

Alvenaria Estrutural

Especialização em Engenharia de Estruturas

Sumário

1. Racionalização da Construção

1.1 Histórico da Alvenaria Estrutural e Definições Básicas

1.2 Materiais empregados na alvenaria estrutural

1.2.1 Cimento, cal, agregados e aço.

1.2.2 Blocos, argamassa de assentamento e goutes.

1.2.3 Paredes estruturais

1.3 - Produção e controle dos materiais empregados na alvenaria estrutural

1.3.1 - Produção de blocos, argamassas, goutes, e paredes estruturais.

1.3.2 - Controle de produção e de qualidade dos blocos, das argamassas, do groute, e das paredes.

1.4 Modulação

1.4.1 - Tipos de paredes e suas funções

1.4.2 - Modulações e Armação das paredes

1.5 Normalização

1.5.1 - As principais normas para Alvenaria estrutural:

- **NBR 15961/2011 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto**
 - Parte 1 – Projeto
 - Parte 2 – Execução e controle de obras
- **NBR 15812/2010 – Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos.**
 - Parte 1: Projetos
 - Parte 2: Execução e controle de obras
- NBR 6136/2006 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos
- NBR 8215/1983 – Prisma de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão

2. Projeto e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural

2.1 - Concepção geral e geometria do sistema estrutural.

- 2.2 - Análise de estabilidade
- 2.3 - Esforços solicitantes - Cálculo estático
- 2.4 - Dimensionamento
- 2.5 – Detalhamento

3. Execução e Patologia das paredes estruturais

- 3.1 - Assentamento do bloco (nível e prumo), vergas, etc.
- 3.2 - Identificação das causas
 - Fissuração das Paredes Estruturais;
 - Penetração de água nas Paredes, através das juntas de assentamento;
- 3.3 - Prevenção e reparos

REFERÊNCIAS

ANEXOS

Objetivo do Curso

Dar, aos engenheiros, e arquitetos, informações básicas e suficientes para projetar, coordenar e fiscalizar obras em Alvenaria Estrutural.

1. RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

1.1 - Histórico da Alvenaria Estrutural e Definições Básicas

Conceituação

- Processo construtivo com grande POTENCIAL DE RACIONALIZAÇÃO
- Simplicidade de ORGANIZAÇÃO e execução do Processo
- RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA – aplicação mais eficiente dos recursos em todas as atividades desenvolvidas para a construção do edifício.

O emprego das alvenarias pelo homem deriva num primeiro momento do **empilhamento de rochas** fragmentadas e, num segundo momento, dos muros de pedras. Muitas **construções milenares**, dos egípcios e dos romanos particularmente, permanecem até hoje como testemunhos vivos da história da humanidade e da própria história das alvenarias, como as pirâmides do Egito, onde, na figura 1.1.1, destaca-se a de Quéfren.

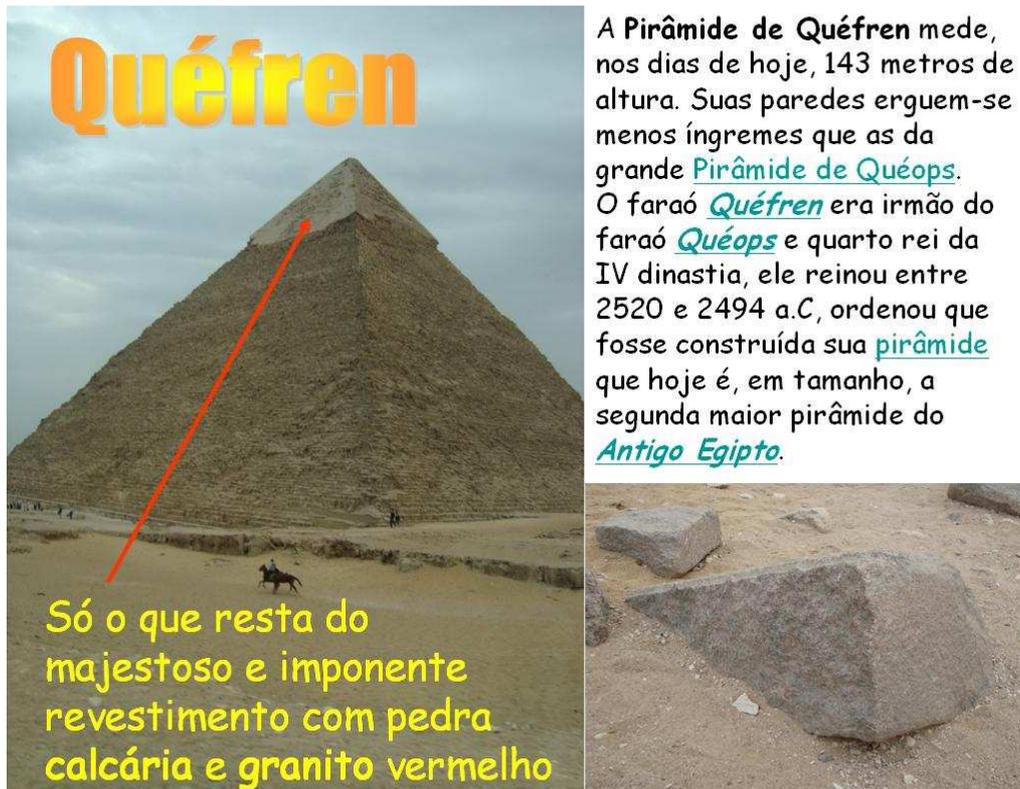


Figura 1.1.1. Pirâmide de Quéfren – Cairo - Egito.

A alvenaria foi utilizada pelas civilizações **assírias e persas** desde 10.000 a.C., sendo empregados tijolos queimados ao sol.

Por volta de 3.000 a.C. já estavam sendo utilizados tijolos de barro queimados em fornos.

Entre os séculos XIX e XX, obras de maior porte foram construídas em alvenaria com base em modelos mais racionais, servindo como exemplo **clássico o edifício "Monadnock"** – **figura 1.1.2**, construído em Chicago entre 1889 e 1891 com 16 pavimentos e 65 metros de altura, cujas paredes inferiores possuíam 1,80m de espessura.



Figura 1.1.2. Fonte: Associação Brasileira da Construção Industrializada (1990)

Até hoje os edifícios de alvenaria tanto na Europa como nos Estados Unidos variam de **12 a 22 pavimentos**. O limite teórico para o sistema está entre 30 e 40 pavimentos, dependendo muito do material.

Se o Monadnock fosse erguido hoje ele possuiria paredes de 30 cm na sua base.

A partir do início deste século, com o **advento do concreto e do aço**, que possibilitaram a construção de **estruturas esbeltas e de grande altura**, a alvenaria ficou relegada a construções de pequeno porte ou sendo utilizada somente como elemento de fechamento. Neste período, a alvenaria estrutural não foi tratada na forma de um sistema construtivo técnico como as construções de aço e de concreto (figura 1.1.3). Em conseqüência, as pesquisas e o desenvolvimento da alvenaria estagnaram.

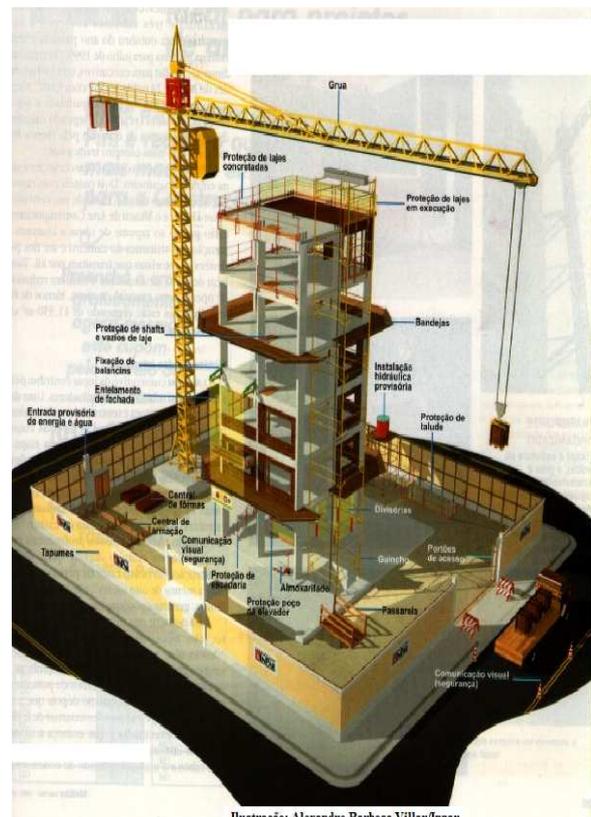


Ilustração: Alexandre Barbosa Villar/Inpar

Figura 1.1.3 – Estrutura convencional de Concreto

Em 1951, o engenheiro suíço Paul Haller dimensionou e construiu na Basileia um edifício de 13 pavimentos em alvenaria não armada.

Este edifício é considerado como um **marco da alvenaria estrutural não armada**. A partir desse período, as pesquisas sobre o comportamento estrutural da alvenaria foram retomadas.

Em 1967 foi realizado o primeiro Congresso Internacional sobre o tema, em Austin, Texas.

No Brasil, os primeiros prédios em alvenaria armada foram construídos em São Paulo, o Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”, em 1966.

Em 1972 foram construídos quatro edifícios de 12 pavimentos no mesmo conjunto – Figura 1.1.4.

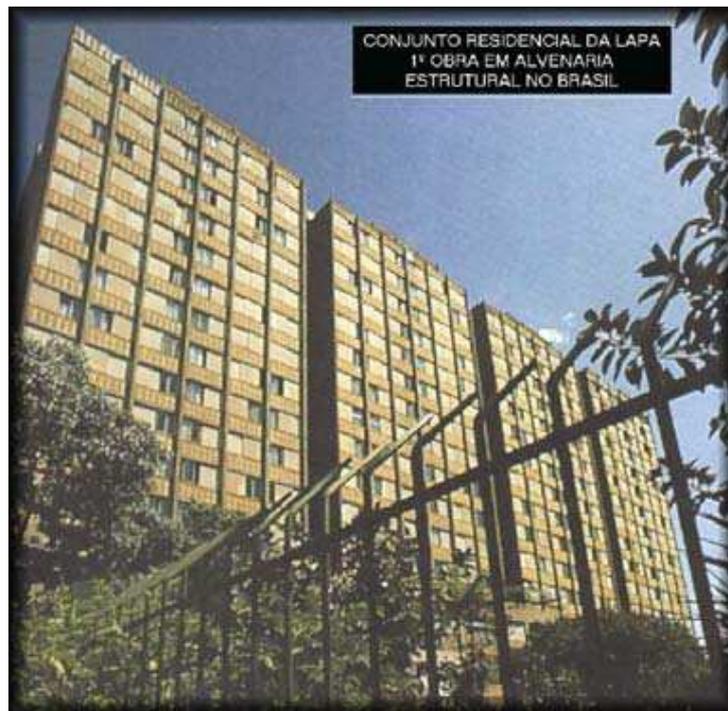


Figura 1.1.4 – Conjunto Residencial da Lapa - 1972

A alvenaria estrutural não armada foi inaugurada no Brasil no ano de 1977, com a construção em São Paulo de um edifício de nove pavimentos em blocos sílico-calcário – figura 1.5..

