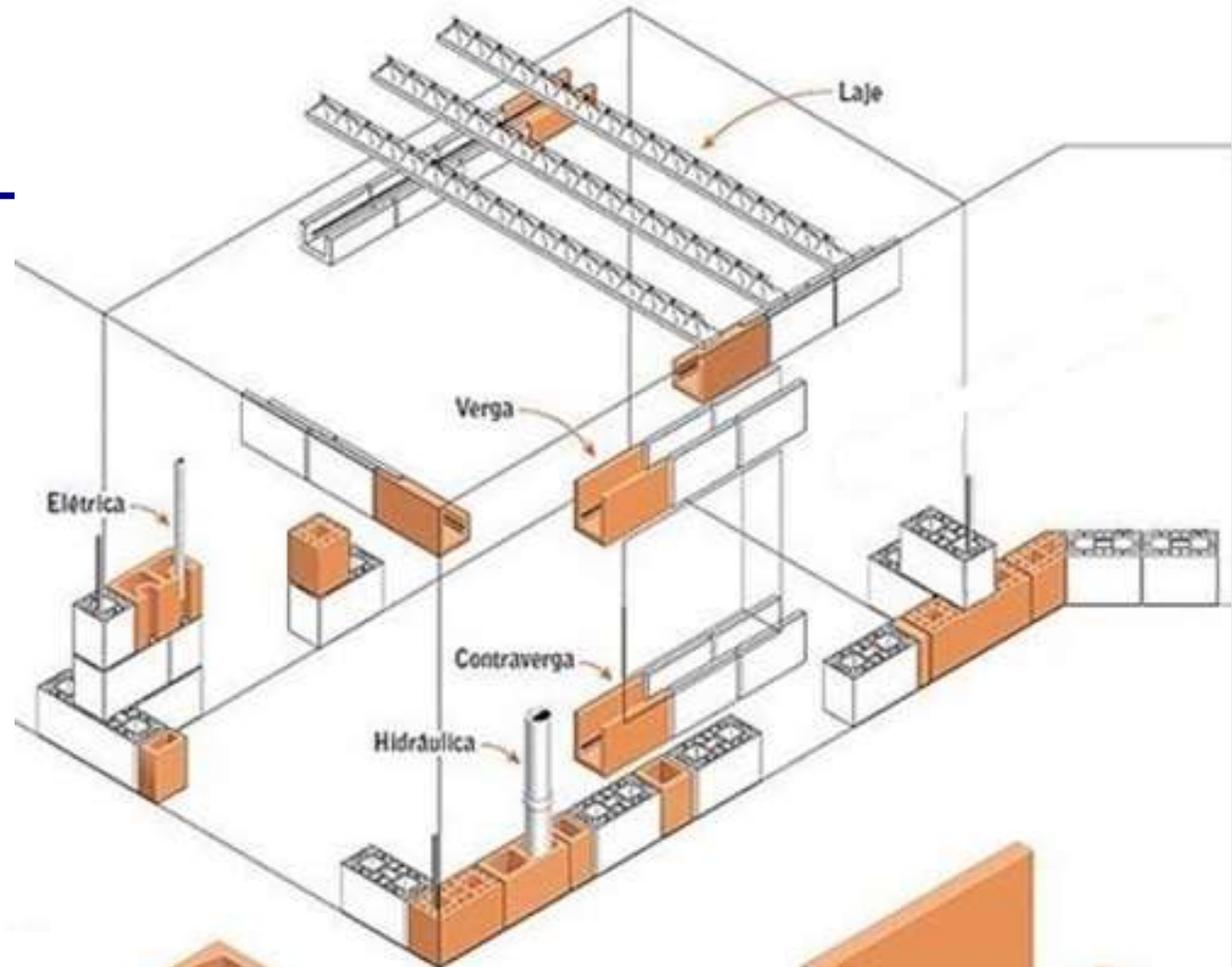
Verga e
Contraverga

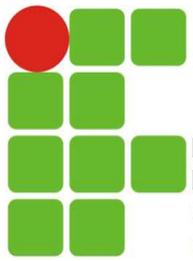


Bloco
Elétrico



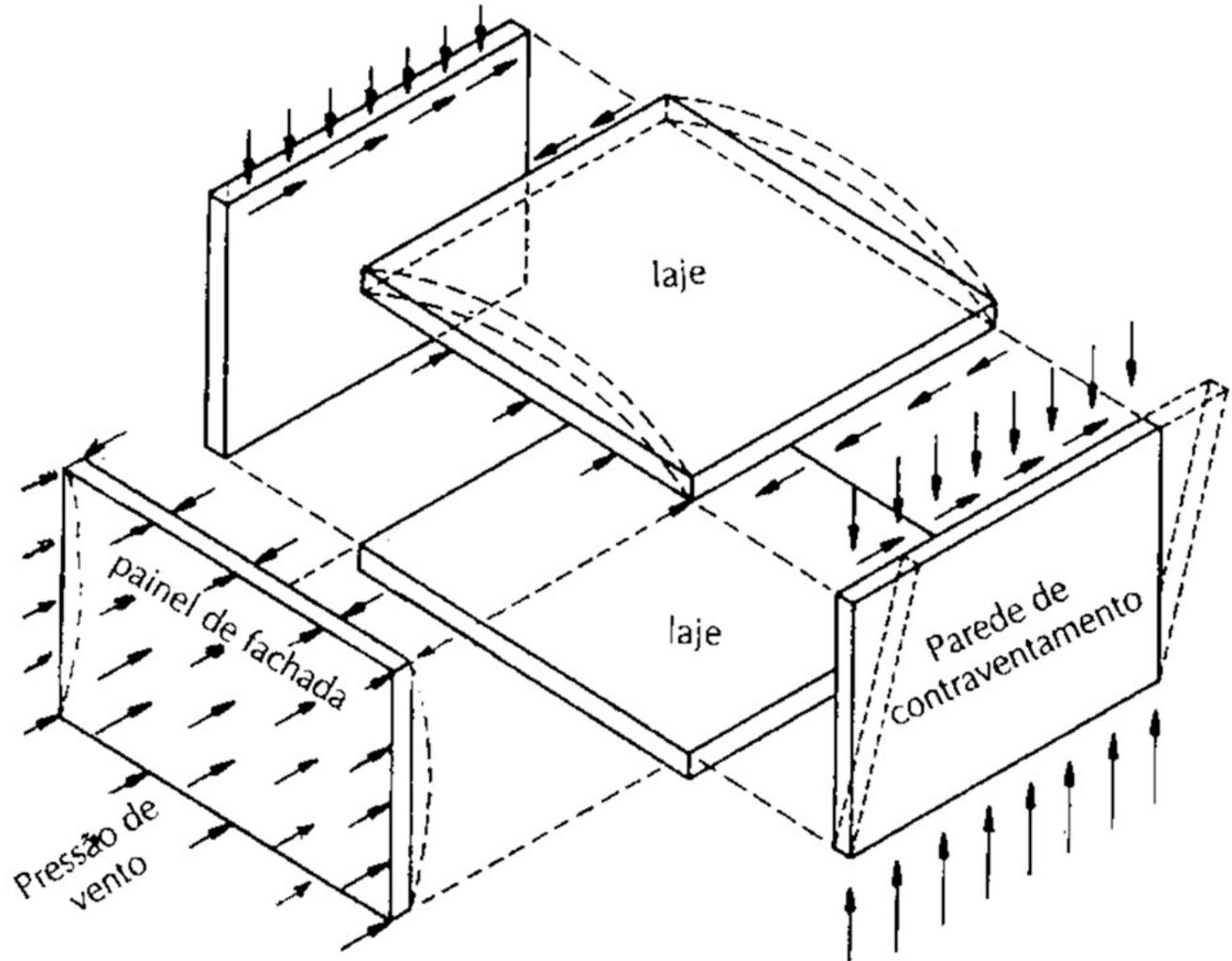
Canaletas em J
e Compensadoras



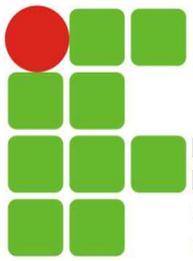


SISTEMA CONSTRUTIVO

- As paredes servem de apoio para as lajes e transmitem as cargas em linha para as paredes;
- A força horizontal de vento é absorvida pelo painel de fachada que transmite as paredes de contraventamento;



Fonte: Mohamad (2015)



Fatores condicionantes do projeto arquitetônico

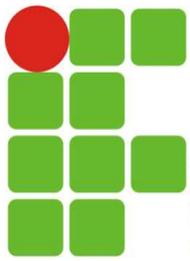


- Arranjo arquitetônico;
- Coordenação dimensional;
- Racionalização do projeto;
- Necessidades dos clientes;
- Custos;
- Requisitos de desempenho;
- Requisitos de segurança e confiabilidade.

Restrições estruturais



- Limitação no número de pavimentos (resistência dos materiais disponíveis, combinação de esforços atuantes);
- Arranjo espacial das paredes e necessidade de amarração entre os elementos estruturais;
- Comprimento e altura dos painéis que pode afetar a esbeltez do elemento e a presença de juntas de movimentação;
- Impossibilidade de remoção de paredes estruturais;
- Uso de balanços - esforço de torção;
- Passagem de instalações em espaços pré-determinados.

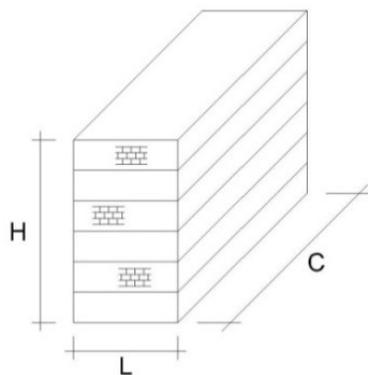


PROJETO

Forma do prédio

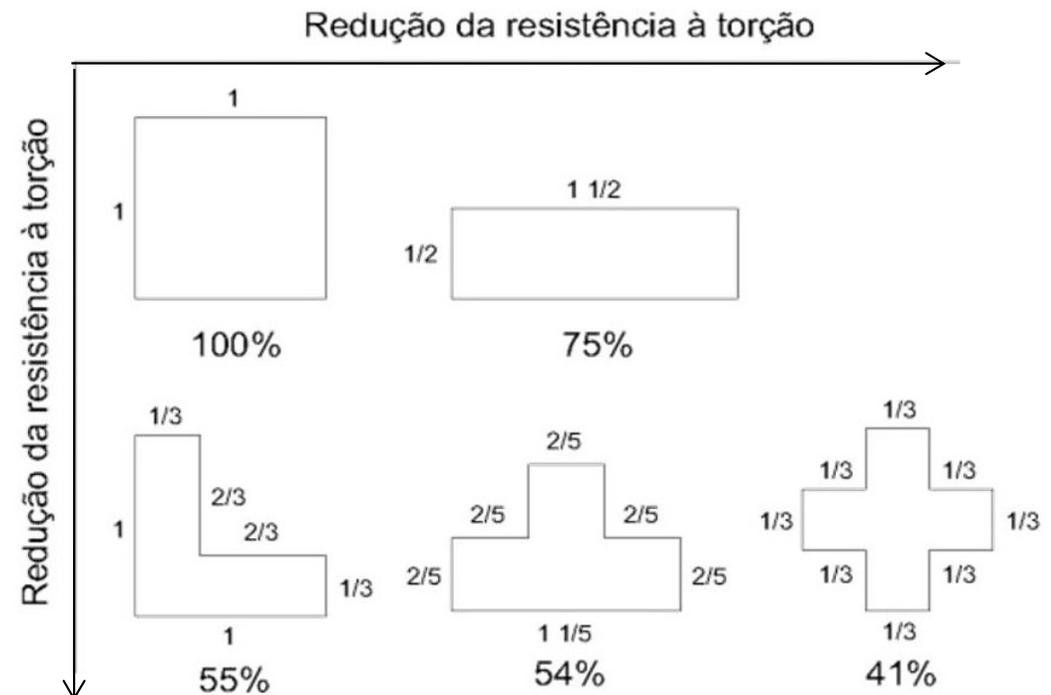


- Necessidade de distribuição interna dos espaços;
- Distribuição das paredes estruturais
- Robustez: importante na resistência a esforços horizontais (ex: ação do vento) que introduzem esforços de tração na alvenaria;

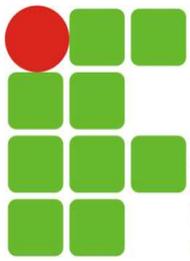


Situação	C / L	H / L
Ideal	1	≤ 1
Aceitável	≤ 4	≤ 3
Ruim	> 4	> 3

- Edificações baixas – pouca influência da ação do vento;
- Relação entre as dimensões – maior ou menor rigidez



Fonte: Mohamad (2015)



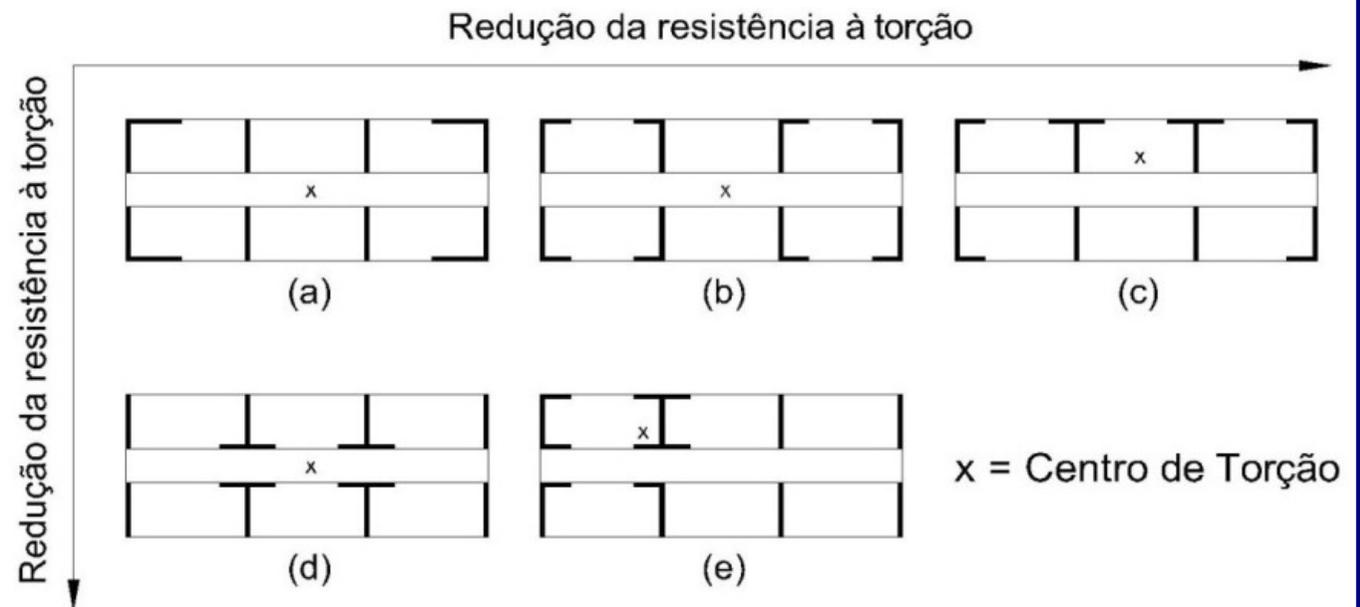
PROJETO

Posição das paredes estruturais

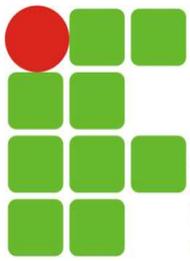


- Simetria do projeto: equilíbrio na distribuição das paredes resistentes;
- Prédios assimétricos: concentração de carregamentos em determinadas regiões;
- Distribuição de paredes estruturais em ambas as direções;