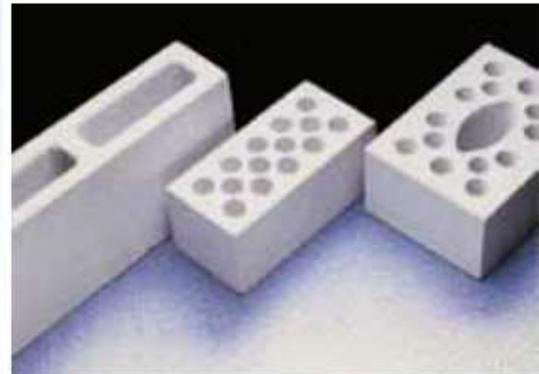
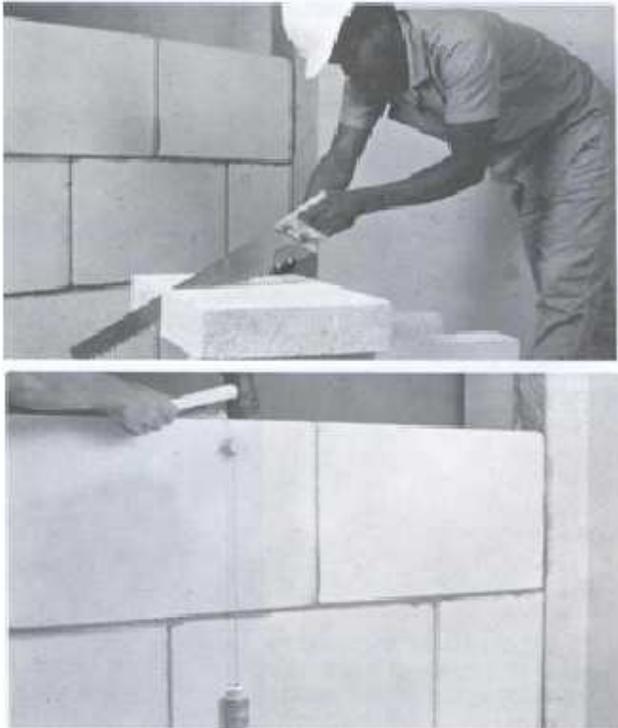


Figura 1.1.5 - Bloco sílico-calcário

O início da **década de 80** marca a introdução dos **blocos cerâmicos** na **alvenaria estrutural** – **Figura 1.1.6.**

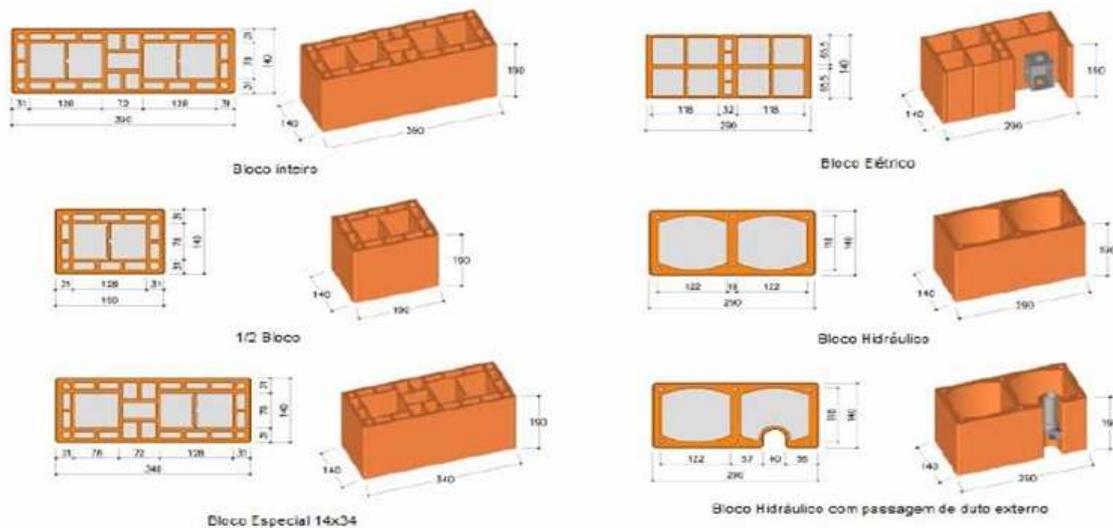


Figura 1.1.6 – Blocos cerâmicos

Em 1989 foi editada uma norma nacional, a **NB-1228**, atual **NBR-10837** - Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, que trata do cálculo da alvenaria estrutural, armada ou não armada, de blocos vazados de concreto.

Em 1990 a crescente conscientização de que poderíamos aperfeiçoar a alvenaria estrutural, buscando conseguir um perfeito resultado final para a obra com a tradicional **redução de custos** que este sistema alcança.

A Encol, com as consultorias da Tecsof (São Carlos) e Wendler Projetos (Campinas) na área de estruturas, resultou um método construtivo em alvenaria não armada para até 08 pavimentos, depois estendida até 10 pavimentos – Figura 1.1.7.



Figura 1.1.7 – Conjunto de Alvenaria não Armada - prédios com 8 pavimentos

Estado Atual

Prédios usuais (o tradicional H), pode-se considerar alguns limites médios
:

- alvenaria não armada com paredes amarradas : **8 pav**
- alvenaria estrutural com Fbk de 8 Mpa : **10 pav**
- alvenaria estrutural com Fbk de 12 Mpa : **13 pav**
- alvenaria estrutural com Fbk de 15 Mpa : **18 pav**
- limite do aparecimento de tensões de tração : **11 a 12 pavimentos**
- limite com paredes de blocos com 14 cm : **17 a 20 pavimentos**



Figura 1.1.8 – Edifícios com mais de 8 pavimentos.

O edifício mais alto em alvenaria estrutural é o Hotel Excalibur, situado em Las Vegas, EUA, mostrado na Figura 11. As torres principais possuem 28 pavimentos e as paredes estruturais foram construídas em alvenaria armada de blocos de concreto, tendo aproximadamente 28 MPa de resistência à compressão, especificada na base (AMRHEIN, 1998 *apud* RAMALHO e CORRÊA, 2003).



Figura 11: Hotel Excalibur, Las Vegas (EUA)
Fonte: <http://www.flickr.com>



1.1.1 Definições Básicas

Concepção Geral/ Vantagens e Desvantagens

1. Alvenaria armada ou não-armada

Segundo a ABNT (NBR-10837 item 3.4), **alvenaria estrutural não-armada** de blocos vazados de concreto é

“aquela construída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, e que contém armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, não sendo esta última considerada na absorção dos esforços calculados”.

2. Alvenaria estrutural armada (NBR:10837 – item 3.5) de blocos vazados de concreto, segundo a mesma referência, é

“aquela construída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, na qual certas cavidades são preenchidas continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração”.

3. Alvenaria Parcialmente Armada (NBR: 10837 – item 3.6) de Blocos vazados de concreto é

“aquela em que algumas paredes são construídas segundo as recomendações da alvenaria armada, com blocos vazados de

concreto, assentados com argamassa, e que contém armaduras localizadas em algumas cavidades, preenchidas com graute, para resistir aos esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração”.

Vantagens e Desvantagens

Principais vantagens

ECONOMIA - Os números são muito variáveis, mas ficam entre 15 e 20 % do custo da estrutura da obra.

- Fatores que levam a esta economia:
 - redução das formas,
 - redução do número de especialidades de mão-de-obra,
 - redução dos revestimentos,
 - redução da armação,
 - redução de desperdícios.

RAPIDEZ - A obra de alvenaria é mais rápida, limpa e segura

RACIONALIZAÇÃO - O sistema construtivo induz a

- racionalização de uma série de outras atividades como por exemplo as instalações elétricas e hidráulicas
- Menor diversidade de materiais
- Facilidade de controle
- Eliminação de interferências

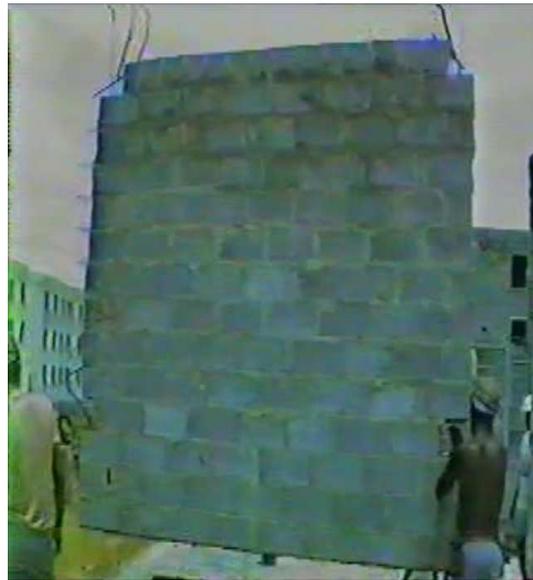


Figura 1.1.9 – Parede executada no canteiro e transporte com guindaste

- **Distribuição das cargas no solo** – mais uniforme



Figura 1.1.10 – Estaqueamento – distribuição uniforme de carga

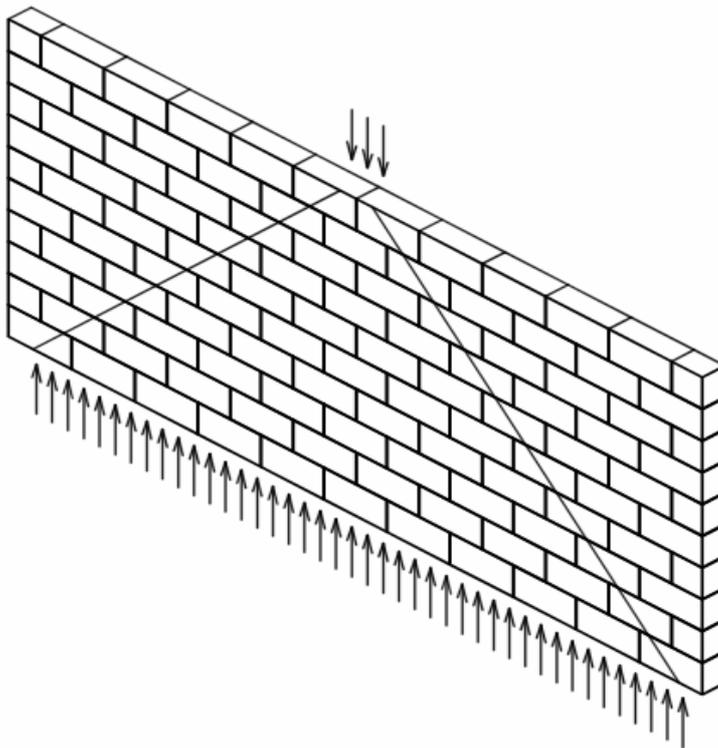


Figura 1.1.11 – Carga distribuída no solo através da parede

Principais Desvantagens

- Impede a execução de reformas que alterem a disposição das paredes estruturais.
- A concepção estrutural pode acabar condicionando o projeto arquitetônico.
- A alvenaria não admite improvisações do tipo:
 - “depois tira na massa”
 - “Faz e quebra”
 - “na obra a gente vê o que faz”

Condições Necessárias

- PROJETO bem estudado e elaborado;
- MATERIAIS com qualidade assegurada;
- Mão-de-obra TREINADA e supervisionada;
- Obra organizada e PLANEJADA.