• Simetria do projeto: reduz o surgimento de tensões decorrentes de torções e rotações que podem levar à fissuração de separação



Fonte: Mohamad (2015)



PROJETO

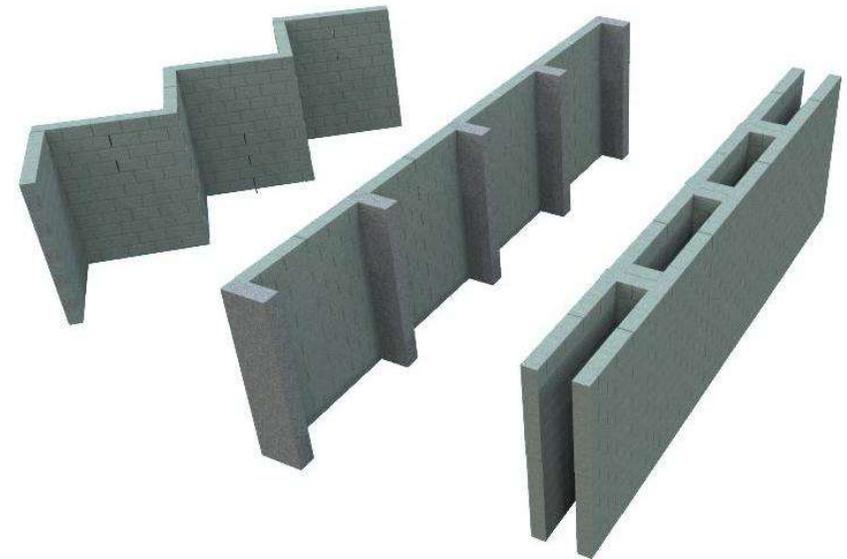
Características das paredes



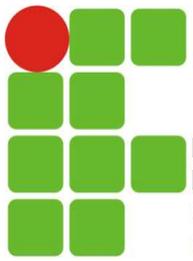
- Paredes estruturais em cada direção do prédio (metros lineares): mínimo de 4,2% da área total construída;
- Podem ser utilizadas paredes de diferentes formas visando à obtenção de maior rigidez;

Relações entre altura total da parede no prédio (H) e seu comprimento (d)

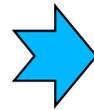
Situação	Relações
Ideal	$2 \leq H/d \leq 4$
Aceitável	$1 < H/d$ ou $4 < H/d \leq 5$
Ruim	$H/d < 1$ ou $H/d \geq 5$



Fonte: Mohamad (2015)



Escolha do bloco e modulação



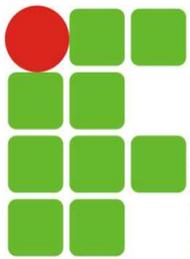
- Coordenação modular
- Cálculo estrutural;
- Procedimento de execução;
- Consumo de argamassa
- Desempenho e durabilidade

Coordenação modular

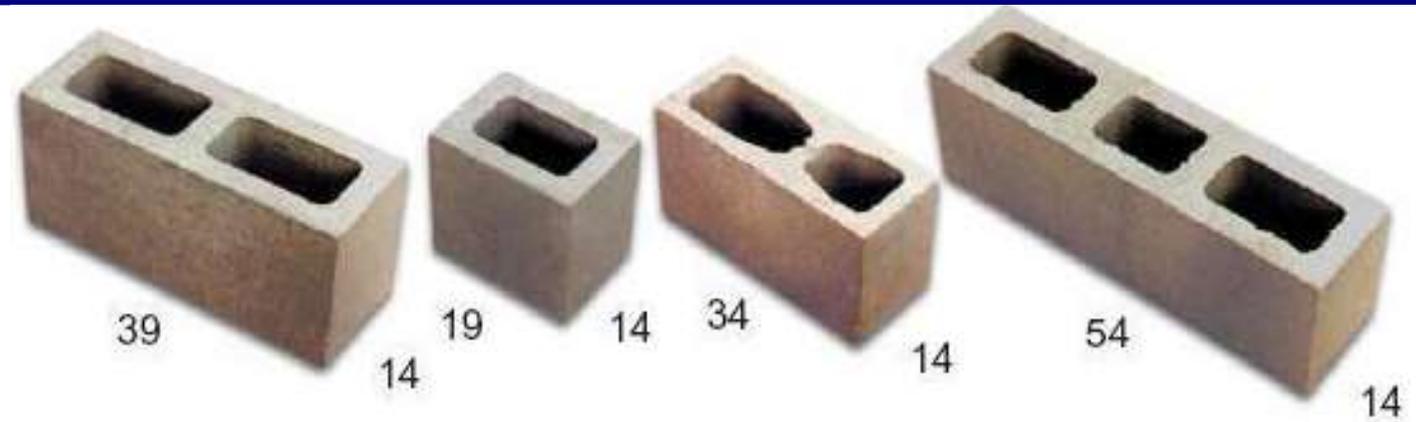


Dimensões de projeto são múltiplos do módulo

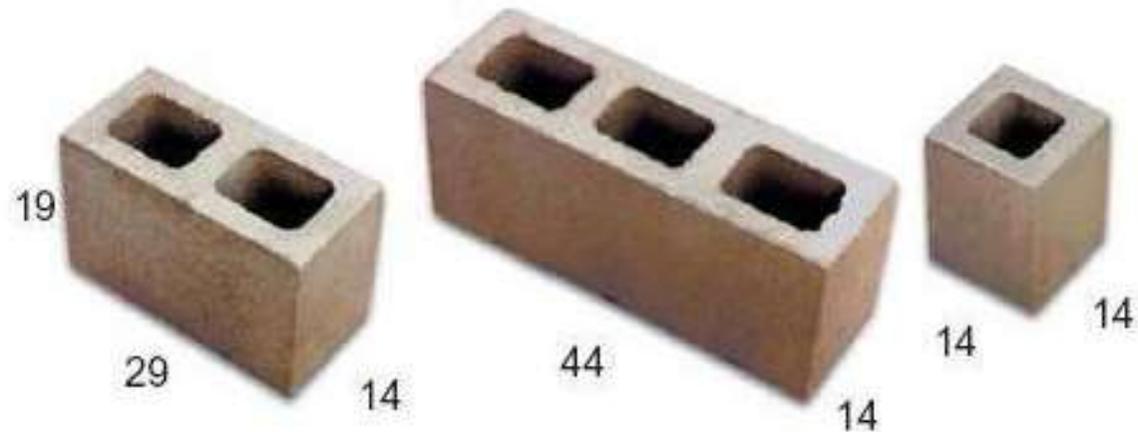
BLOCO	Tipo	Dimensões modulares (cm)	Dimensões do bloco(cm)	Malha básica (cm)
Cerâmica	1	15x20x30	14x19x29	15x15
	2	20x20x30	19x19x29	15x15
Concreto	1	20x20x40	19x19x39	20x20
	2	15x20x40	14x19x39	20x20



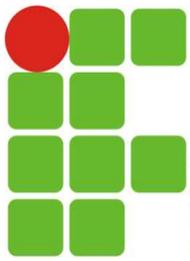
FAMILIA 40



FAMILIA 30



Fonte: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br>



PROJETO

Malha básica 

- Traçado de um reticulado de referência;
- Os comprimentos e alturas das paredes são múltiplos da malha básica.

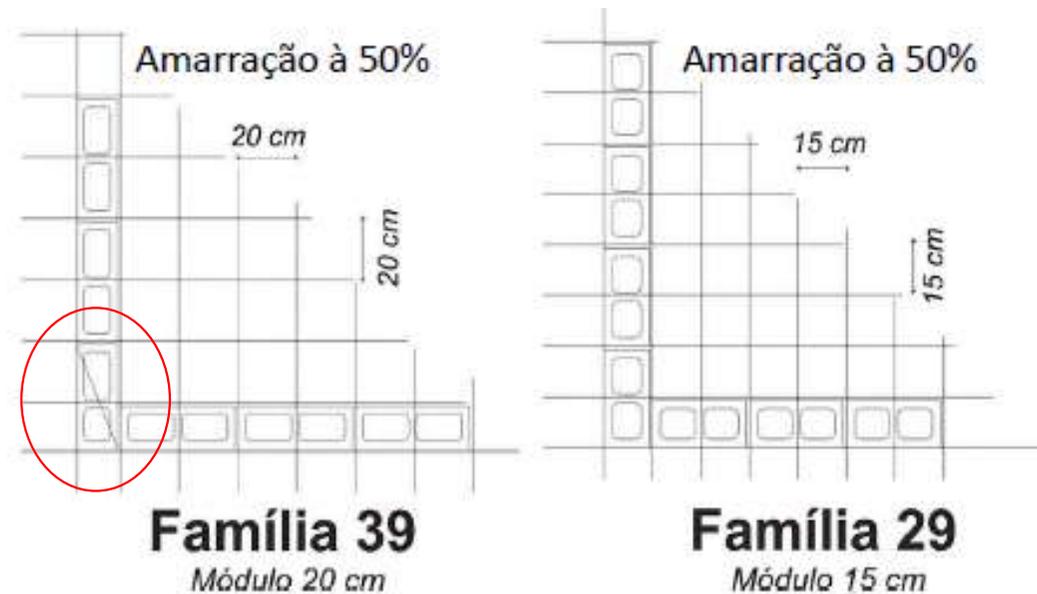
Blocos não modulares



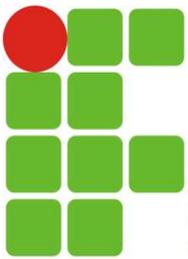
15x20x40 e 20x20x30



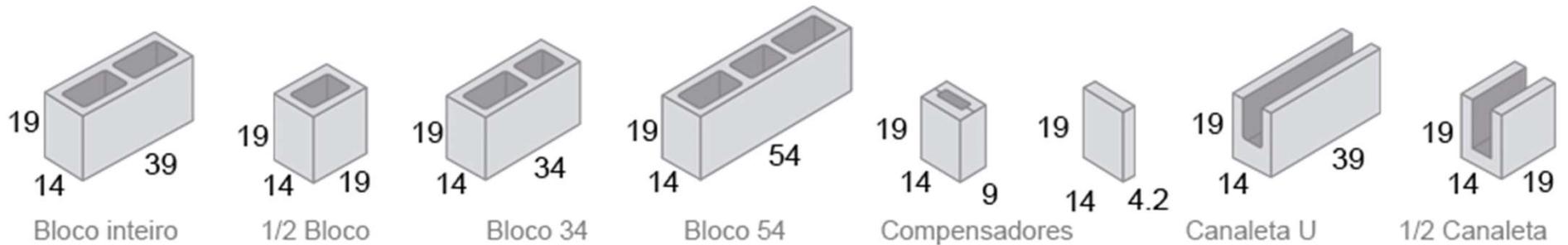
- Divisão entre comprimento e largura não é um número inteiro;
- Uso de blocos especiais ou compensadores



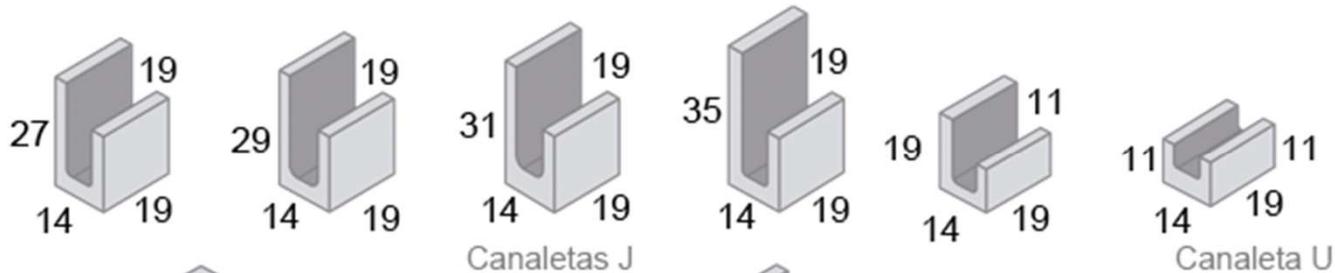
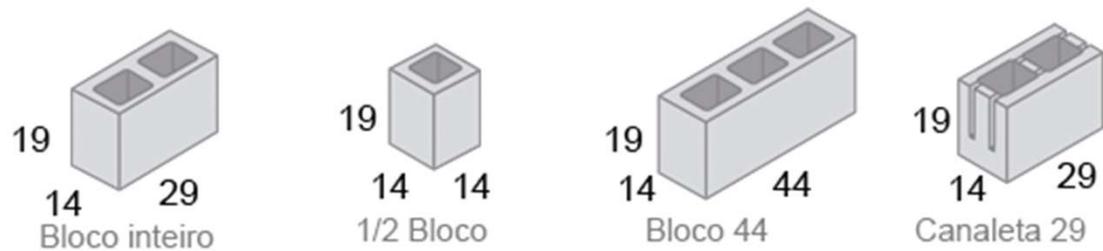
Fonte: Mohamad (2015)



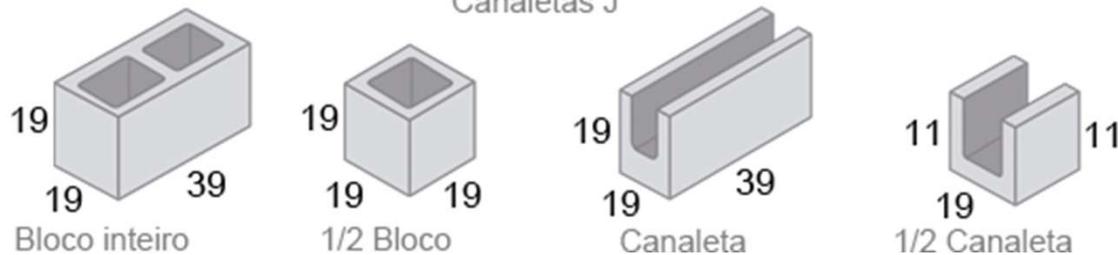
PROJETO

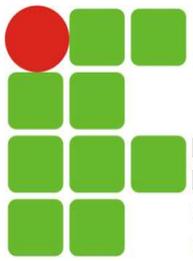


Bloco 14



Bloco 19



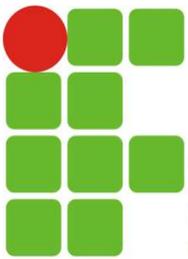


CONCEPÇÕES

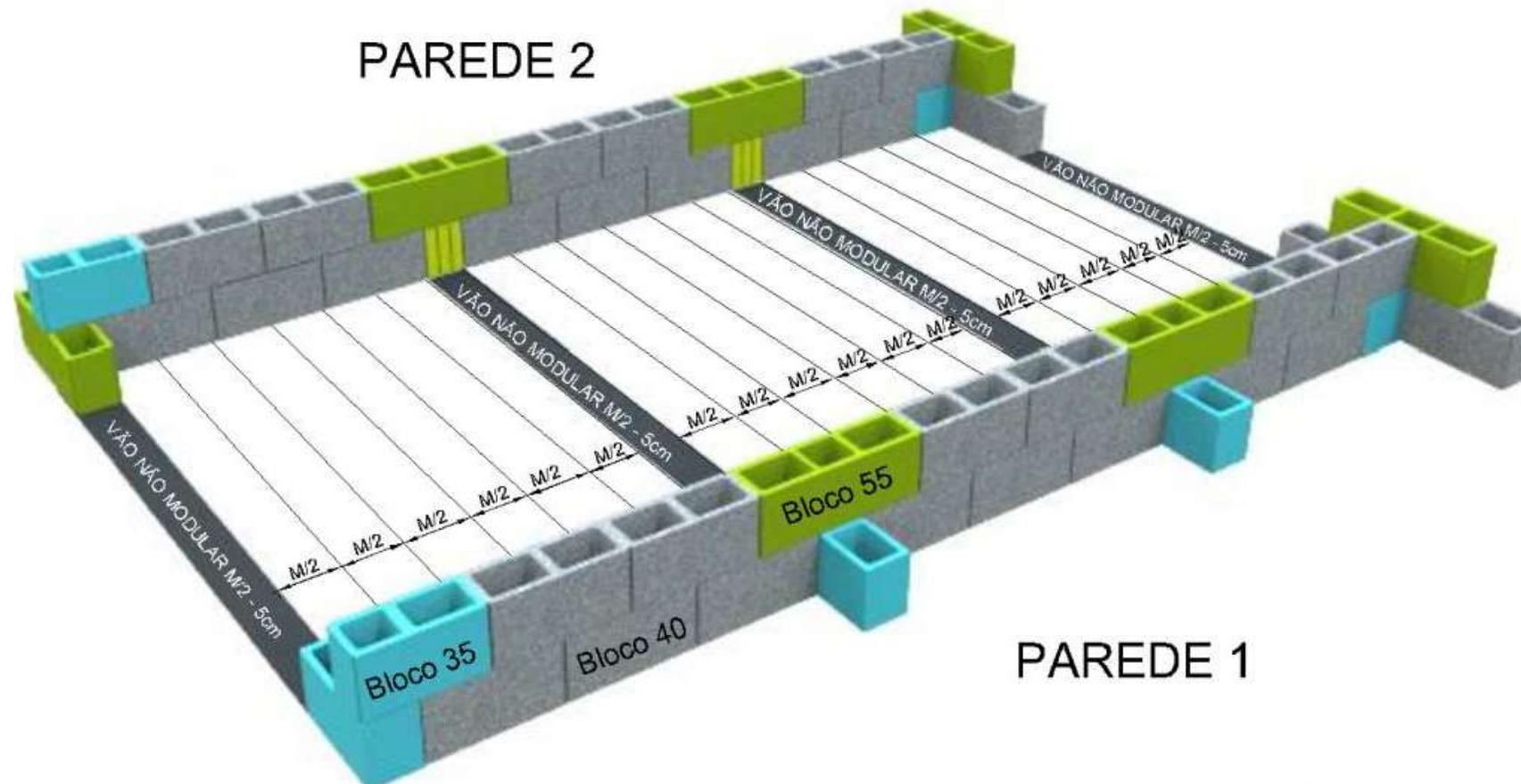
- Áreas úmidas com instalações em paredes associadas com previsão de espaços técnicos para a descida das instalações (shafts);
- Redução de desperdícios atuando nas fases de projeto, especificação de materiais, técnicas construtivas, estratégia de transporte e armazenagem de materiais.

ETAPAS

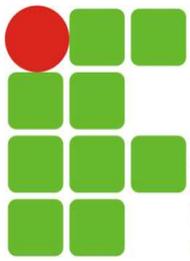
- Definição das medidas modulares “M” e “M/2”, sendo “M” o comprimento modular do bloco padrão utilizado;
- Anteprojeto: dimensões internas múltiplas de M/2;
- Lançamento da primeira fiada de blocos sobre o anteprojeto;
- Ajuste das dimensões e lançamento da segunda fiada.



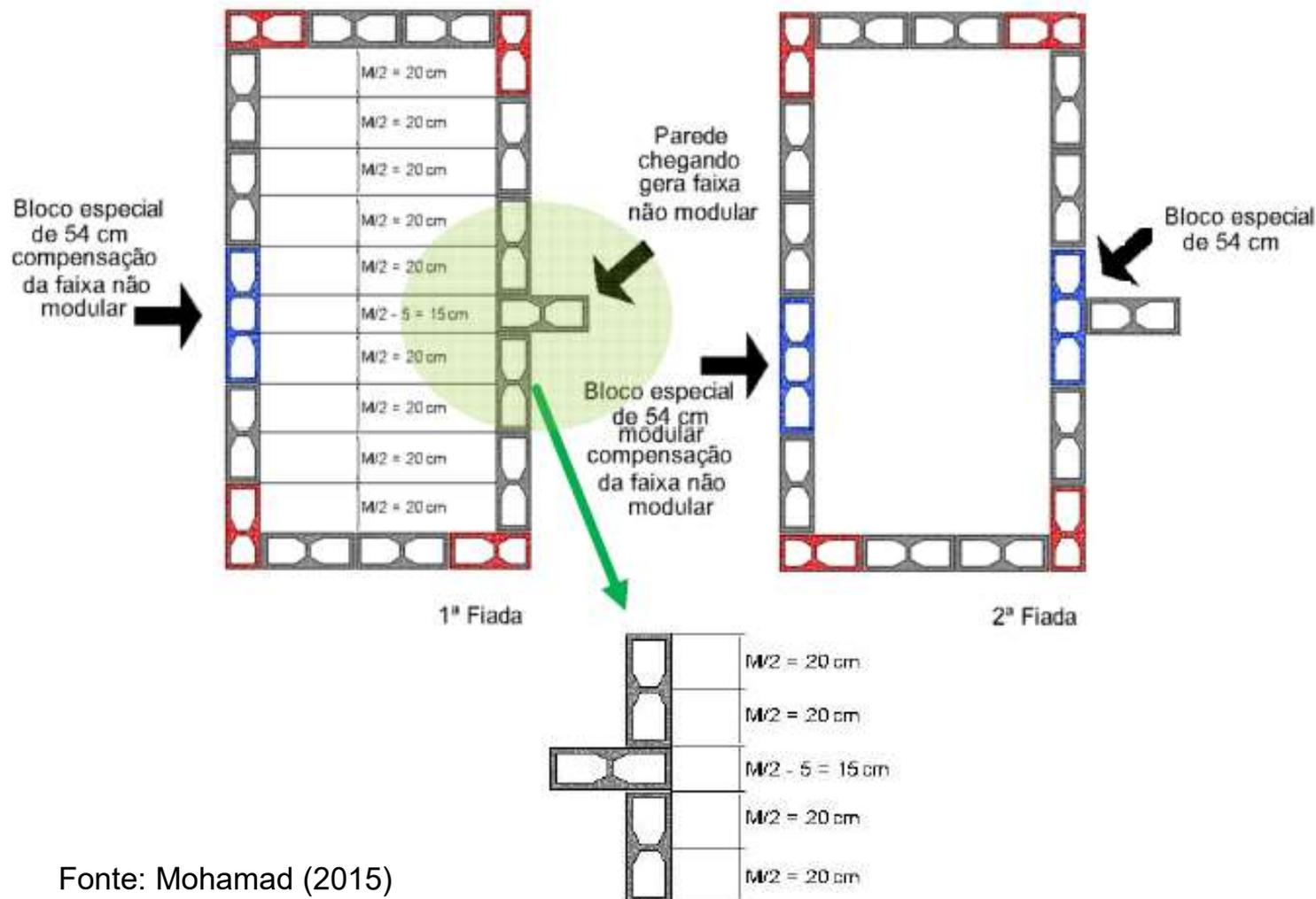
AJUSTES DIMENSIONAIS NECESSÁRIOS PARA OS BLOCOS NÃO MODULARES



Fonte: Mohamad (2015)

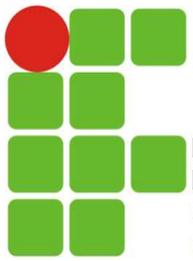


BLOCOS COMPENSADORES



- Quanto maior a variedade das peças utilizadas na alvenaria, maior a dificuldade de execução, o que afeta diretamente a produtividade.
- O emprego de muitas peças especiais traz impactos sobre o custo das edificações.
- O uso de muitos blocos compensadores dificulta a amarração a 50%.

Fonte: Mohamad (2015)



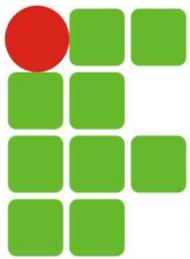
AMARRAÇÃO:

- **AMARRAÇÃO DIRETA:** Padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido por interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra;
- **AMARRAÇÃO INDIRETA:** Padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo, em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras devidamente ancoradas em furos verticais ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento.

JUNTAS A PRUMO

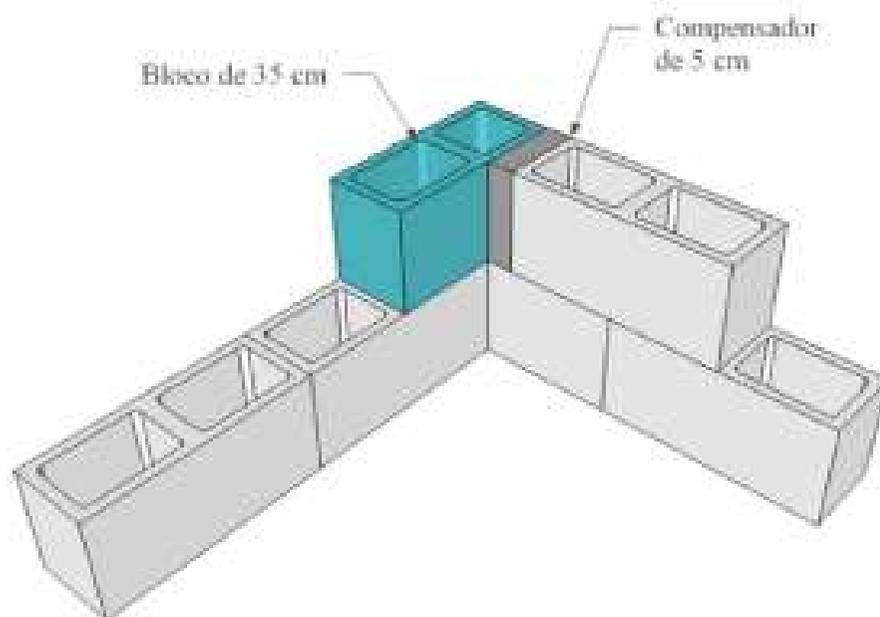


- São alternativas de vinculação indiretas entre paredes que podem ser empregadas entre paredes estruturais e paredes estrutural e de vedação;
- Sempre que houver a necessidade de utilizar a junta a prumo, deve-se grautear e grampear os furos.



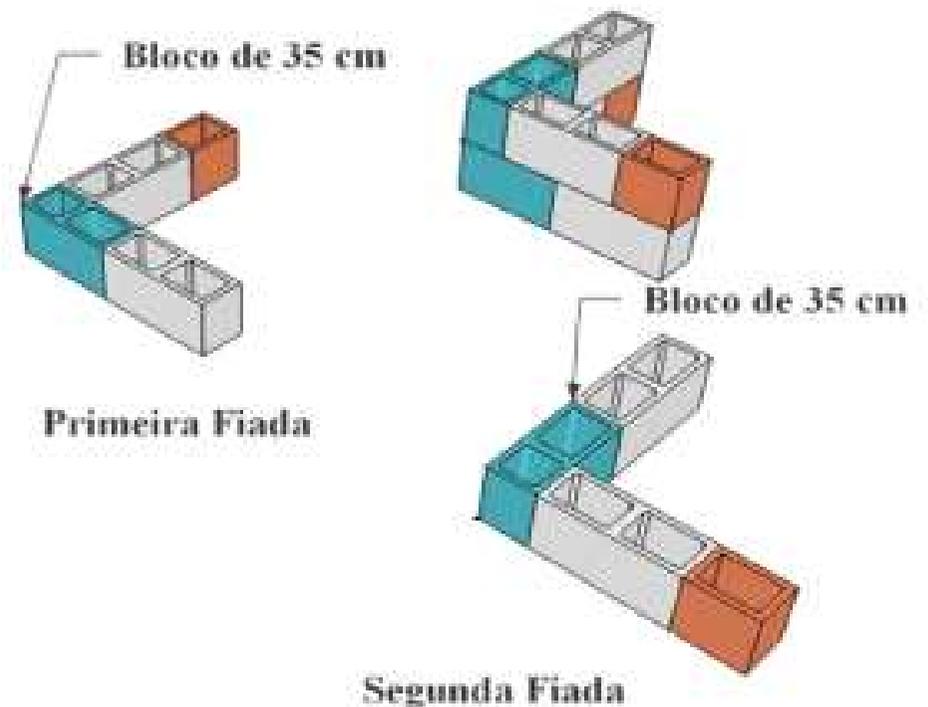
AMARRAÇÃO EM L FAMILIA 40

Amarração em L



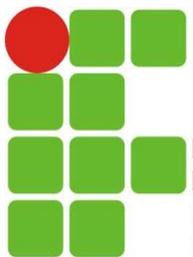
COM O COMPENSADOR

Amarração em L

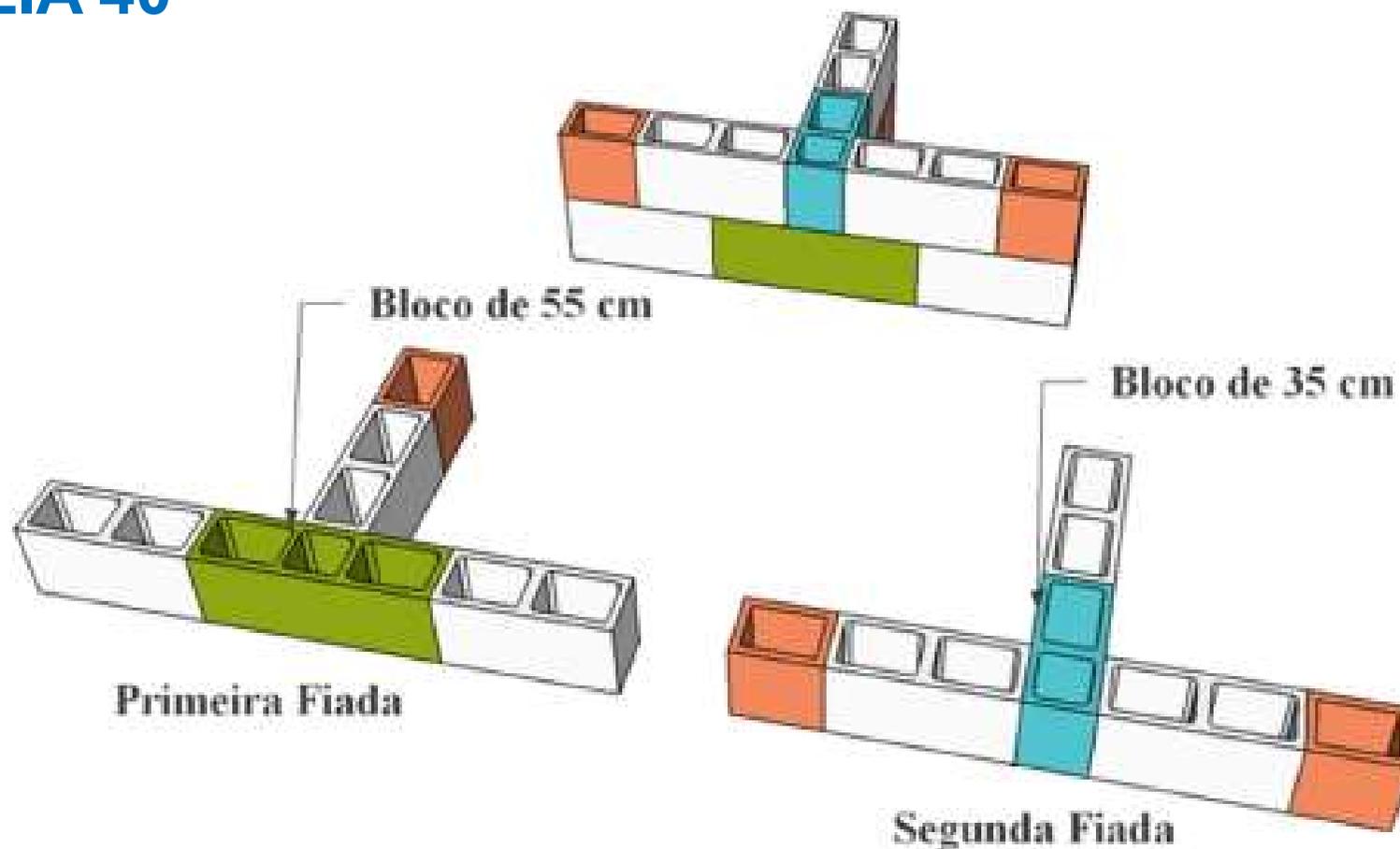


SEM O COMPENSADOR

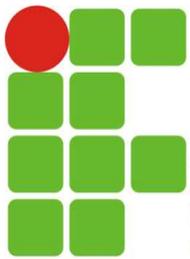
Fonte: Mohamad (2015)