Principais Cuidados

- **Treinamento da mão de obra e cuidados extras de fiscalização.** A alvenaria estrutural exige uma execução bem mais cuidadosa.
- Interação entre os projetistas (arquitetura, estrutura e instalações).
- Para atingirmos uma maior economia devemos **coordenar os projetos desde o seu início**

Iteração – Equalização de Projeto

O projeto de alvenaria pressupõe a integração perfeita entre todos os projetos que passam a forma um só projeto sob a coordenação preferencial de profissionais habilitados.



Figura 1.1.12 – Reunião para equalização de projetos

Principais Parâmetros a Serem Considerados para Adoção do Sistema

- **Casos usuais** – acréscimo de custo para a produção da Alvenaria Estrutural compensa com folga a economia que se obtém com a retirada dos pilares e vigas.

Necessário observar alguns detalhes importantes para que a situação não se inverta:

a) Altura da Edificação

- Resistência dos blocos
- Aumento significativo do número de furos grauteados (esforços horizontais)

b) Arranjo Arquitetônico

- Densidade de paredes (0,5 a 0,7 m de paredes estruturais por m²)

c) Tipo de uso

Definições Preliminares

- **Recomenda-se o uso da alvenaria não-armada** sempre que possível, pois não se têm sismos no país, tomando o cuidado de não apenas absorver a tradição americana.
- É consenso entre construtores que um edifício em alvenaria estrutural não-armada pode ficar mais econômico que o mesmo executado em estrutura convencional.
- A armação de paredes é sempre necessária quando as tensões de tração superam os valores admissíveis indicados na ABNT (NBR:10837 – item 5.3), que são relativamente baixas.
- Em geral, as armaduras são utilizadas nos prédios mais elevados, onde as ações horizontais provenientes do vento e do desaprumo são mais significativas.

2. Materiais empregados na alvenaria estrutural

2.1 - Cimento, cal, agregados e aço.

2.2 - Blocos, argamassa de assentamento e groutes.

2.3 - Paredes

2.1 - Cimento, cal, agregados e aço.

2.1.1 Cimento

Produção de Cimento Portland (via seca)

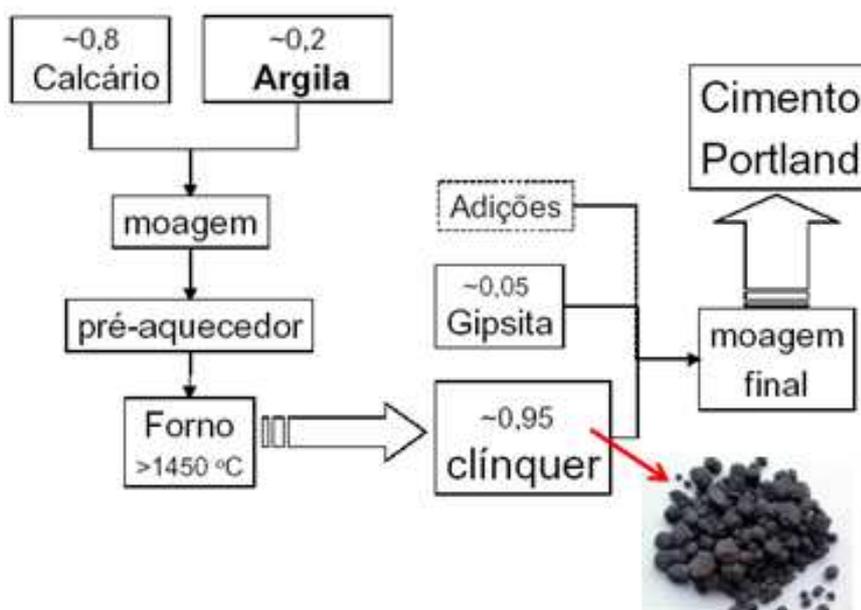


Figura 1.2.1 – Produção do cimento Portland – via seca

Os cimentos portland normalizados são designados pela sigla e pela classe de resistência – tabela 1.2.1.

A sigla corresponde ao prefixo CP acrescido do algarismo romano I, II, até V sendo as classes de resistências indicadas pelos números 25, 32 e 40.

As classes de resistência apontam os valores mínimos de resistência à compressão (expressos em megapascal – MPa – Tabela 1.2.3), garantidos pelos fabricantes, após 28 dias de cura.

Tabela 1.2.1 - Nomenclatura dos cimentos portland em 1997

Nome Técnico		Sigla	Classe	Identificação do tipo e classe
Cimento portland comum (NBR 5732)	Cimento portland comum	CP I	25	CP I-25
			32	CP I-32
			40	CP I-40
	Cimento Portland com adição	CP I-S	25	CP I-S-25
			32	CP I-S-32
			40	CP I-S-40
Cimento portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com escória	CP II-E	25	CP II-E-25
			32	CP II-E-32
			40	CP II-E-40
	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z	25	CP II-Z-25
			32	CP II-Z-32
			40	CP II-Z-40
	Cimento portland composto com filer	CP II-F	25	CP II-F-25
			32	CP II-F-32
			40	CP II-F-40

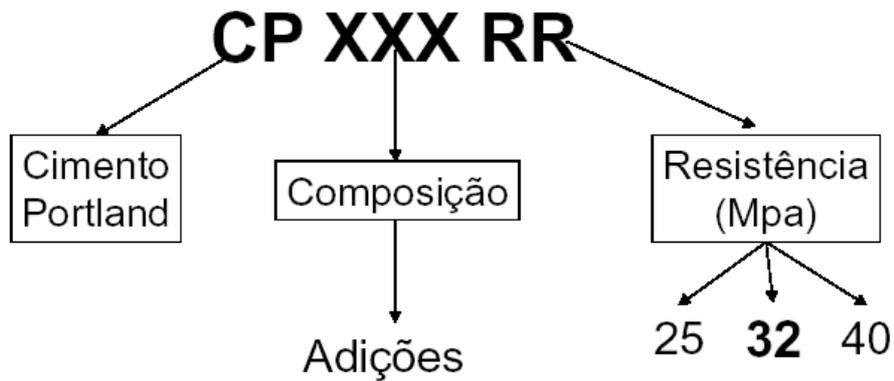
Tabela 1.2.2 - Composição do Cimento

Cimento Portland (ABNT)	Tipo	Clinker + Gesso (%)	Escória Siderúrgica (%)	Material pozolânico (%)	Calcário (%)
CPI	Comum	100	-	-	-
CPI – S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CPII – E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CPII – Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CPII – F	Composto	90-94	-	-	6-10
CPIII	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CPIV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CPV - ARI	Alta Resistência Inicial	95-100	-	-	0-5

Tabela 1.2.3 - Classes do Cimento em função da Resistência mecânica

Classe de Resistência (MPa)	Idade (dias)				
	1	3	7	28	90*
25		8	15	25	32
32		10	20	32	40
40		15	25	40	48
ARI	14	24	34		

Especificação



ex: CP II E 32

Figura 1.2.2 – Especificação do Cimento

Embalagens de Cimento com especificações recomendadas



Figura 1.2.3 – Embalagens de cimento

2.1.2 Cal

A cal é um aglomerante simples resultante da calcinação de rochas calcárias ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} \cdot \text{CO}_2$) eo fluxo de sua produção se dá conforme apresentado na figura 1.2.4.

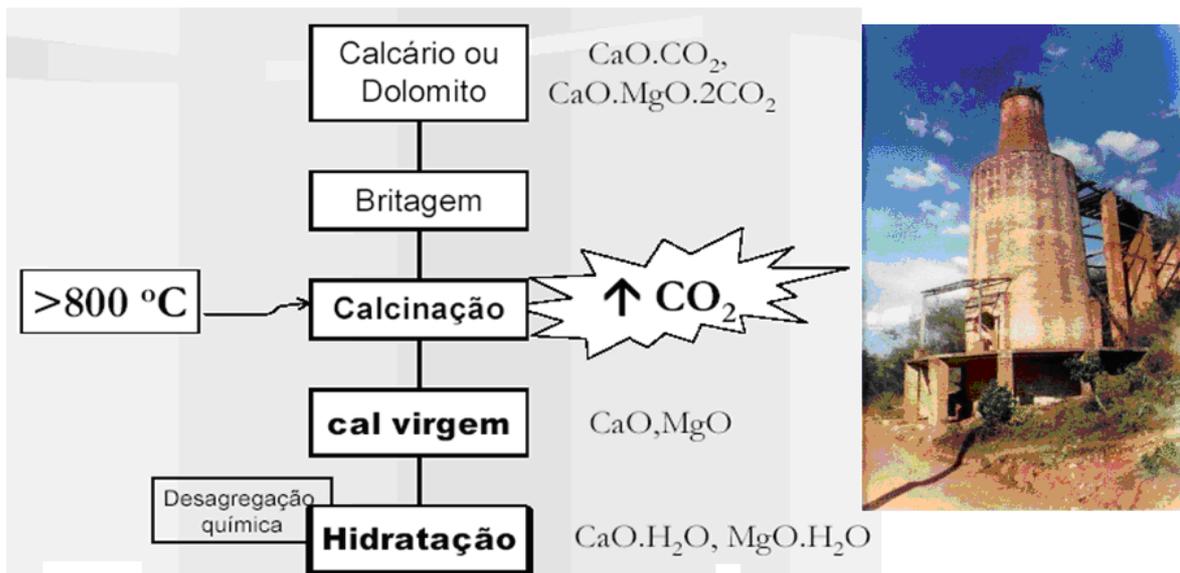


Figura 1.2.4 – Fluxograma da Produção da Cal e Forno para Calcinação do Calcário



$\text{CaCO}_3 \Rightarrow$ carbonato de cálcio (rocha calcária)

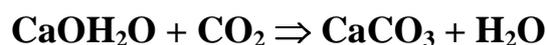
Calor \Rightarrow aquecimento entre 800°C e 1200°C (calcinação)

$\text{CaO} \Rightarrow$ Óxido de Cálcio (Cal Viva / virgem) – pedras com dimensões médias de 15cm (ainda não é a cal aglomerante usada nas construções)

Para se obter a cal, utilizada nas construções, é necessário fazer a hidratação ou extinção da cal viva.