AMARRAÇÃO EM T FAMILIA 40

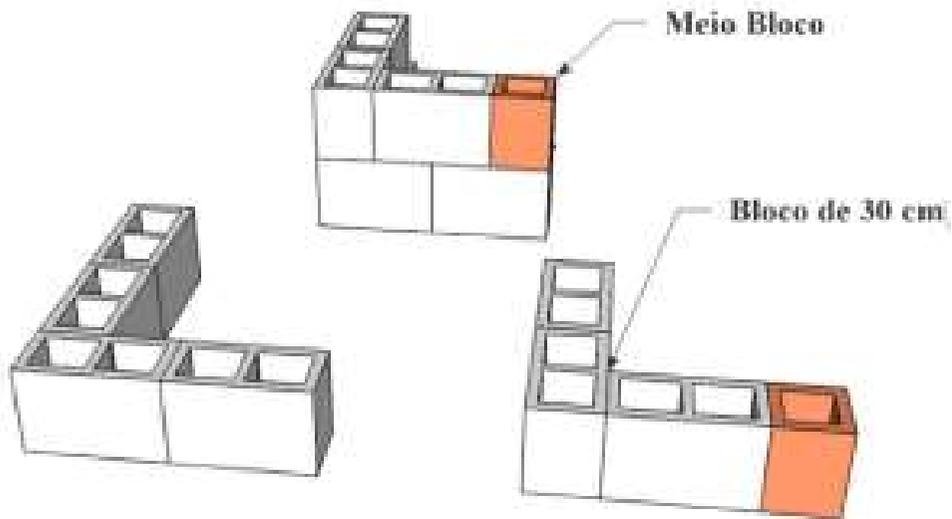


Fonte: Mohamad (2015)

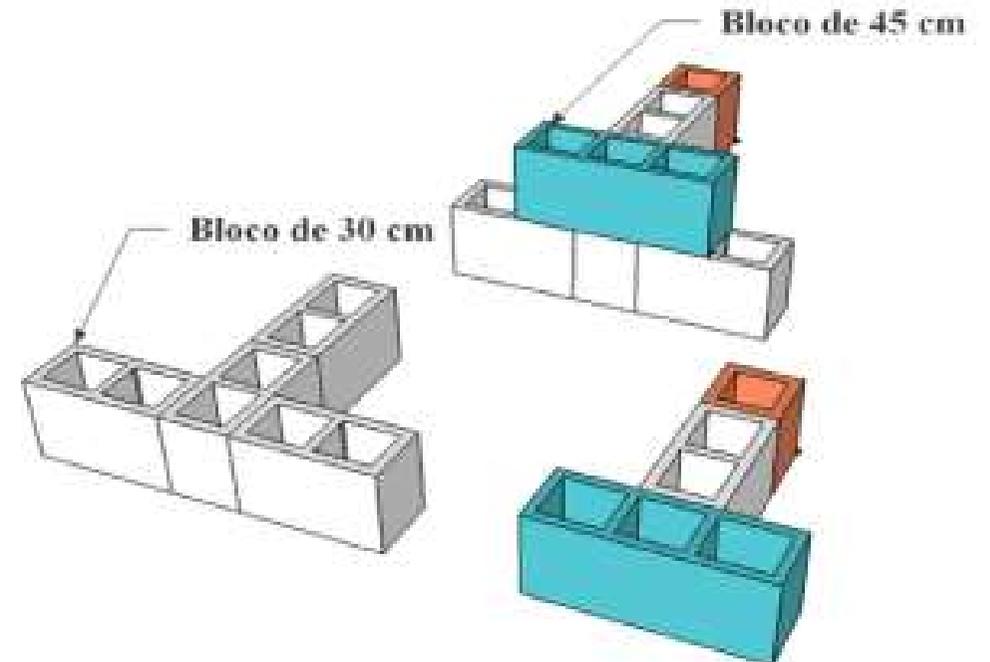


AMARRAÇÃO EM L E T FAMILIA 30

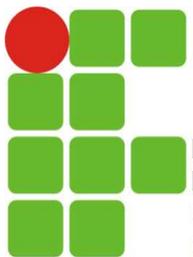
Amarração em L



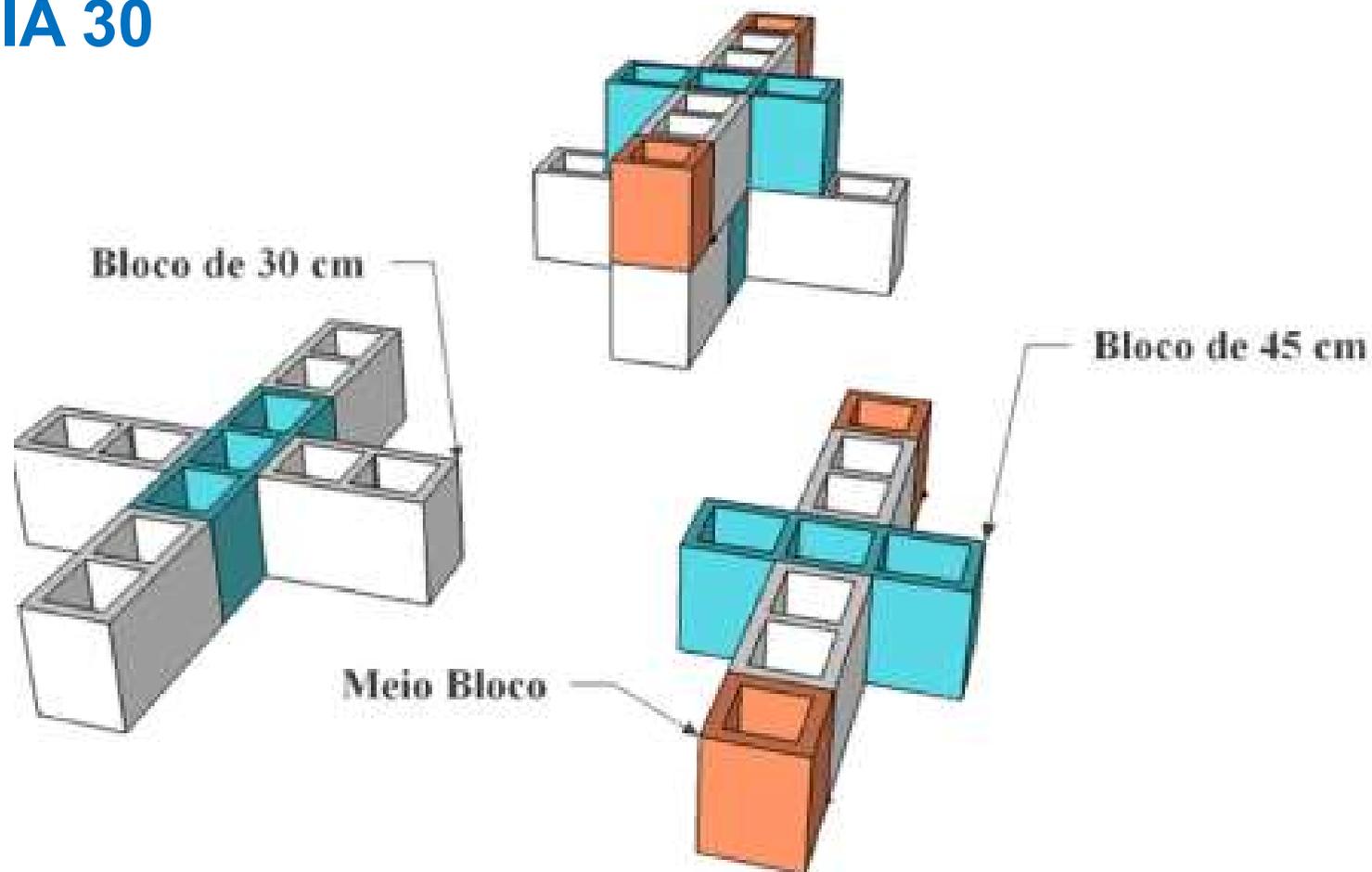
Amarração em T



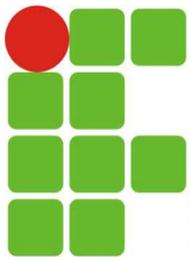
Fonte: Mohamad (2015)



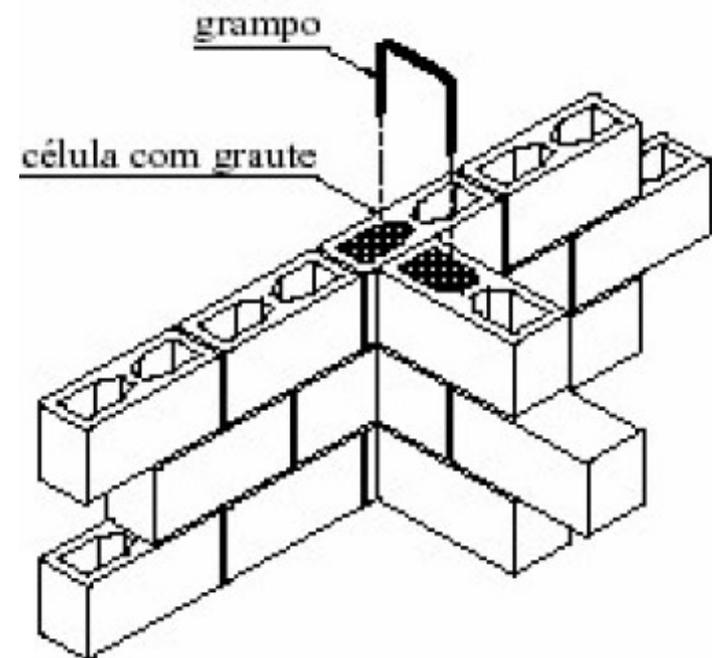
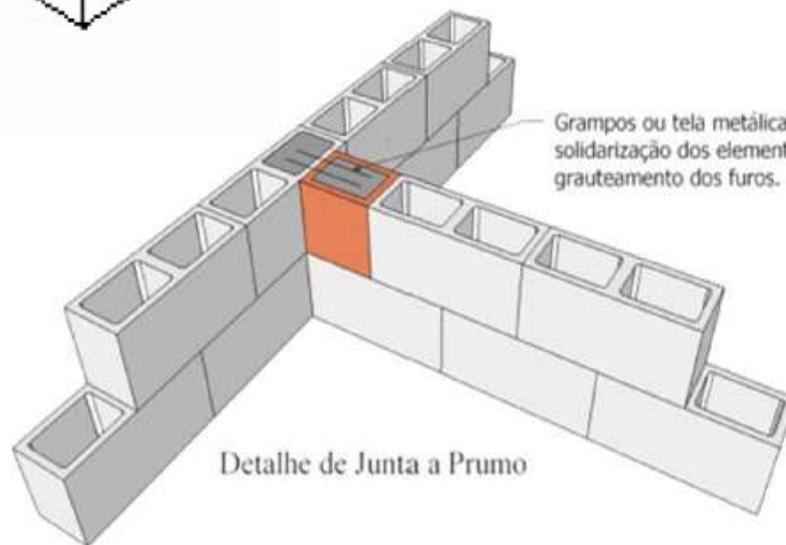
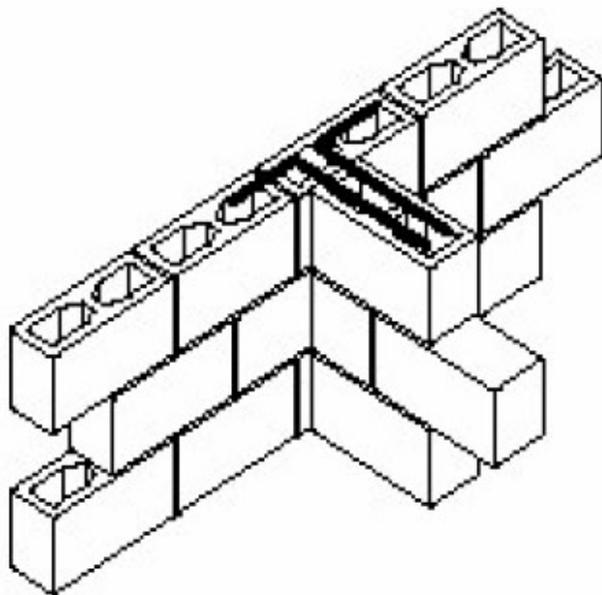
AMARRAÇÃO EM CRUZ FAMILIA 30



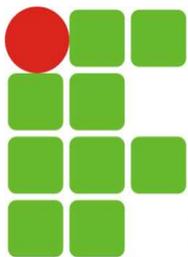
Fonte: Mohamad (2015)