Endurecimento da Cal (Carbonatação)

O processo de cura ou endurecimento da pasta consiste em fazê-la retornar a rocha calcária original. Esse fenômeno ocorre segundo a reação química abaixo:



Esta é a chamada reação de carbonatação que ocorre com a absorção de gás carbônico do ar e liberação de água.

O CO_2 é obtido do ar, daí a denominação **CAL AÉREA**

O endurecimento ocorre de fora para dentro e muito lentamente

A porosidade tem grande influencia no processo de secagem quanto mais porosa a pasta mais rápida a secagem (*nas argamassas a areia aumenta a porosidade do conjunto*).

Vantagens e Desvantagens da Cal virgem e da cal hidratada

Cal Virgem	Cal Hidratada
Vantagens: mais barata	Vantagens: <ul style="list-style-type: none">• Elimina tarefas de extinção na obra• Menores espaços e problemas para armazenamento• Material chega a obra pronto para ser consumido
Desvantagens: <ul style="list-style-type: none">• espaço para hidratação e armazenamento na obra• Processo de hidratação libera calor e pode ser perigoso• Possibilidade de hidratação indesejada (chuva, umidade excessiva)	Desvantagens: mais caro

2.1.3 Agregados

De maneira geral, os agregados podem ser classificados quanto à:

- a) origem

b) dimensões

c) massa unitária

a) **Quanto à origem, podem ser:**

naturais: já encontrados na natureza sob a forma definitiva de utilização (areia de rio, seixo rolado, pedregulho, etc);

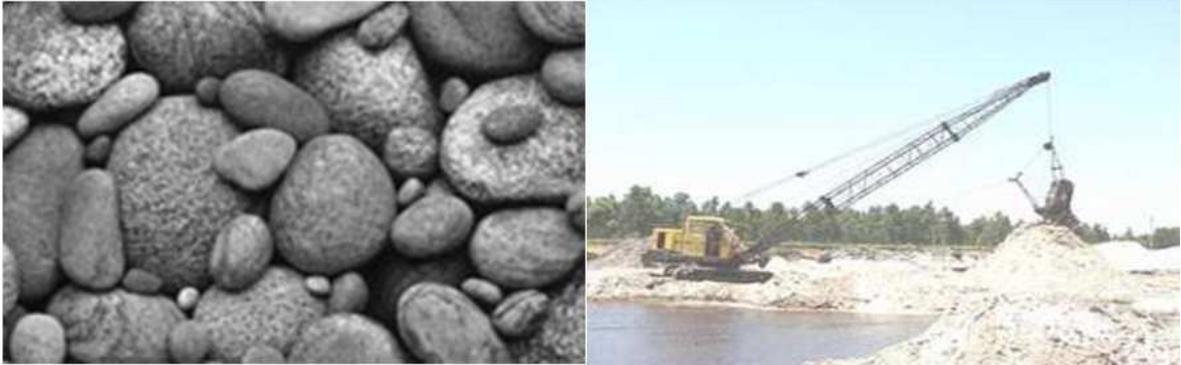


Figura 1.2.5 – Seixo rolado e extração de areia

artificiais: são os que necessitam de modificação da textura para chegar à condição necessária e apropriada ao seu uso.



Figura 1.2.6 - Pedreira

Entre os mais utilizados estão os basaltos, granitos, calcários, sílex, arenitos, quartzitos e gnaisses.



Figura 1.2.7 – Rochas que dão origem aos agregados artificiais.

b) Quanto a granulometria – tamanho das partículas: a granulometria deve satisfazer a NBR 7217/87

Agregado miúdo: Areia de origem natural ou resultante de britamento de rochas estáveis, cujos grãos passam pela peneira 4,8 mm e ficam retidos na peneira 0,075 mm (75 μ m). Sua classificação consta da tabela 1.2.4.

Tabela 1.2.4 – Classificação dos agregados miúdos

Nomenclatura	Dimensões dos grãos
Pedrisco	0 a 4,8 mm
Areia muito fina	0,15 a 0,6mm
Areia fina	0,6 a 1,2mm
Areia média	1,2 a 2,4 mm
Areia grossa	2,4 a 4,8 mm

■ **Areia fina**



■ **Areia média**



■ **Areia grossa**



Figura 1.2.8 – Classificação visual dos agregados miúdos naturais - areias: fina, média e grossa.



Pedrisco artificial

Fabricação de pisos, blocos de concreto com função estrutural, manilhas, lajes pré-fabricadas, massa asfáltica, micro pavimento tratamentos de ruas, avenidas e estradas vicinais.

Pedrisco natural



Figura 1.2.9 – Classificação visual do pedrisco natural e artificial

Agregado graúdo: Materiais granulares provenientes de rochas, comprovadamente inertes e de características semelhantes, cujos grãos passam na peneira de malha com abertura nominal de 152 mm e ficam

retidas na peneira de 4,8 mm, tais como, seixo rolado, cascalho e pedra britada. Sua classificação consta da tabela 1.2.5.

Tabela 1.2.5 – Classificação dos agregados graúdos

Nomenclatura	Dimensões dos grãos
Brita n.º 0	4,8 a 9,5 mm
Brita n.º 1	9,5 a 19 mm
Brita n.º 2	19 a 25 mm
Brita n.º 3	25 a 38 mm
Brita n.º 4	38 a 64 mm
Pedra de mão	➤ 76 mm



Figura 1.2.10 – Classificação visual dos agregados graúdos – Brita 0 e Brita 1



← Brita 2

Material utilizado como aterramento para sub-estações elétricas, e grandes concretagens como: tubulões, sapatas, formas deslizantes, bueiros, canaletas e concreto ciclópico.

→ Brita 3

Pela característica de sua granulometria, este agregado é indicado para lastro ferroviário, decantação de fossas sépticas e drenagem de solo.



← Brita 4

Usado na construção civil para confecção de filtros de decantação de dejetos sanitários, drenagem, estabilização de solo e concreto ciclópico.

→ Pedra de mão

Com peso médio de 10kg por exemplar. Usado na construção civil para calçamento, gabiões de contenção, muro de construção, drenagens, marcadames, enrocamento e concreto ciclópico.



Figura 1.2.11 – Classificação visual – Agregados graúdos – Brita 2, 3, 4 e pedra de mão

Materiais mistos, em termos de granulometria.



Figura 1.2.12 – Classificação de agregados – Bica corrida e pó de pedra

c) Quanto à massa unitária (massa específica), pode-se classificar os agregados em:

leves (menor que 1t/m³): pedra-pomes ou púmice, vermiculitas e argilas expansivas, por exemplo;



Figura 1.2.13 – Pedra-pomes ou púmice, argila expandida e vermiculita.

normais (1 t/m³ a 2t/m³): areias quartzosas, seixos, britas gnáissicas, granitos e outros;



Figura 1.2.14 – Areias, seixos, britas gnáissicas

pesados (maior que $2t/m^3$): barita, magnetita, limonita, etc.



Figura 1.2.15 – barita, magnetita e limonita.

2.1.4 Aços

O aço obtido nas aciarias apresenta granulação grosseira, é quebradiço e de baixa resistência.

Os **aços** são ligas metálicas de ferro e carbono, com porcentagens deste último variáveis entre 0,008 e 2,11%. Distinguem-se dos ferros fundidos, que também são ligas de ferro e carbono, pelo teor de carbono que está entre 2,11 e 6,67%.

Outra diferença fundamental entre ambos é que os aços, por sua ductibilidade, são facilmente deformáveis por forja, laminação e extrusão, enquanto que peças em ferros fundidos são fabricadas pelo processo de fundição.

Processo de fabricação

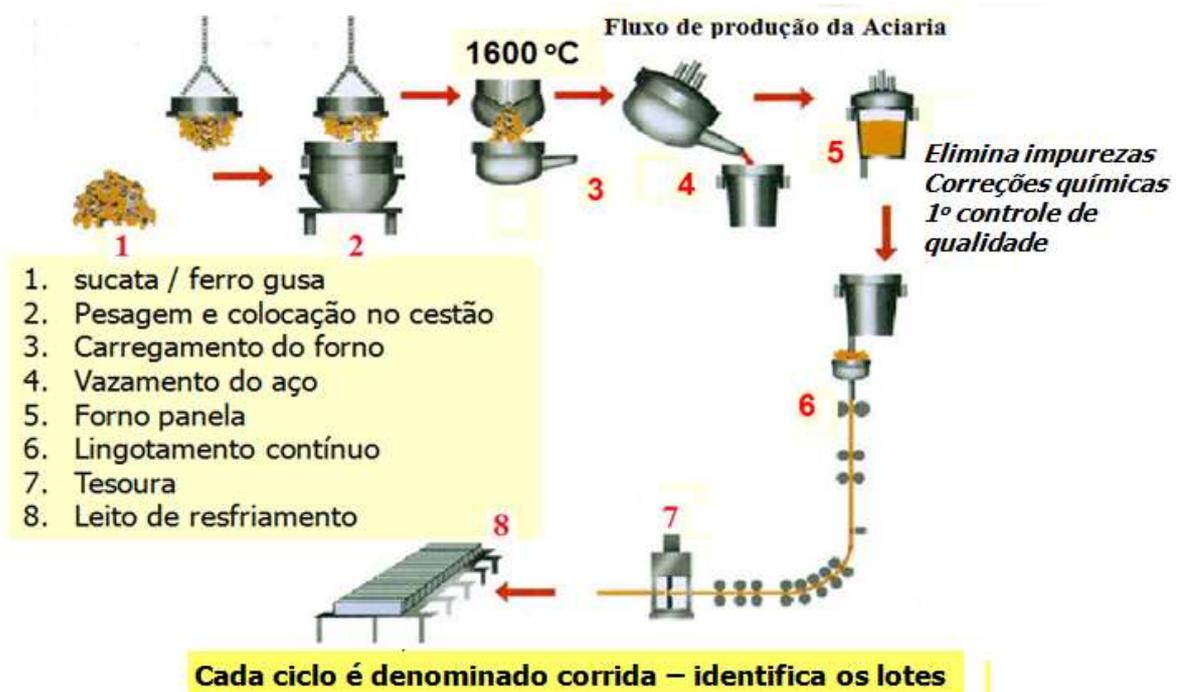


Figura 1.2.16 – Fluxo de Produção da Aciaria

Para aplicações estruturais, ele precisa sofrer modificações, o que é feito basicamente por dois tipos de tratamento: a quente (dureza natural) e aços deformados a frio.

Tratamento Mecânico a quente

Este tratamento consiste na laminação, forjamento ou estiramento do aço, realizado em temperaturas acima de 720°C (zona crítica).

Nessas temperaturas há uma modificação da estrutura interna do aço, ocorrendo homogeneização e recristalização com redução do tamanho dos grãos, melhorando as características mecânicas do material.

O aço obtido nessa situação apresenta melhor trabalhabilidade, aceita solda comum, possui diagrama tensão-deformação com patamar de escoamento, e resiste a incêndios moderados, perdendo resistência, apenas, com temperaturas acima de 1150 °C.

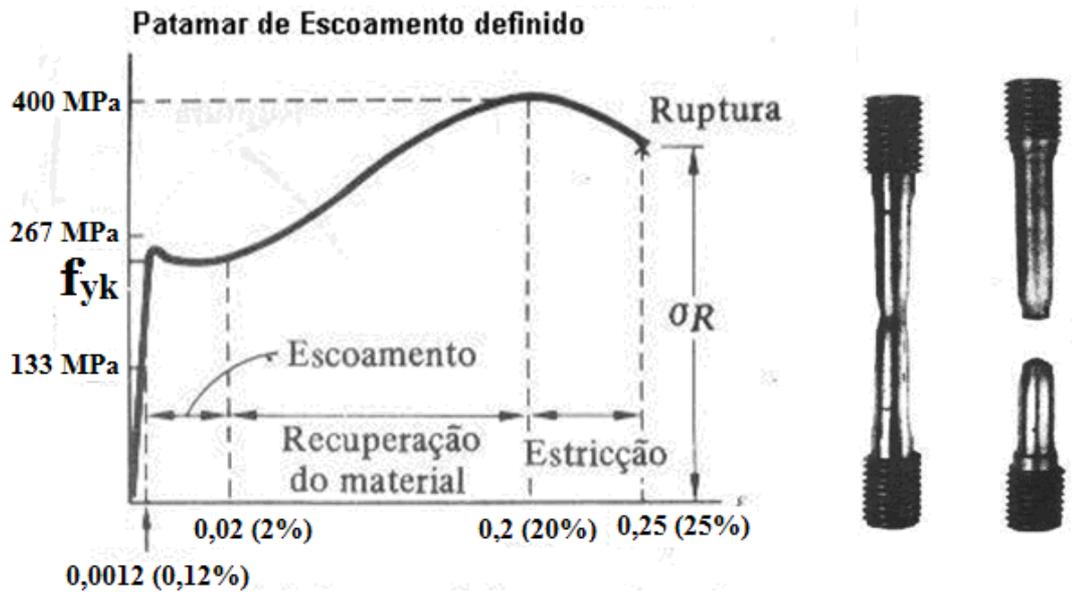


Figura 1.2.17 – Aço laminado a quente – Diagrama Tensão X Deformação

Estão incluídos neste grupo os aços CA-25 $f_{yk}(250\text{MPa})$ e CA-50 $f_{yk}(500\text{MPa})$ - f_{yk} (valor característico da resistência de escoamento).

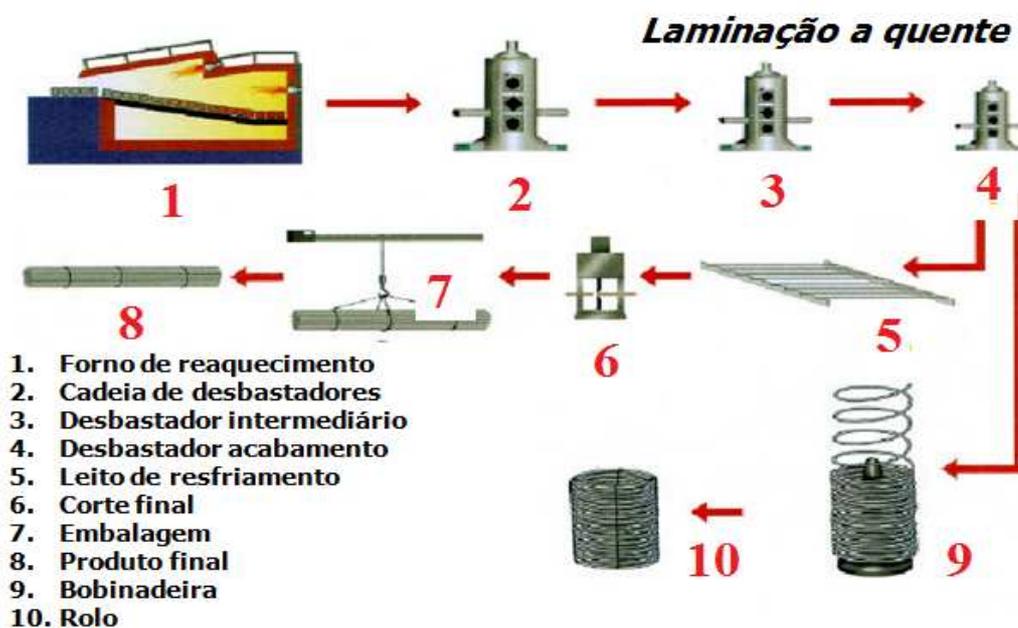
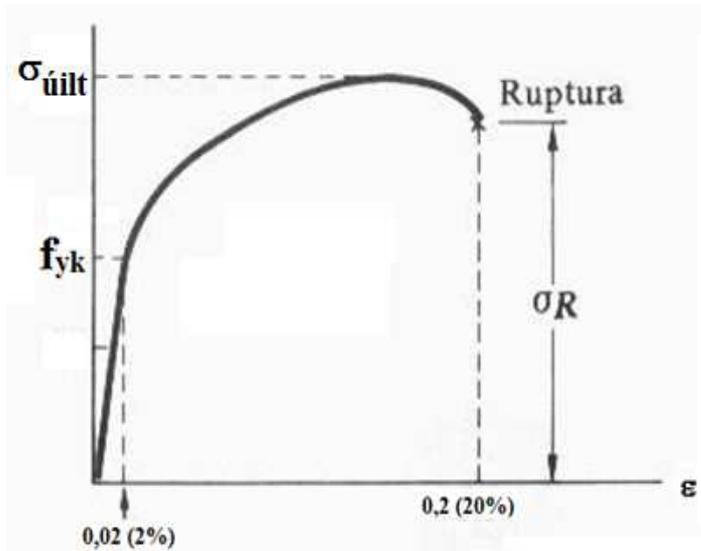


Figura 1.2.18 – Fluxo da laminação a quente

Tratamento Mecânico a frio ou encruamento

Neste tratamento ocorre uma deformação dos grãos por meio de tração, compressão ou torção, e resulta no aumento da resistência mecânica e da dureza, e diminuição da resistência à corrosão e da ductilidade, ou seja, decréscimo do alongamento e da estrição.

O processo é realizado abaixo da zona de temperatura crítica (720 °C). Os grãos permanecem deformados e diz-se que o aço está encruado.



Nesta situação, os diagramas de tensão-deformação dos aços apresentam patamar de escoamento convencional, torna-se mais difícil a solda e, à temperatura da ordem de 600°C, o encruamento é perdido.

Figura 1.2.19 – Aço laminado a frio – Diagrama Tensão X Deformação - sem patamar de escoamento

Está incluso neste grupo o aço CA-60 fyk(600MPa)

Especificações e características

- Barras – diâmetros superiores a 5mm obtidas por laminação a quente (CA25 e CA50)
- Fios - diâmetros inferiores a 10mm obtidas por trefilação ou laminação a quente (CA60)

■ **Nomenclatura**

CA XX

Tensão de escoamento (Kgf/mm²)

Destinado a concreto armado

Figura 1.2.20 – Nomenclatura dos Aços para Concreto Armado

A NBR 7480 (1996) fixa as condições exigíveis na encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.

Essa Norma classifica como **barras** os produtos de diâmetro nominal 5 mm ou superior, obtidos exclusivamente por laminação a quente, e como **fios** aqueles de diâmetro nominal 10 mm ou inferior, obtidos por trefilação ou processo equivalente, como por exemplo estiramento. Esta classificação pode ser visualizada na Tabela 1.2.6.

Tabela 1.2.6 – Diâmetros nominais dos aços para CA e AE – Conforme NBR 7480

BARRAS $\varnothing \geq 5$ Laminação a Quente										
CA - 25					CA - 50					
5	6,3	8	10	12,5	16	20	22	25	32	40

FIOS $\varnothing \leq 10$ Laminação a Frio												
CA - 60												
2,4	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	6,0	6,4	7,0	8,0	9,5	10

CA 25: Possui superfície lisa, é comercializado em barras retas ou dobradas com comprimento de 12 m em feixes amarrados de 1.000 kg ou 2.000 kg e em rolo nas bitolas até 12,5 mm.



Figura 1.2.21 – Barras Lisas

CA 50: Possui superfície nervurada são comercializadas em barras retas e dobradas com comprimento de 12m e em feixes amarrados de 1.000 kg ou 2.000 kg.



Figura 1.2.22 – Barras corrugadas

CA 60: Obtidos por trefilação de fio-máquina. Caracterizam-se pela alta resistência, que proporciona estruturas de concreto armado mais leves, e pelos entalhes, que aumentam a aderência do aço ao concreto. È encontrado em rolos com peso aproximado de 170 kg, em barras de 12 m de comprimento, retas ou dobradas, e em feixes amarrados de 1.000 kg;



Figura 1.2.23 – Aço CA 60

2.2 - Blocos, argamassa de assentamento e groutes.