JUNTAS A PRUMO



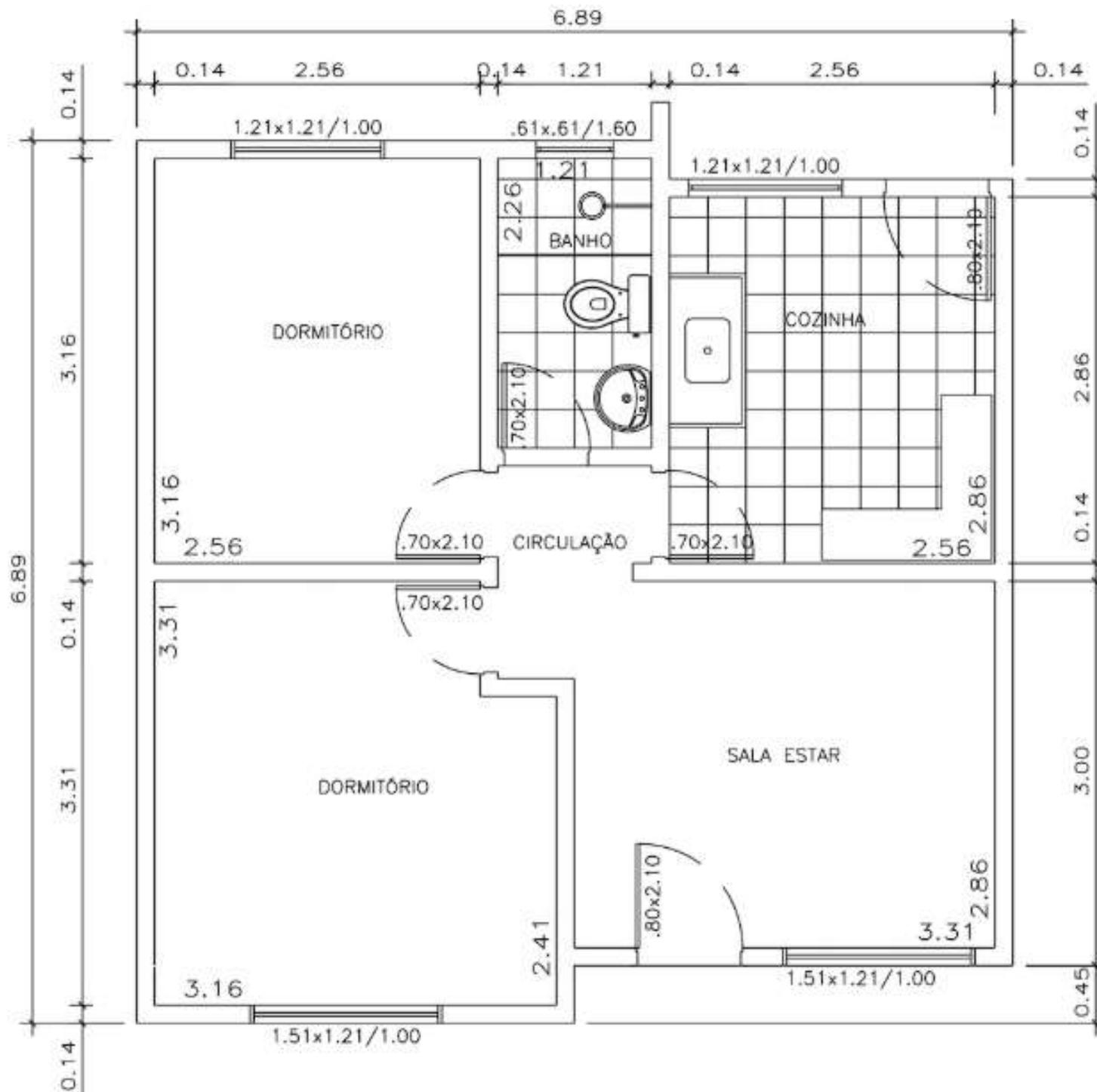
Fonte: Mohamad (2015)

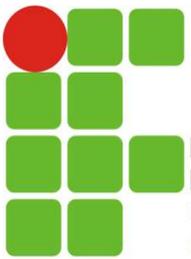


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECN
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

EXEMPLO DE PROJETO M/2 = 15

Dimensões
internas -
múltiplos de
M/2+1





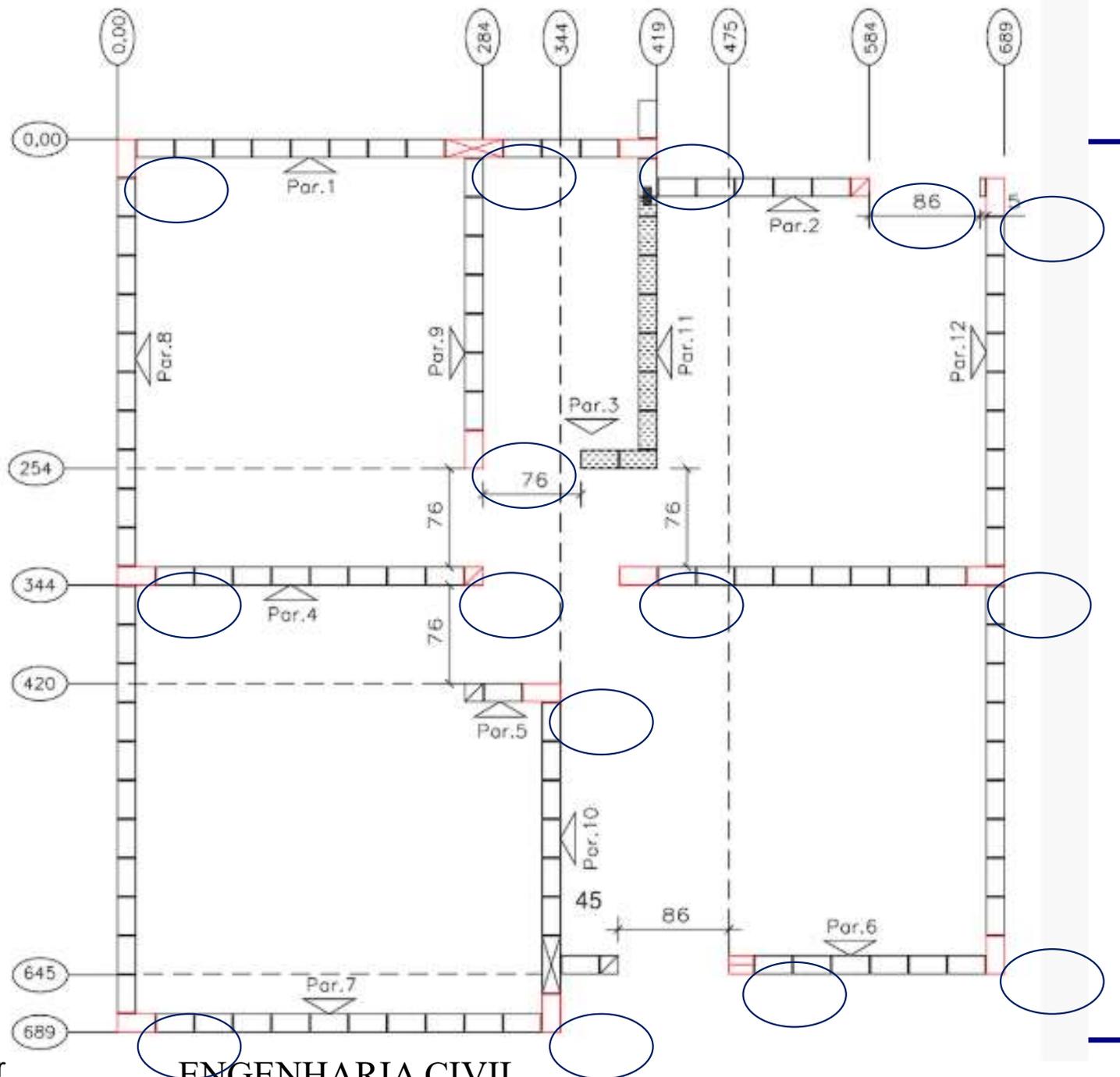
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TEC
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

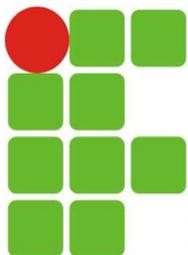
EXEMPLO DE PROJETO M/2 = 15

Lançamento da 1ª fiada

MODULAÇÃO - 1ª FIADA

- BE30 - 14x19x29
- BE45 - 14x19x44
- BE30 - Alvenaria de vedação
- BE15 - 14x19x14
- BE20 - 14x19x19
- BC14/4 - 14x19x04
- Blocos estratégicos
- Origem da marcação





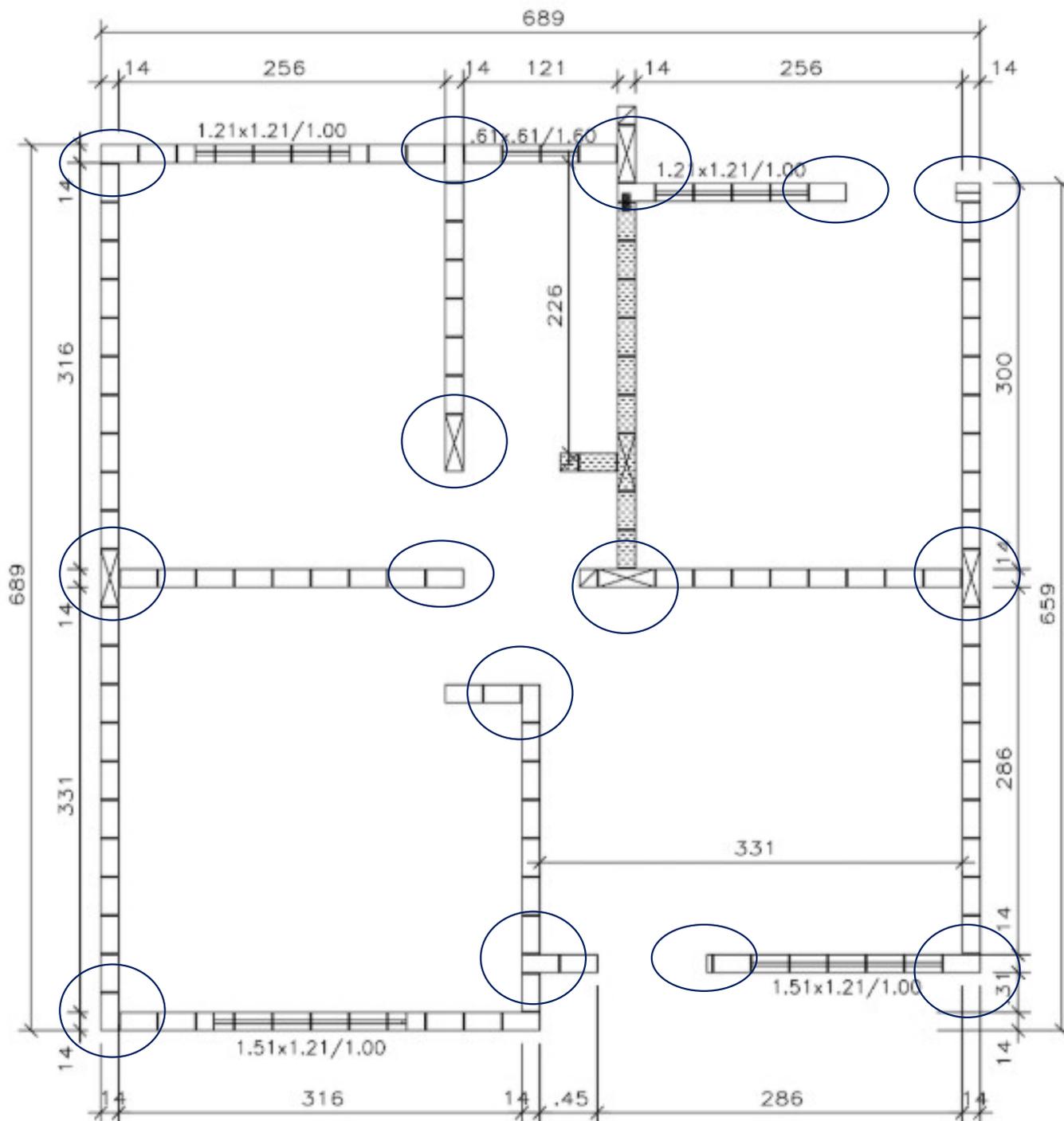
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

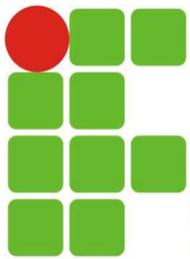
EXEMPLO DE PROJETO M/2 = 15

Lançamento da 2ª fiada

MODULAÇÃO - 2ª FIADA

-  BE30 - 14x19x29
-  BE45 - 14x19x44
-  BE30 - Alvenaria de vedação
-  BE15 - 14x19x19
-  BE20 - 14x19x19
-  BC14/4 - 14x19x04

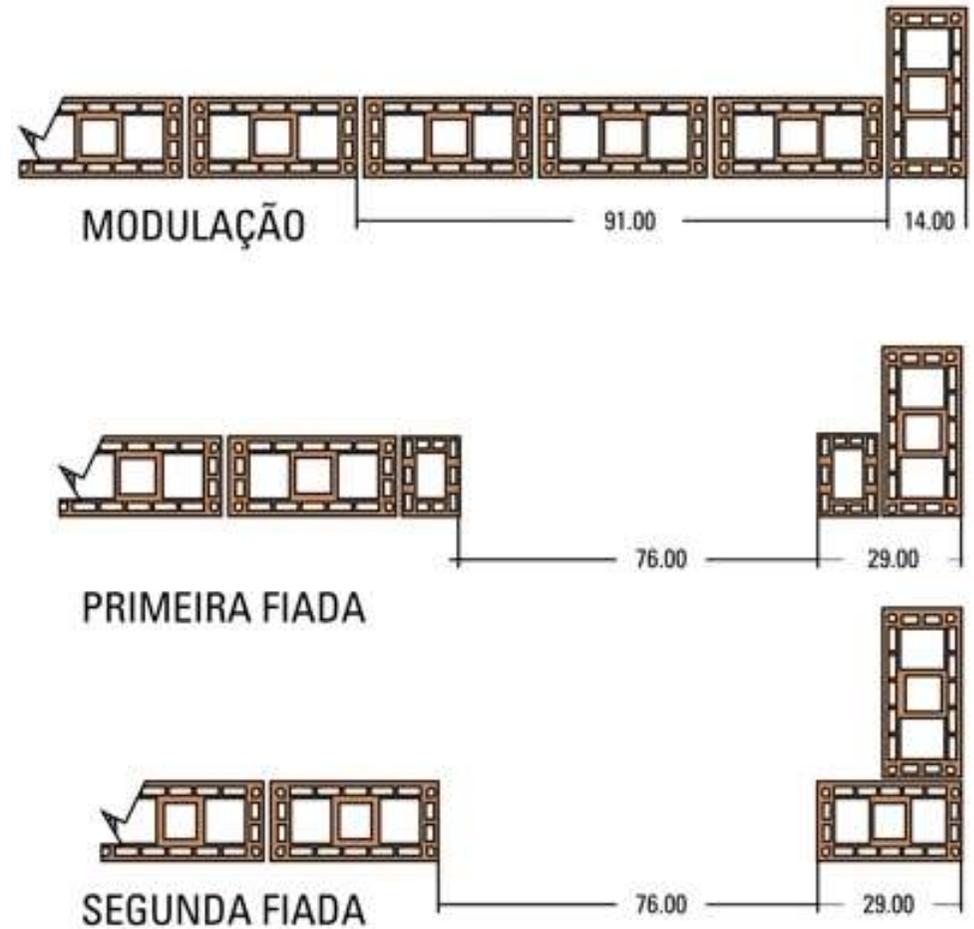
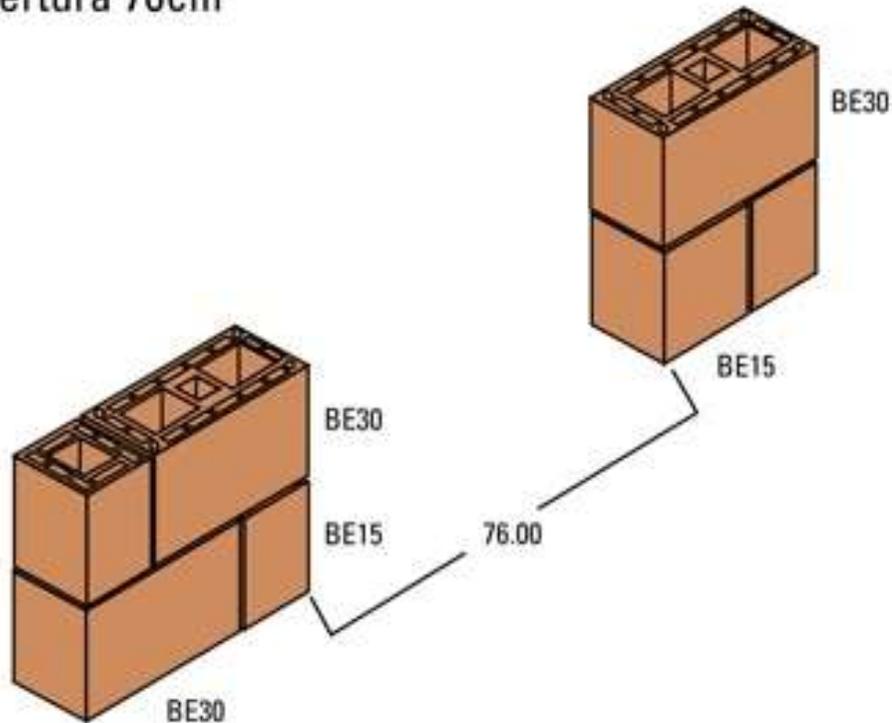