2.2.1 – Blocos

Conceitos Básicos – Bloco

- Unidade (bloco) é o componente básico da alvenaria. Com três dimensões: comprimento/largura/altura
 - Comprimento e largura – módulo horizontal ou em planta
 - Altura – módulo vertical (elevações)

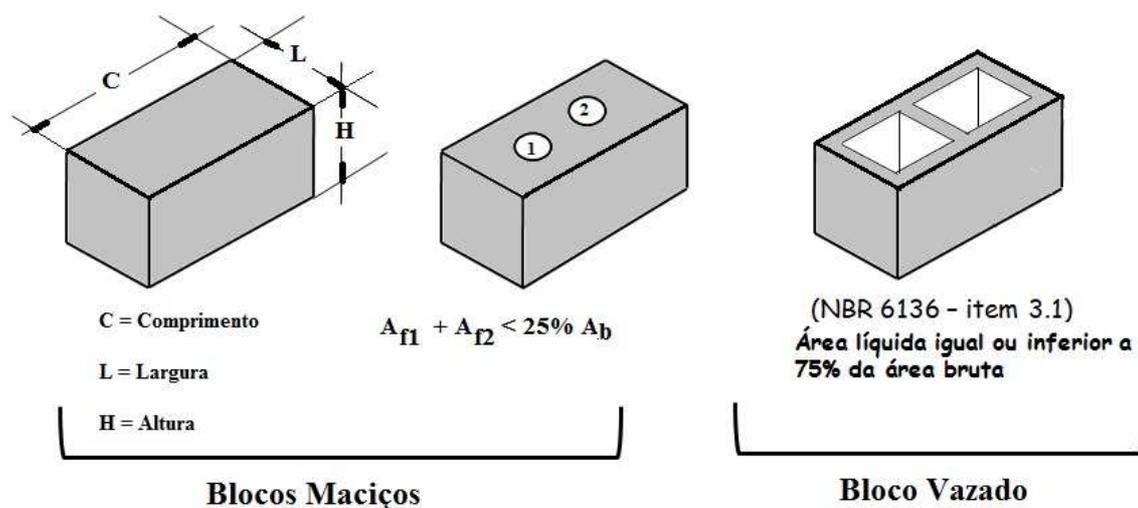


Figura 1.2.24 – Bloco maciço e vazado



O bloco de concreto é um componente normalizado pela ABNT (NBR 6136), confeccionado por máquinas que lançam, prensam e vibram o concreto, em formas de aço.

Figura 1.2.25 – Prensa hidráulica para fabricação de Blocos de concreto
Fonte: Blocos Brasil

Existem os blocos cerâmicos, os blocos de concreto, os blocos sílico-calcários, os blocos de concreto celular, com as mais variadas dimensões e resistências.

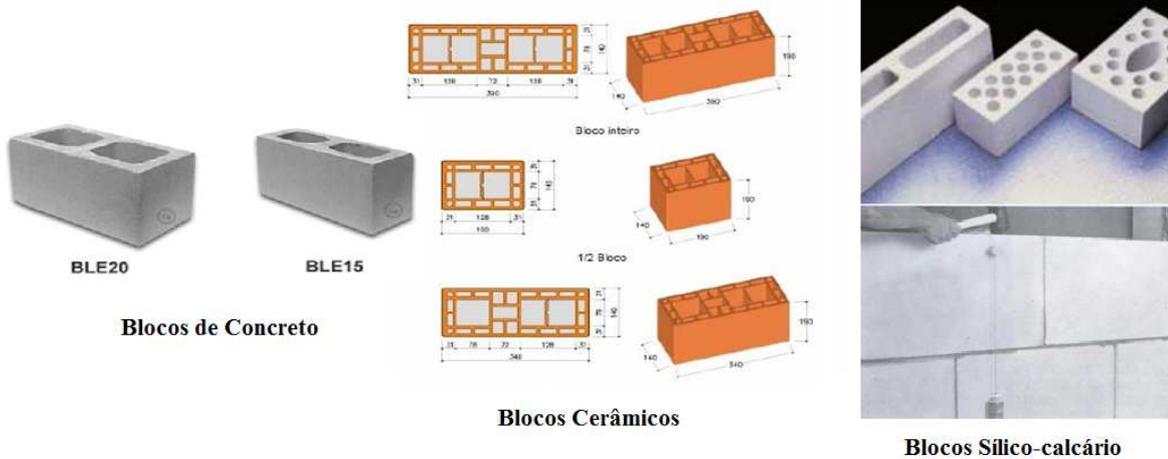
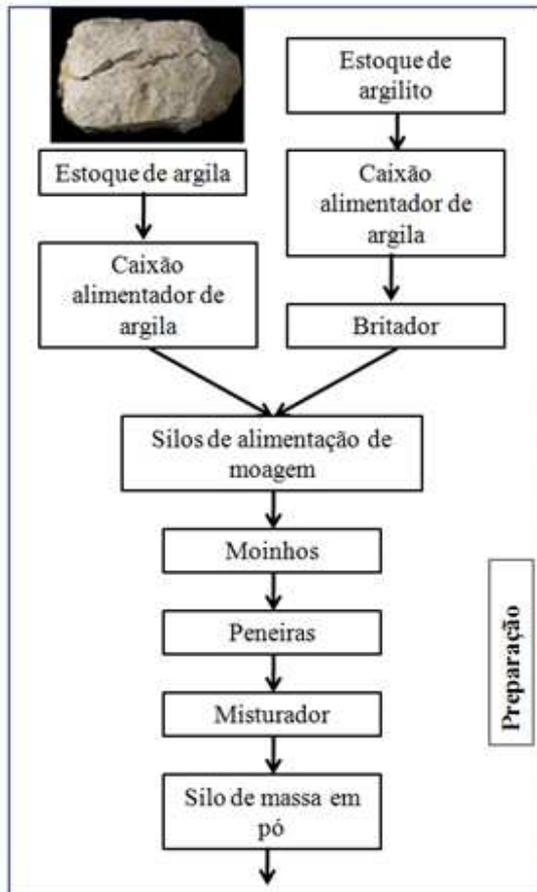


Figura 1.2.26 – Blocos para Alvenaria estrutural

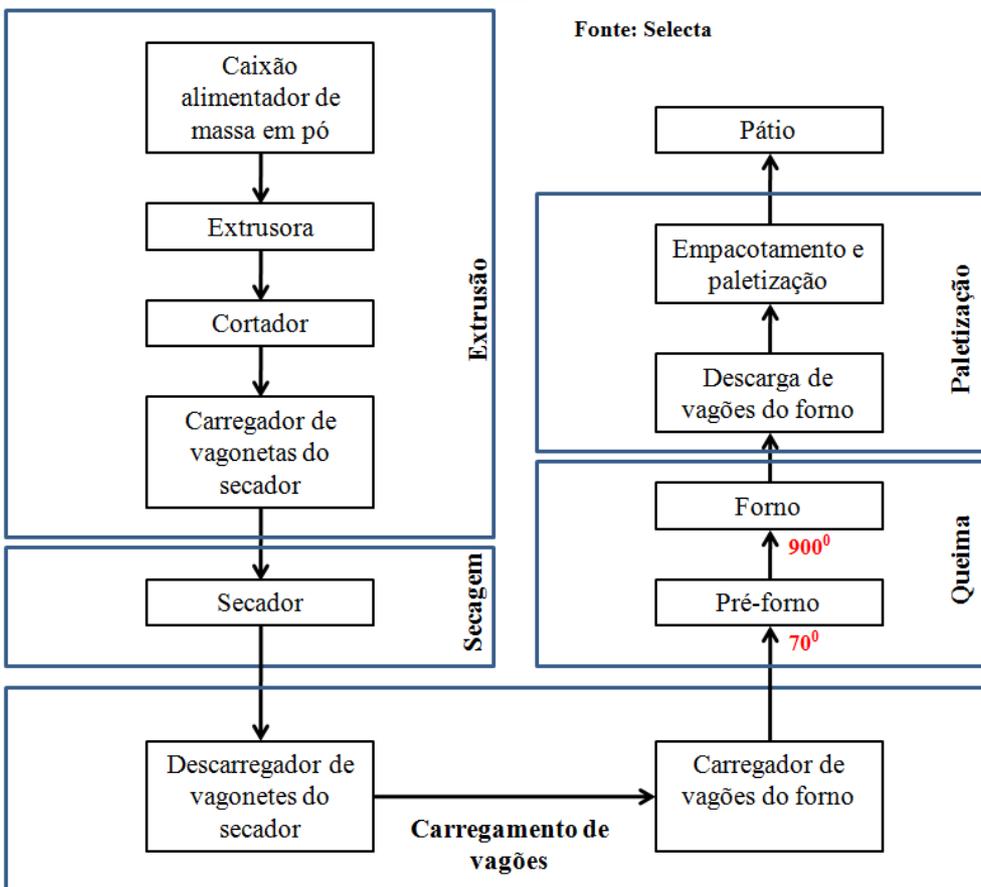
BLOCOS CERÂMICOS

São blocos vazados moldados com arestas vivas retilíneas, sendo os furos cilíndricos ou prismáticos. São produzidos a partir da queima da cerâmica vermelha. A sua conformação é obtida através da extrusão.

Durante este processo toda a umidade é expulsa e a matéria orgânica é queimada, ocorrendo a vitrificação com a fusão dos grãos de sílica.



Os **argilitos** são **rochas sedimentares** lutáceas (granulação de **argila**, menor que 0,004 mm) maciças e compactas, sendo compostas por argilas **litificadas**, isto é, argilas compactadas e exibindo orientação dos minerais foliados.



Fonte: Selecta

Blocos Cerâmicos de vedação

São blocos usados na construção das paredes de vedação.

No assentamento dos blocos cerâmicos de vedação os furos são geralmente dispostos horizontalmente, o que ocasiona a diminuição da resistência dos painéis de alvenaria.

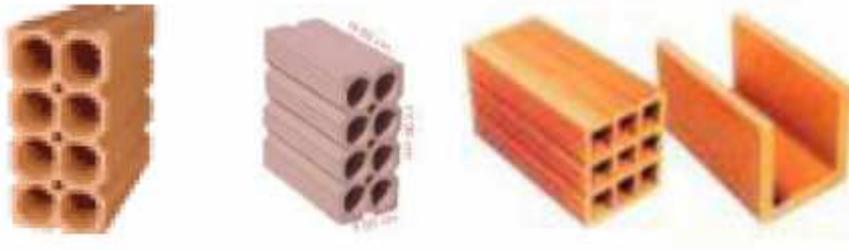
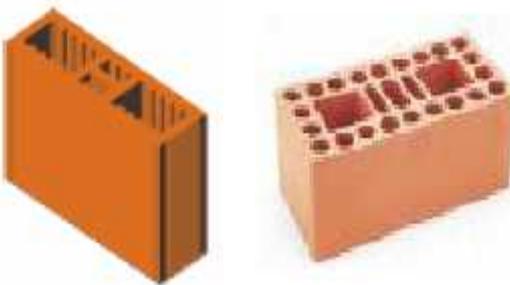


Figura 1.2.27 – Blocos Cerâmicos de Vedação

Blocos portantes

São blocos usados na construção de paredes portantes. Devem ter furos dispostos na direção vertical.