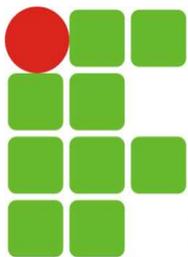
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

AJUSTE DE VÃOS DE PORTAS

AJUSTE DE PORTAS - BATENTE METÁLICO
PORTAS - VÃO DE LUZ 70cm
abertura 76cm



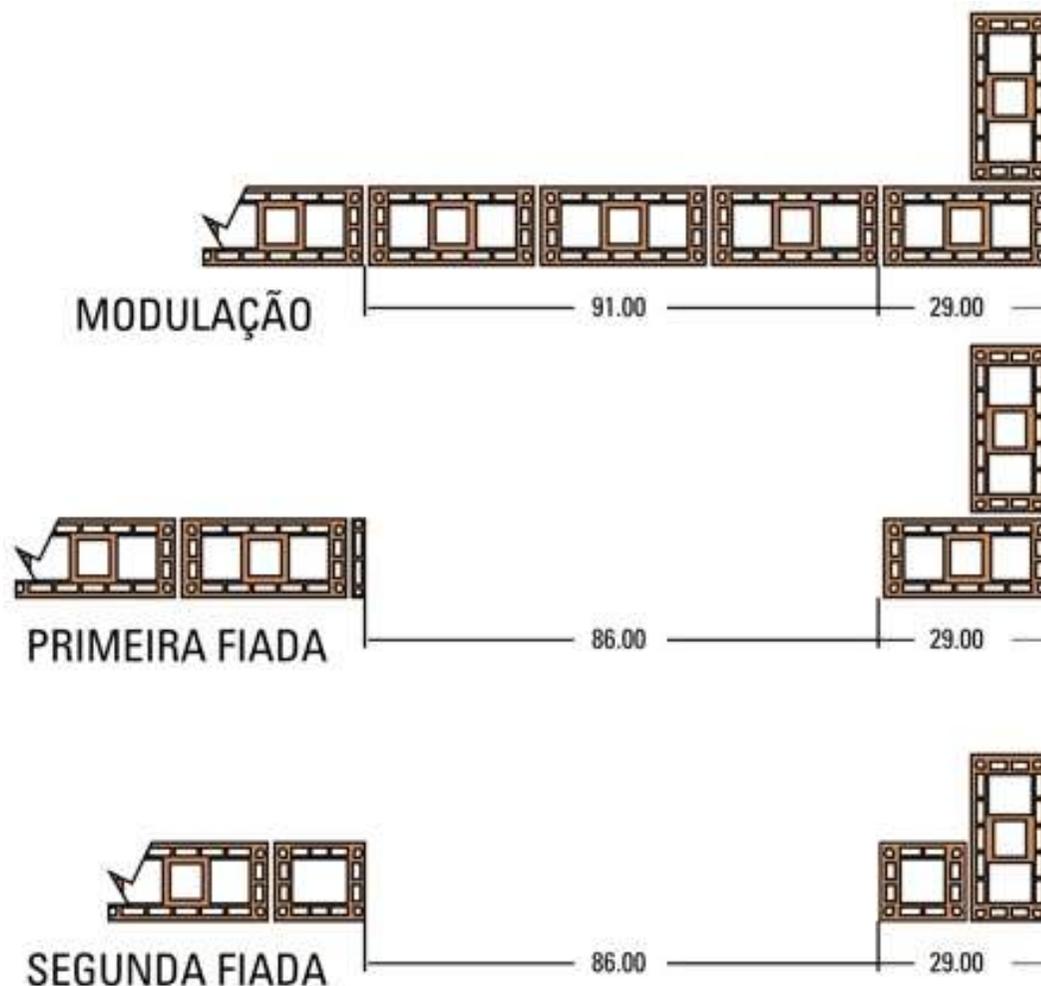
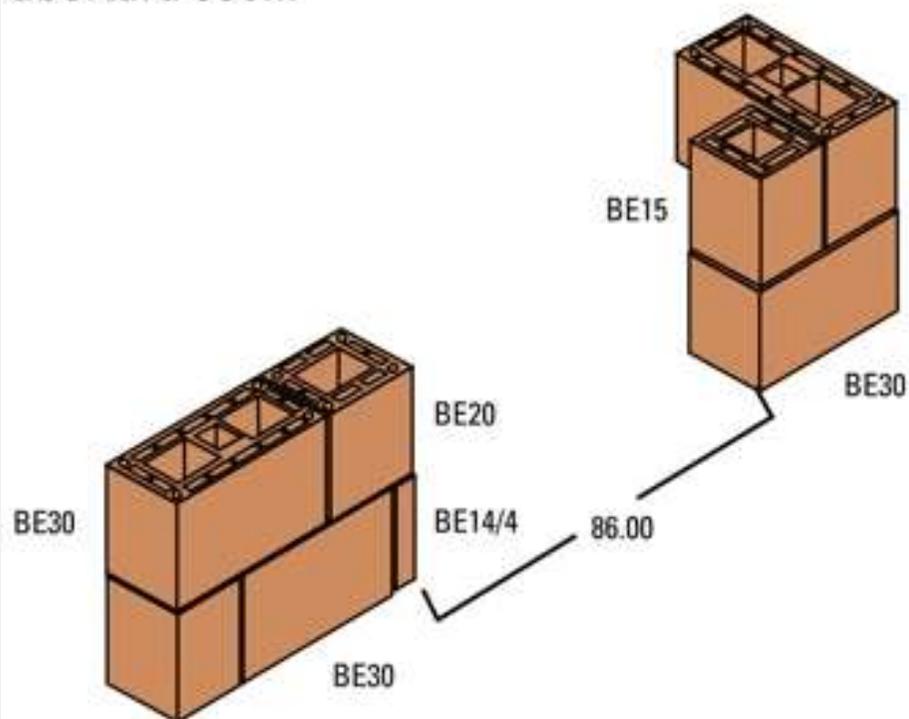
Fonte: www.grupoestrutural.com.br



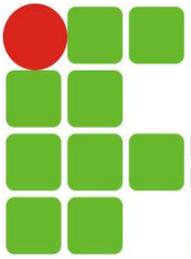
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

AJUSTE DE VÃOS DE PORTAS

AJUSTE DE PORTAS - BATENTE METÁLICO
PORTAS - VÃO LUZ 80cm
abertura 86cm

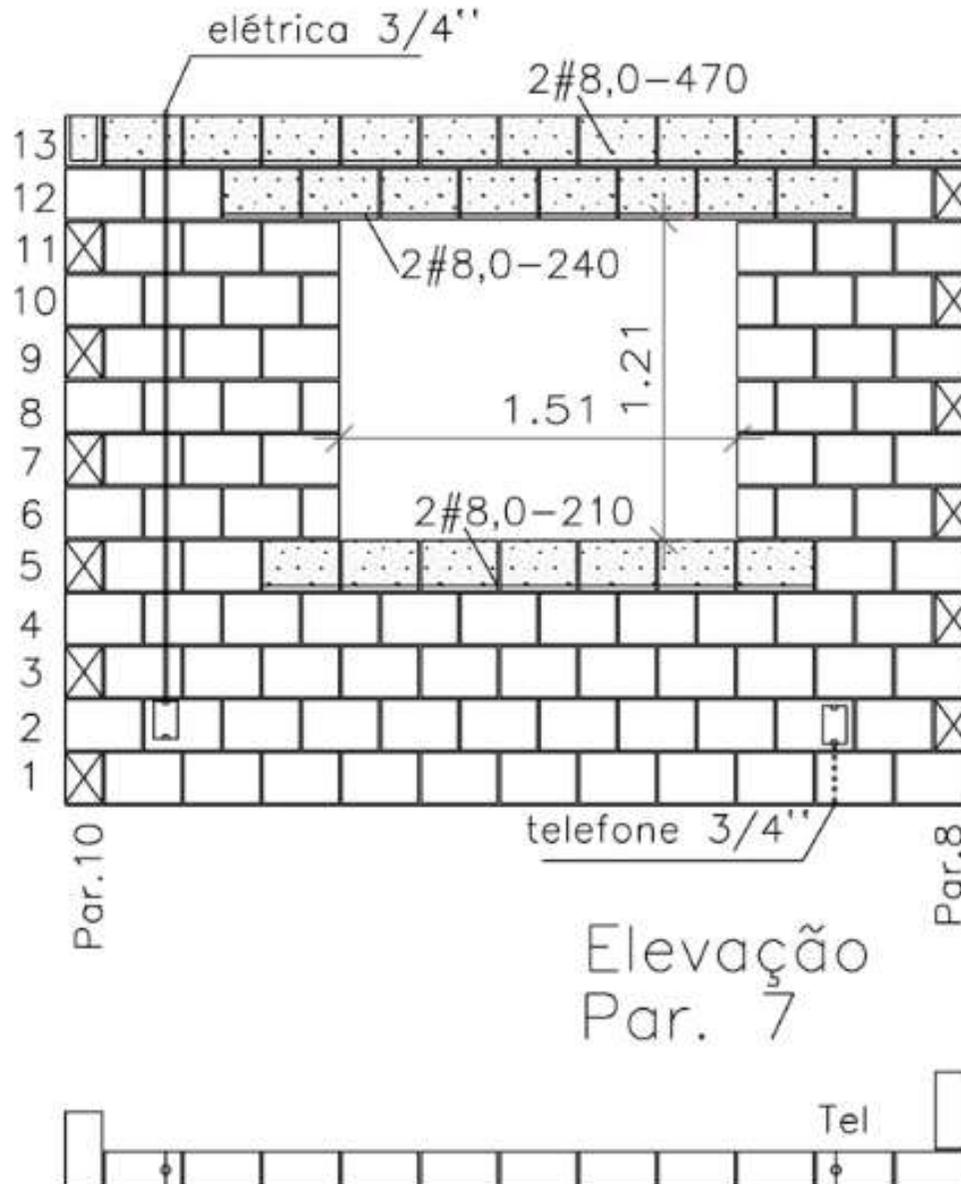


Fonte: www.grupoestrutural.com.br



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

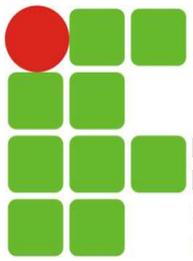
EXEMPLO DE MODULAÇÃO VERTICAL



LEGENDA E QUANTITATIVO

-  BE30 - 14x19x29 - 84 peças
-  BE15 - 14x19x14 - 6 peças
-  C30 - 14x19x29 - 27 peças
-  Parede que entra

Fonte: www.grupoestrutural.com.br

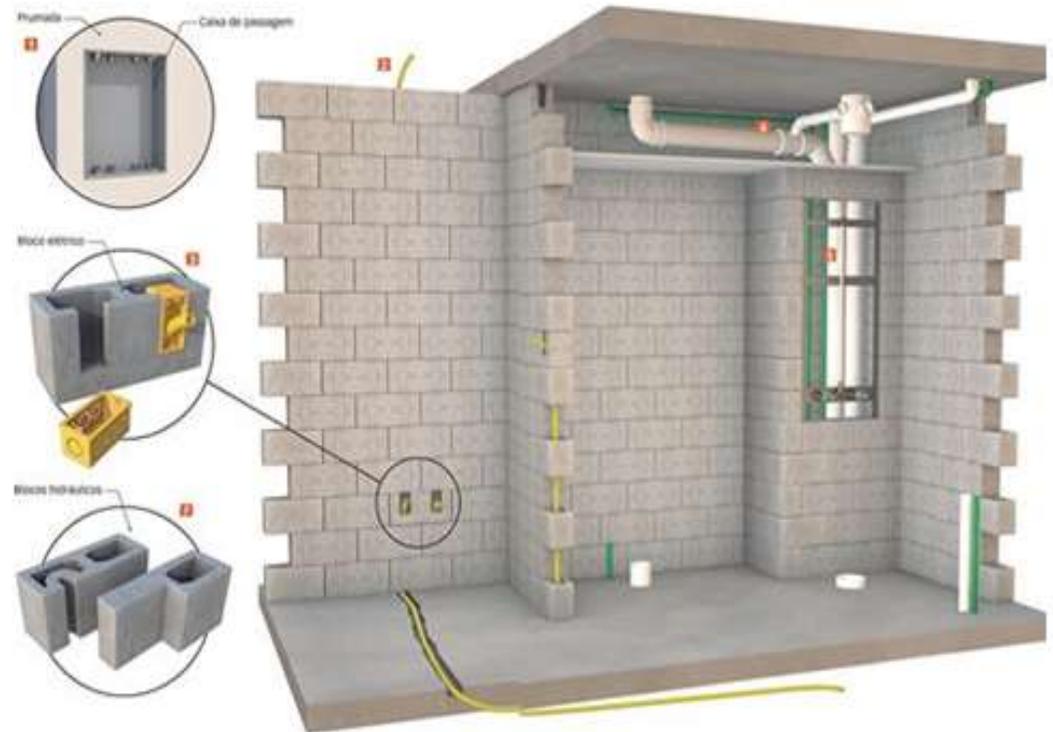


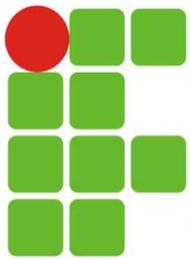
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

DETALHES CONSTRUTIVOS

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS:

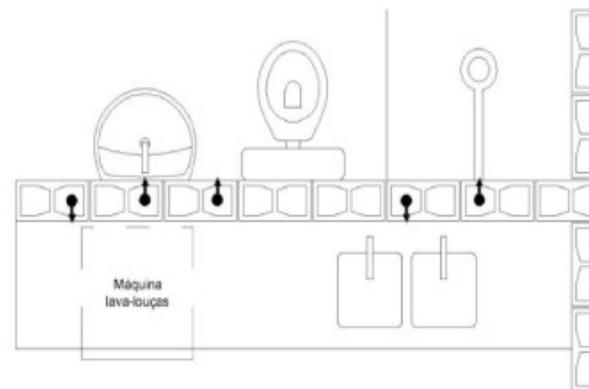
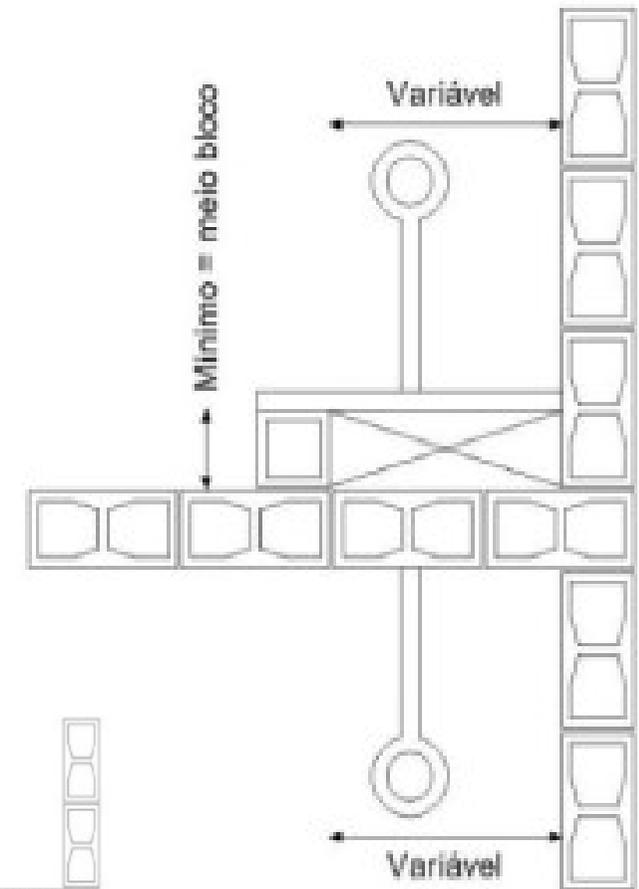
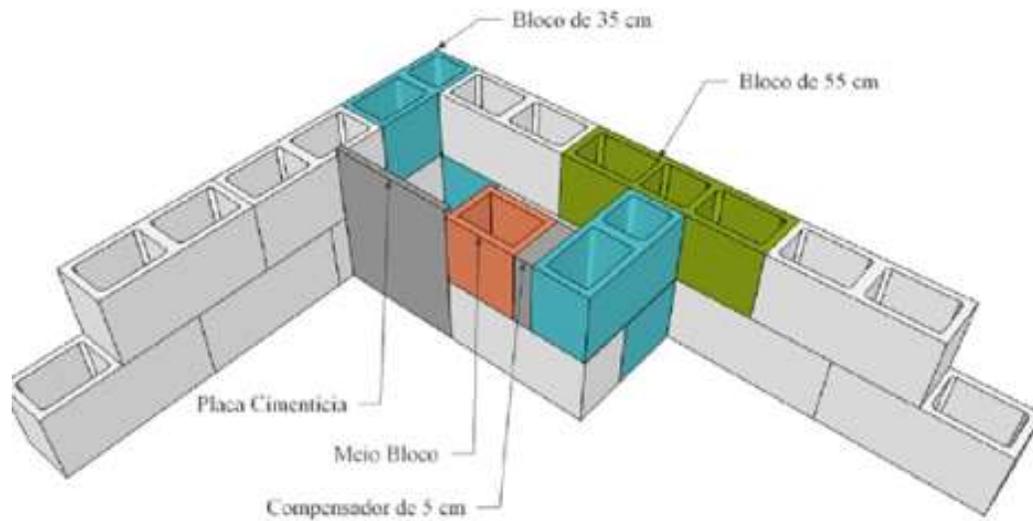
- Integração entre projetos de instalações sem rasgos em paredes para a execução das mesmas;
- Toda a instalação deve ser embutida na parede verticalmente, nos furos do bloco;
- Para instalações elétricas existem blocos especiais que já apresentam o recorte necessário para a instalação do ponto;
- Instalações hidrossanitárias devem ser agrupadas em paredes hidráulicas sem função estrutural, com tubulação passando nos furos dos blocos e uso de shafts.



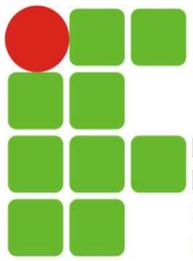


DETALHES CONSTRUTIVOS

SHAFTS



"Shaft" visitável por apenas um dos lados

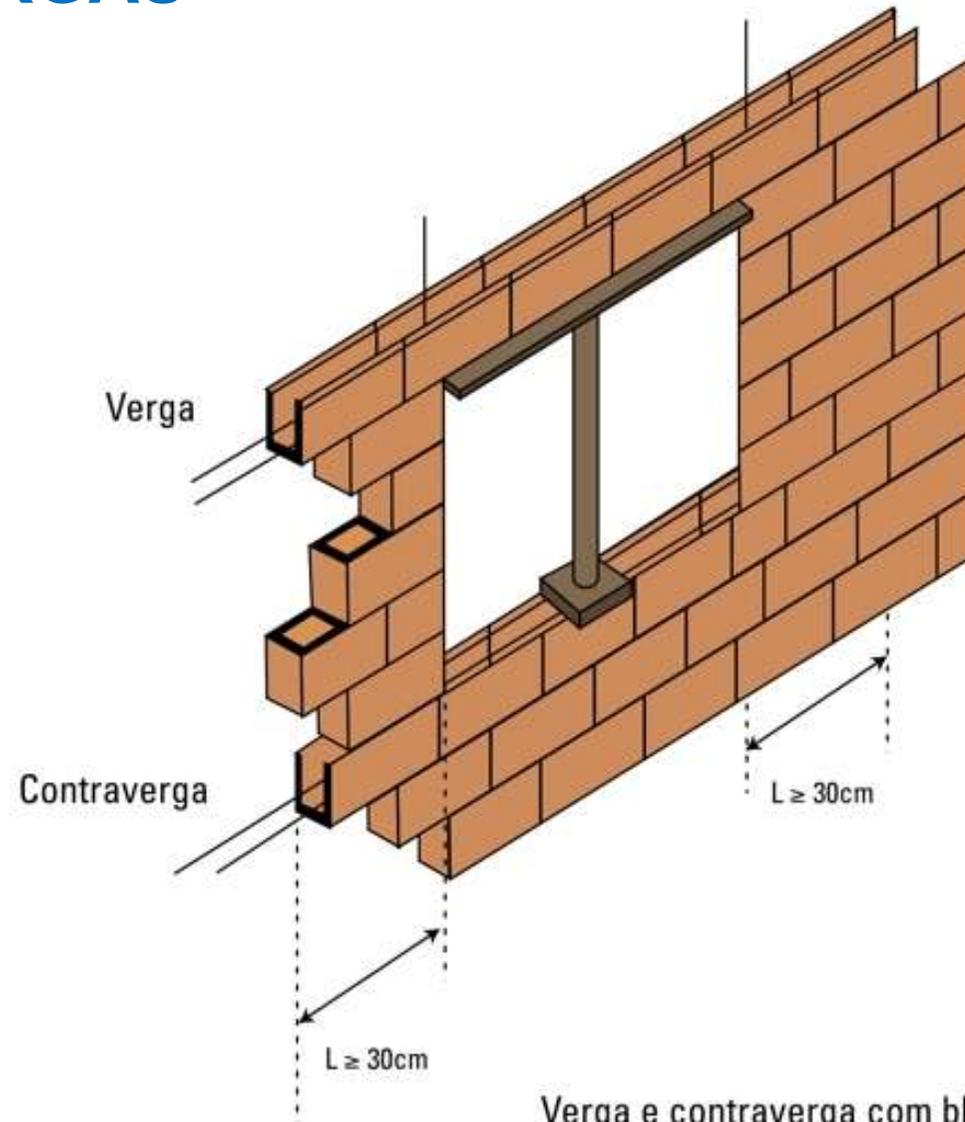


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

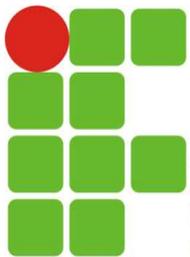
DETALHES CONSTRUTIVOS

VERGAS E CONTRAVERGAS

- Elementos que absorvem **esforços de tração** nos cantos de aberturas;
- Podem ser **blocos do tipo canaleta**, devidamente armados e grauteados ou **peças de concreto** armado moldadas in loco ou pré-fabricadas.



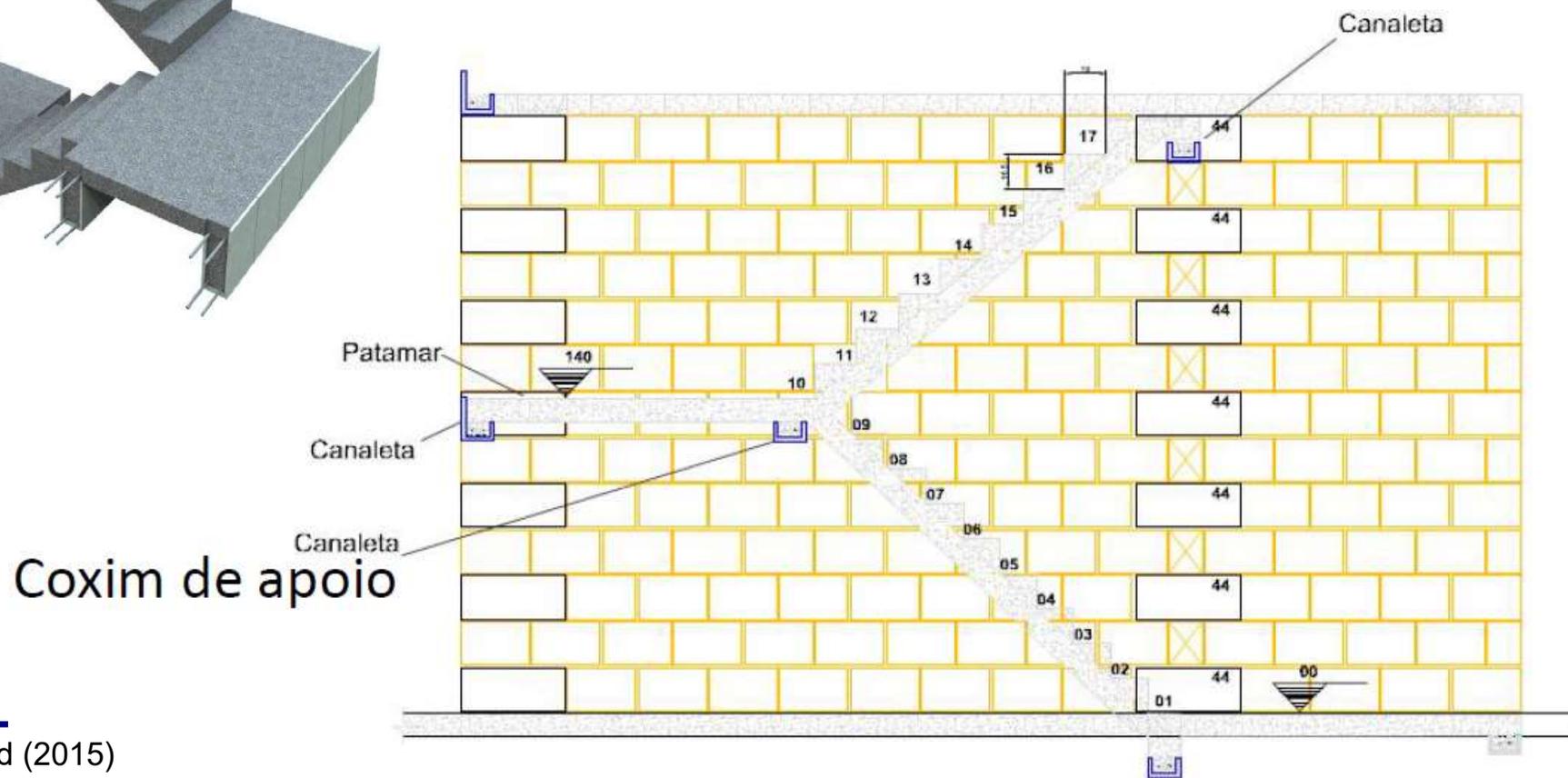
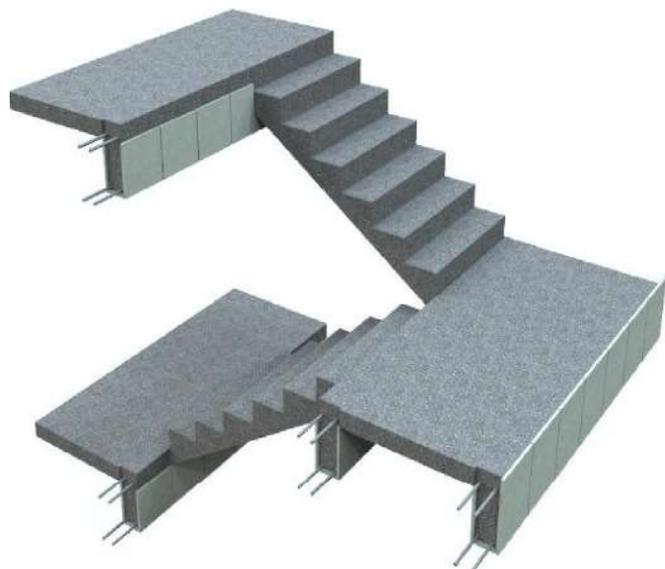
Verga e contra-verga com bloco canaleta

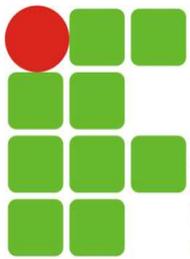


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

DETALHES CONSTRUTIVOS

ESCADA BIAPOIADA

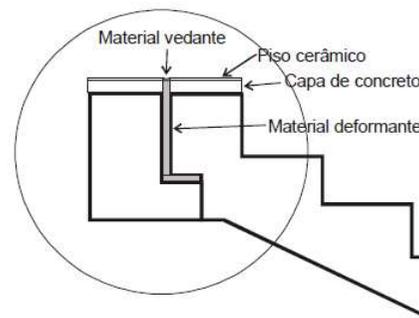
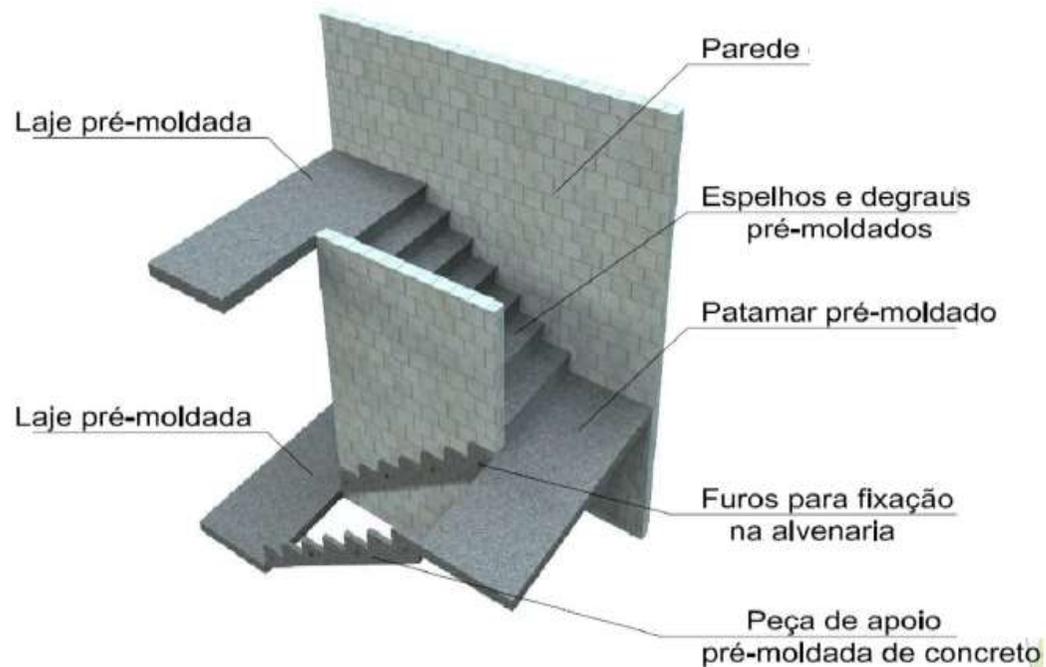