Esta afirmativa se deve à diferença no mecanismo de ruptura de ambos, que no caso dos furos verticais formam indícios da situação de colapso, enquanto que no caso de furos horizontais o colapso é brusco e frágil, não sendo adequado seu uso como material estrutural.

Figura 1.2.28 – Blocos Cerâmicos Portantes

As dimensões nominais dos “Blocos Cerâmicos vazados” para alvenaria estrutural estão dispostas na NBR 8042, conforme tabela 2.6.

Tabela 1.2.6 – Dimensões normais para blocos de vedação e portantes, comuns

Dimensões comerciais L x H x C (cm)	Dimensões nominais (mm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
10x20x10	90	190	90
10x20x20	90	190	190
10x20x30	90	190	290
10x20x40	90	190	390
15x20x10	140	190	90
15x20x20	140	190	190
15x20x30	140	190	290
15x20x40	140	190	390
20x20x10	190	190	90
20x20x20	190	190	190
20x20x30	190	190	290
20x20x40	190	190	390

Fonte: Transcrição da Tabela 1 da NBR 7171

Tabela 1.2.6 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de Fabricação (cm)					
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	1/2 Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4M) x (5/4M) x (5/2M)	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4M) x (2M) x (5/2M)		19	24	11,5	-	36,5
(5/4M) x (2M) x (3M)			29	14	26,5	41,5
(5/4M) x (2M) x (4M)		39	19	31,5	51,5	
(3/2M) x (2M) x (3M)	14	19	29	14	-	44
(3/2M) x (2M) x (4M)			39	19	34	54
(2M) x (2M) x (3M)	19	19	29	14	34	49
(2M) x (2M) x (4M)			39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração em paredes em L.
Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.

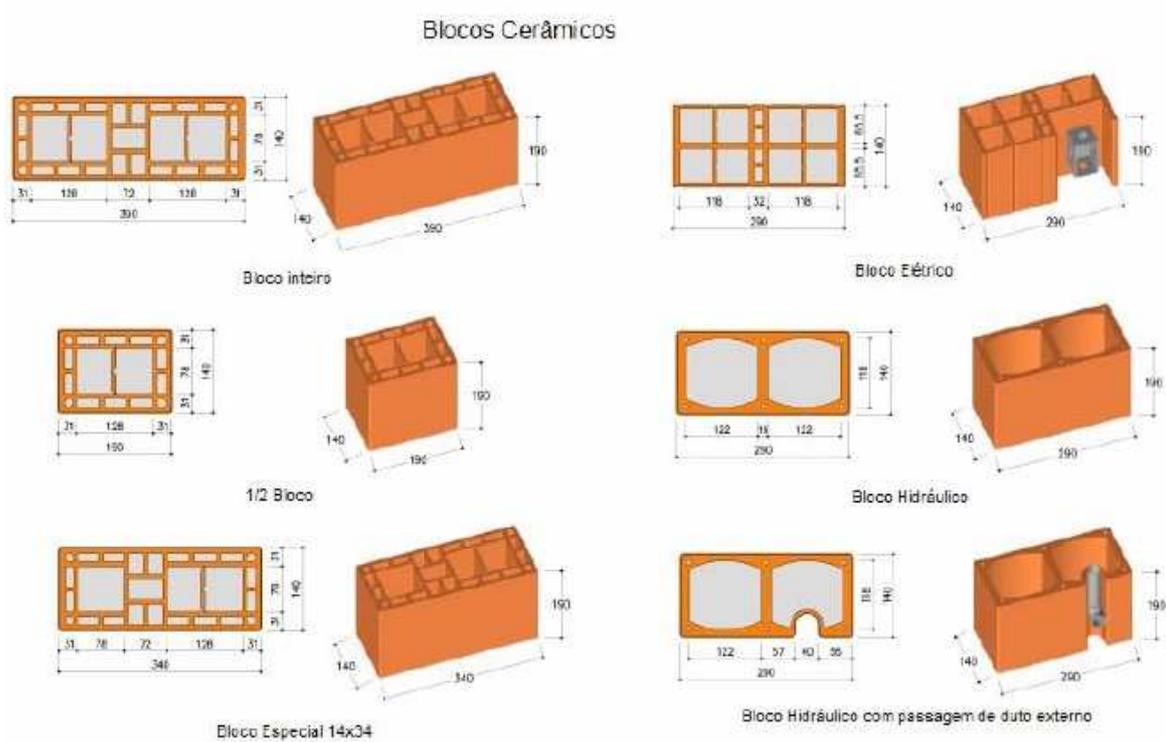
Fonte: ABNT NBR 15270-2

A resistência à compressão mínima dos blocos na área bruta, dispostos na tabela 1.2.7, deve atender aos valores indicados na tabela 3 da NBR 7171 “Bloco Cerâmico para Alvenaria” que classifica os blocos em tipo A, B, C, D e F:

Tabela 1.2.7 – Resistência a compressão – Blocos cerâmicos

Tipo		Resistência à compressão na área bruta (MPa)
Vedação	A	1,5
	B	2,5
Portante	C	4,0
	D	7,0
	F	10,0

Fonte: Transcrição da Tabela 3 da NBR 7171



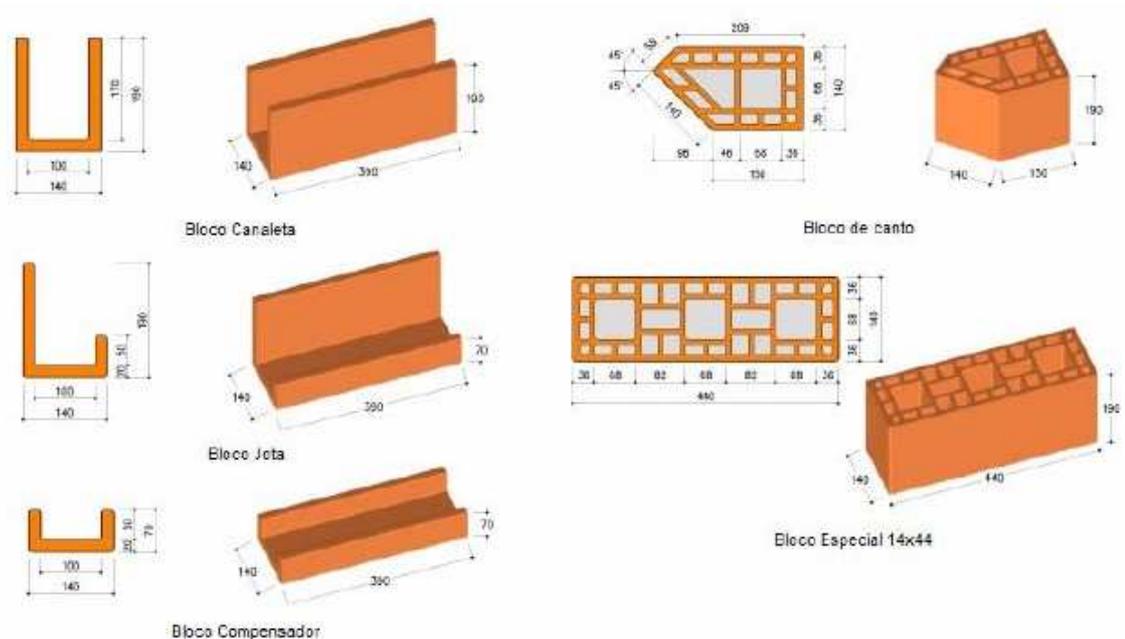


Figura 1.2.29 – Blocos Cerâmicos Portantes e especiais;

Classificação dos Blocos de Concreto Simples

1. Quanto ao uso

- Os blocos vazados de concreto devem atender, quanto ao seu uso, às seguintes classes:

Classe A – Com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.

Classe B – Com função estrutural, para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Classe C – Com função estrutural, para o 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

Nota: Recomenda-se o uso de blocos com função estrutural classe C, designados M10, para edificações de no máximo um pavimento; os designados M12,5 para edificações de no máximo dois pavimentos.

2. - Quanto à resistência

Os blocos vazados de concreto devem atender, quanto à resistência característica à compressão, às classes de resistência mínima conforme a tabela 3 da NBR 6136/2006, que estabelece para as classes A, B, C e D, respectivamente, $f_{bk} \geq 6,0$ MPa, $f_{bk} \geq 4,0$ MPa, $f_{bk} \geq 3,0$ MPa e $f_{bk} \geq 2,0$ MPa.

A resistência do bloco à compressão, ou f_{bk} , apresentado na tabela 1.2.8, tem seu valor mínimo de 6 MPa para blocos classe BE (Bloco Estrutural), em paredes sem revestimento e 4,5 MPa para todos os blocos da classe AE, em paredes internas ou externas com revestimentos.

Tabela 1.2.8 – Valores

O valor da resistência característica à compressão (f_{bk}) dos blocos de concreto, referida à **área bruta** (NBR: 6136 - item 6.5.2)

$F_{bk} = f_{bm} - 1,65.s$, sendo:

- F_{bm} = resistência média da amostra expressa, em megapascal;
- s = desvio padrão do fabricante (com pelo menos 30 corpos de prova)

O não atendimento à resistência especificada em projeto pode resultar em desabamentos, trincas e comprometimento da estrutura.

A NBR 6136 ainda especifica que a resistência característica do bloco à compressão deve obedecer aos seguintes limites:

- $F_{bk} \geq 6$ MPa: blocos em paredes externas sem revestimento;
- $F_{bk} \geq 4,5$ MPa: blocos em paredes internas ou externas com revestimento.

Na prática, só podem ser utilizados blocos de concreto com resistência característica de no mínimo 4,5 MPa, embora a NBR 7171 menciona que para os blocos portantes cerâmicos a resistência mínima deve ser de 4 MPa.

Existe uma **regra empírica**, utilizada por projetistas, a qual sugere que a resistência à compressão dos blocos nos primeiros pavimentos de um edifício pode ser dada pela quantidade de pavimentos do mesmo.

Para a utilização desta regra, a resistência deve ser referida à área bruta do bloco e deve ser expressa em MPa.