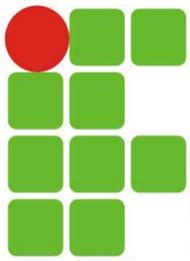


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

DETALHES CONSTRUTIVOS

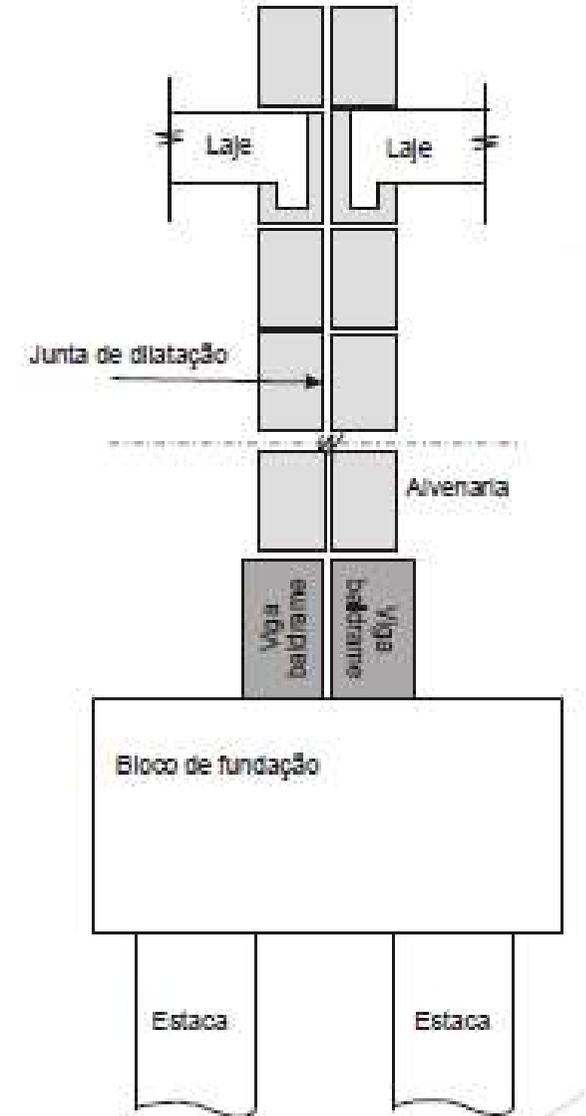
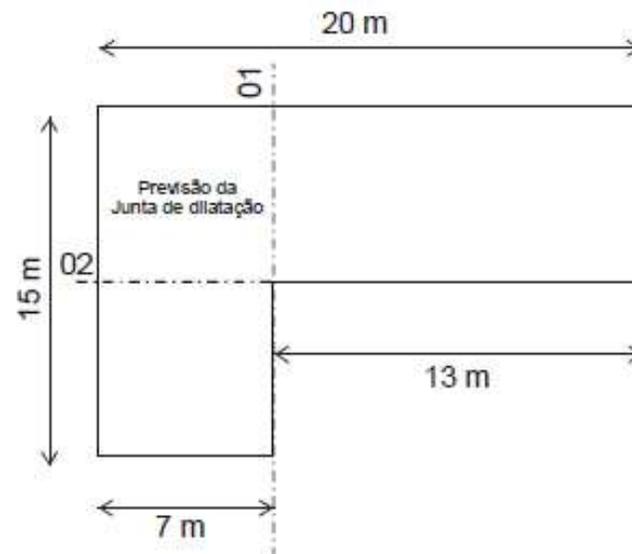
ESCADAS PRÉ-MOLDADAS

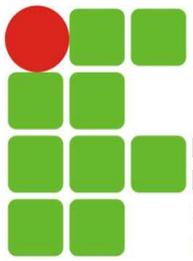




JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO

- NBR 15812-1 (2010) e NBR 15961-1 (2011): Deve ser prevista junta de dilatação **a cada 24 m** da edificação em planta.
- Devem ser previstas sempre que houver **mudanças de rigidez** que podem levar à separação de partes da edificação.
- A junta de dilatação deve ser **preenchida com material deformante** (ex: isopor) e suas extremidades devem ser **vedadas com material impermeável e elástico**



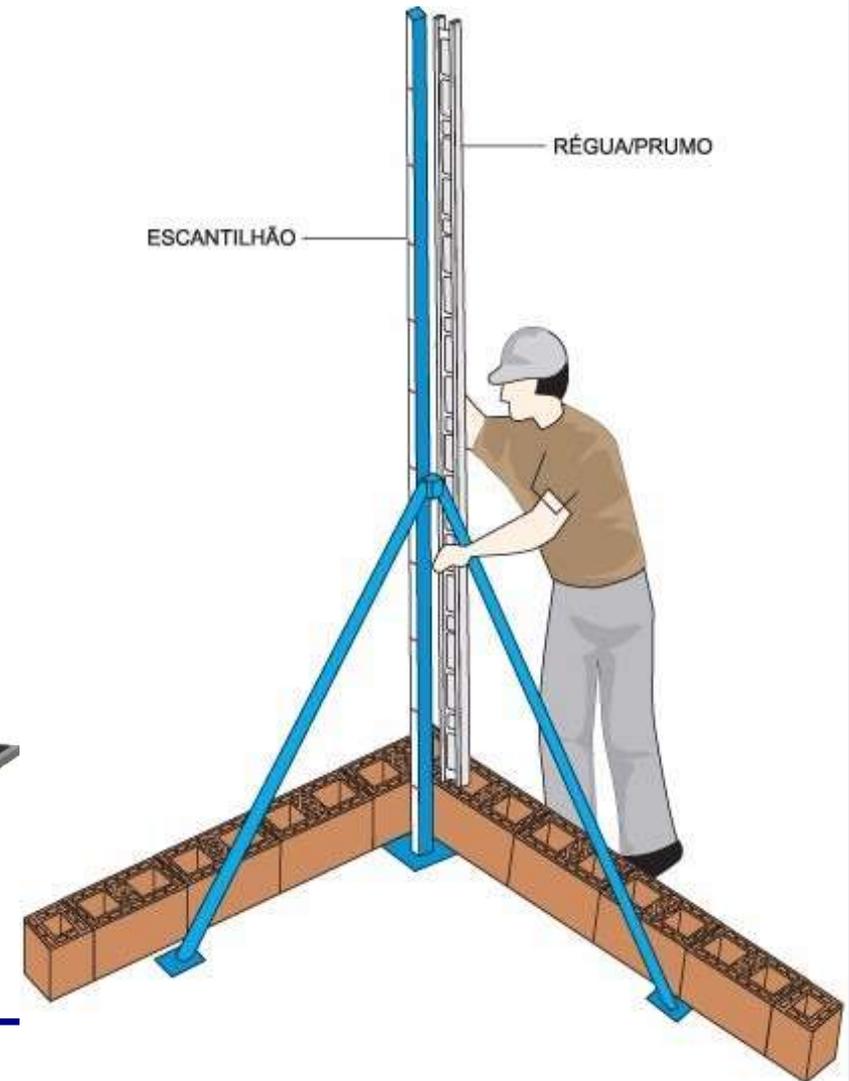


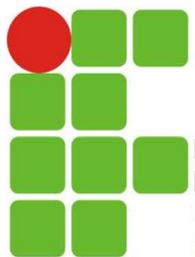
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

FERRAMENTAS

- **ESCANTILHÃO:** Utilizado para garantir o nível das fiadas, auxiliar no alinhamento e prumo das paredes;
- **TRANSPORTADOR DE BLOCOS E ARGAMASSA**





INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

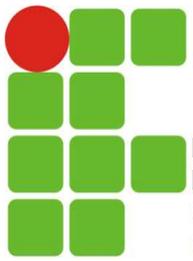
EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

FERRAMENTAS

- GABARITOS DE ESQUADRIAS
- ARGAMASSADEIRA
- ANDAIMES



<https://www.youtube.com/watch?v=cCJ6jppqSB3g>

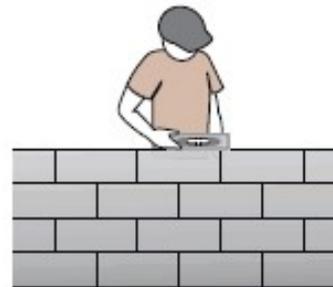


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

FERRAMENTAS

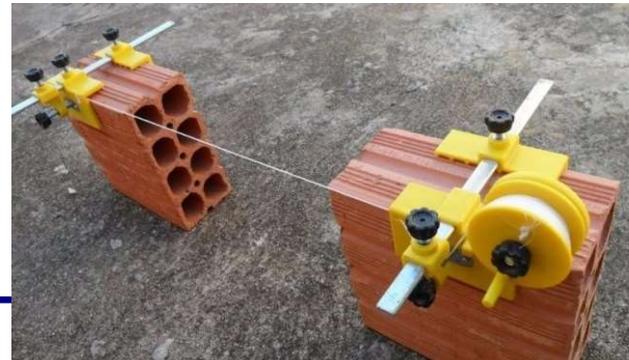
- APLICADORES DE ARGAMASSA (bismaga, meia cana)
- ESTICADOR DE LINHA
- NIVEL, RÉGUA E PRUMO

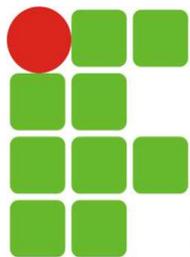


Nível



Prumo





INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

PLANEJAMENTO

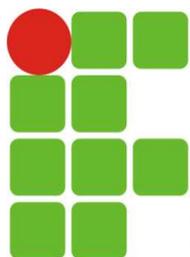
- Organização dos blocos por tipo;
- Composição das cargas de bloco para cada pavimento por dia de trabalho (geração de quantitativos no projeto);
- Iniciar o dia de trabalho abastecido e terminar com o abastecimento para o dia seguinte;
- Definição das tarefas de cada membro da equipe – maior produtividade;

EXECUÇÃO

- Assentamento de blocos estratégicos;
- Instalação dos escantilhões;
- Instalação de gabaritos de esquadrias;
- Umedecer a superfície para o assentamento dos blocos da primeira fiada
- **ELEVAÇÃO DA ALVENARIA:** controle de prumo, nível, alinhamento, planicidade;

<https://www.youtube.com/watch?v=AJktW-8WioQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=eidMvnO511M>



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

ARGAMASSA

Exigências:

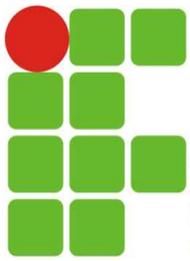
- **Consistência - 230 ± 10 mm (mesa de consistência)**
- **% Retenção de água > 75%**
- **Resistência limitada a 1,5 x a resistência do bloco**



Especificação ASTM C270

Tipo	Cim. Portland ou cimento com adição	Cal hidráulica ou leite de cal	Proporção de agregado
M	1	0,25	Maior que 2,25 e menor que 3 vezes a soma dos volumes de aglomerantes
S	1	0,25 a 0,50	
N	1	0,50 a 1,25	
O	1	1,25 a 2,25	

Os cordões de argamassa devem ser aplicados sobre os blocos numa extensão para assentar vários blocos desde que não perca água a ponto de prejudicar a aderência entre argamassa e bloco.



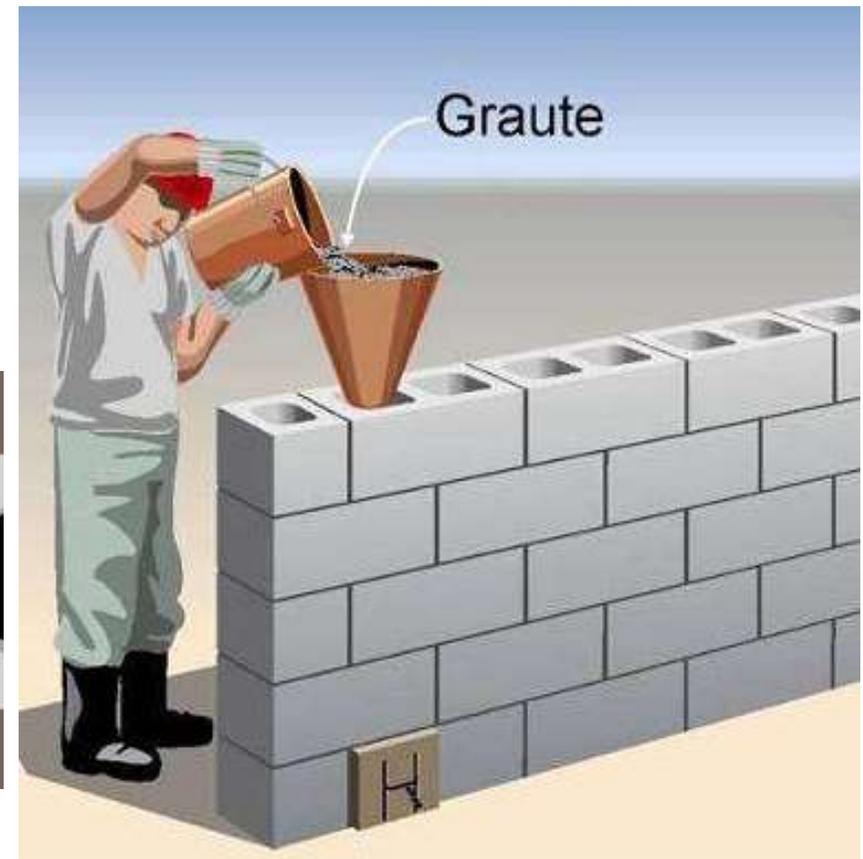
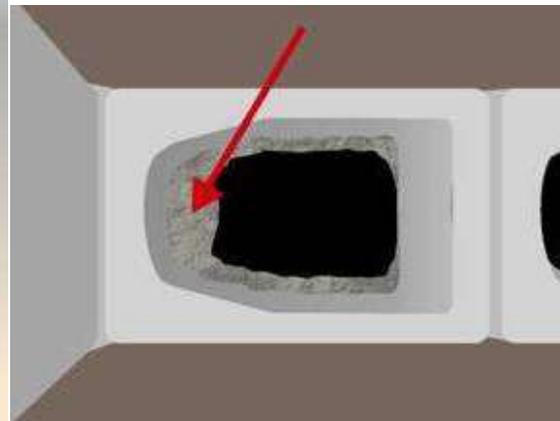
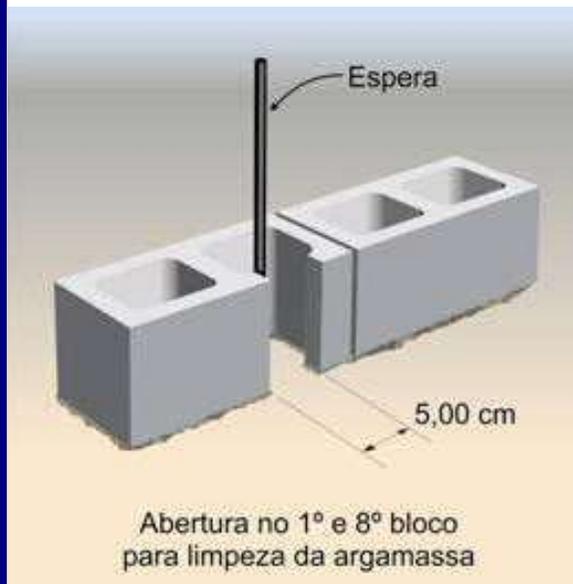
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

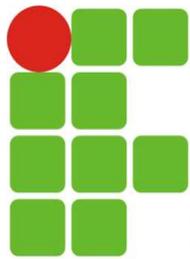
EXECUÇÃO DAS ALVENARIAS

GRAUTE

Proporções

Cimento: 1
Areia: 2 a 3
Pedrisco: 1 a 2





BIBLIOGRAFIA

- SALGADO, J. Técnicas e práticas construtivas para edificação. 3 ed. São Paulo: Érica, 2014.
- Apostila ABCP - Metodologia de execução - passo a passo para construir alvenarias de blocos vazados de concreto.
- <http://www.grupoestrutural.com.br/selecta/guia-tecnico/>