Exemplo: se um edifício tiver 6 pavimentos, o bloco de maior resistência utilizado seria, então, o de 6,0 MPa. Esta regra é válida somente para prédios com mais de 4 (quatro) pavimentos, pois a resistência mínima de um bloco estrutural é 4,5 MPa.

No caso dos edifícios de alvenaria não-armada, casos mais comuns, de até 10 (dez) pavimentos, o bloco utilizado para os primeiros pavimentos, segundo a regra apresentada, seria o de 10,0 MPa. (Accetti).

3. Quanto às dimensões

As dimensões reais dos blocos vazados de concreto, modulares e sub-modulares devem corresponder às dimensões constantes na tabela 1 da NBR 6136.

As dimensões dos blocos de concreto com função estrutural são determinadas pela NBR 6136 - *Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural*.

Segundo a NBR 6136, os blocos são designados pela largura, exemplo:

- **M12,5 – Largura de 14,5**
- **M15 – largura de 14 cm**
- **M20 – largura de 19 cm**

Tabela 1.2.8 – Dimensões dos Blocos

Famílias de blocos										
Aplicação		Acima de 2 pavimentos			Até 2 pavimentos			1 pavimento		
Designação	Nominal	20		15	12,5			10		
	Módulo	M -20		M - 15	M - 12,5			M - 10		
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	½	1/2	1/3
	Linha	20X40	15X40	15X30	12,5X40	12,5X25	12,5X37,5	10X40	10X30	10X30
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-

Fonte: NBR 6136 – Tabela 1

Para os blocos indicados na tabela 1.2.8 as tolerâncias dimensionais são: ± 3 mm para a altura e comprimento e ± 2 mm para a largura

Os blocos cujas dimensões não estão contempladas nessa tabela 1.2.8 podem ser aceitos desde que atendam às definições da seção 3 da NBR 6136.

Os blocos são definidos de acordo com sua aplicação, em estruturais e não estruturais.

De acordo com a NBR 6136 – item 3.8 – Família de blocos é o conjunto de componentes de alvenaria que integram modularmente entre si e com outros elementos construtivos. Os blocos que compõem a família, segundo suas dimensões, são designados como bloco inteiro (bloco predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta.

Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as normas da ABNT NBR 5706 e NBR 5726.

Os principais blocos M15 disponíveis no mercado para as famílias 29 e 39 são os apresentados na tabela 2.9 e figura 1.2.9:

Tabela 1.2.9 – Blocos M15 – família 29 e 39

Família 29 (L X H X C)	Família 39 (L X H X C)
14 X 19 X 29	14 X 19 X 39
14 X 19 X 14	14 X 19 X 19
14 X 19 X 44	14 X 19 X 34
	14 X 19 X 54

A família 29 é composta de três elementos básicos: o bloco B29 (14 cm x 19 cm x 29 cm), o bloco B14 (14 cm x 19 cm x 14 cm) e o bloco B44 (44 cm x 19 cm x 14 cm), cuja unidade modular é sempre múltipla de 15 (14 cm + 1 cm de espessura de junta). Dessa forma, evita-se o uso de compensadores.

Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as normas da ABNT NBR 5706 e NBR 5726.

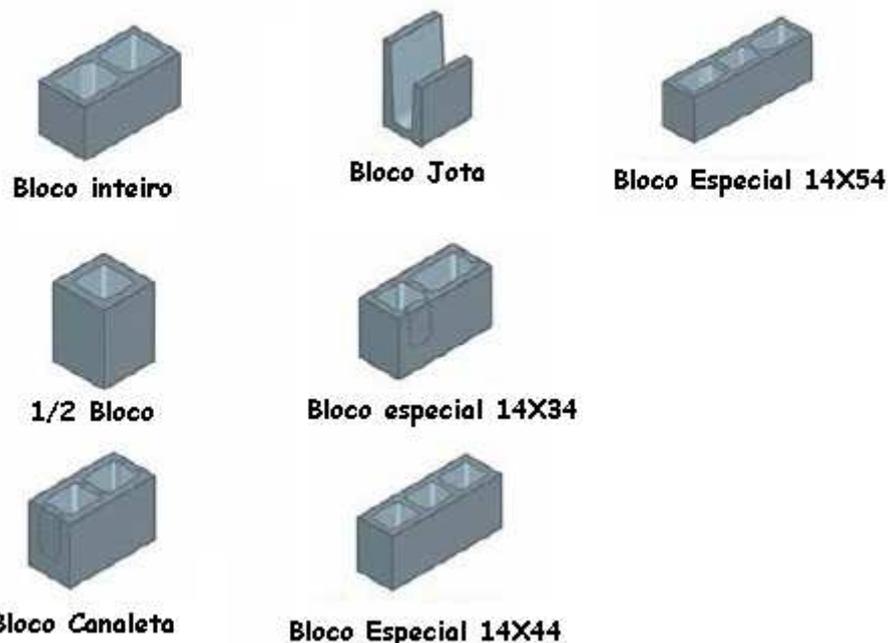


Figura 1.2.30 – Blocos de Concreto comuns e especiais

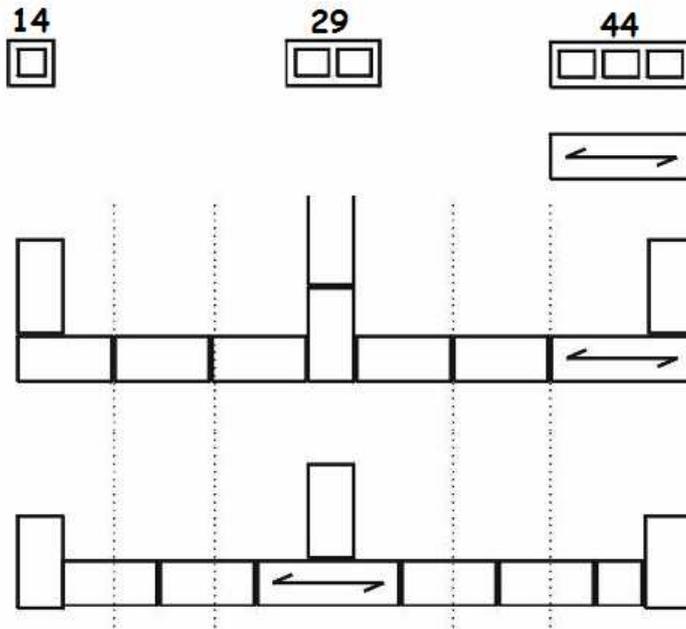


Figura 1.2.31 – Modulação com blocos M15 – família 29

Ao se projetar usando blocos M15 da família 39, usa-se uma diversidade de componentes, muito maior do que quando se usa os blocos da família 29.

A família 39 é composta de três elementos básicos: o bloco B39 (Lx19x39 cm); o bloco B19 (Lx19x19 cm) e o bloco B54 (Lx19x54 cm) e, para todos os três elementos básicos a largura variável (M15 ou M20). Os módulos dessa família são múltiplos de 20 (19 cm + 1 cm de espessura de junta) e, por terem larguras que, segundo a revisão da NBR 6136 de 2006, variam de 9 cm a 19 cm, essa família exige elementos compensadores, já que seu comprimento nem sempre será múltiplo da largura.

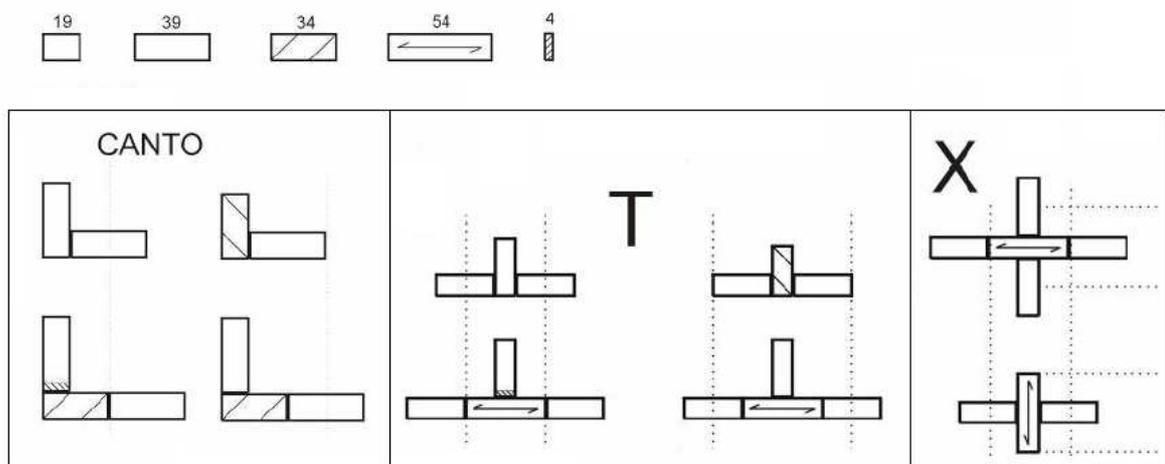


Figura 1.2.32 - Modulação com blocos M15 – família 39

Código	Larg/Alt/Compr (cm)	Peças (m ²)	Peso aprox.	Código	Larg/Alt/Compr (cm)	Peças (m ²)	Peso aprox.
BLE20	19x19x39	12,5	16 kg	CE20	19x19x39	12,5	16,8 kg
BLE15	14x19x39	12,5	12 kg	CE15	14x19x39	12,5	14,5 kg
BLE10	9x19x39	12,5		MCE20	19x19x19	25	8,4 kg
MBLE20	19x19x19	25	8,4 kg	MCE15	14x19x19	25	6,3 kg
MBLE15	14x19x19	25	6,3 kg				

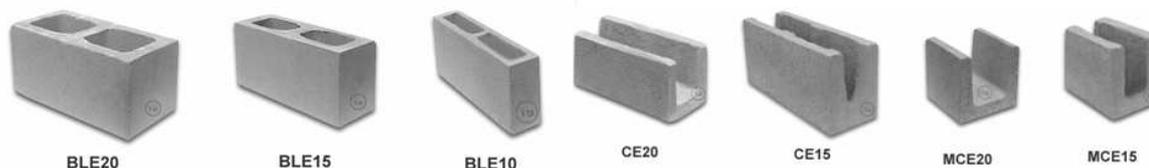


Figura 1.2.33 – Consumo e peso dos blocos

Fonte: Tec Blocos Ltda.

Espessura das paredes dos blocos

A tolerância permitida nas dimensões das paredes dos blocos é de -1,0 mm para cada valor individual, devendo obedecer ao disposto na NBR 6136 (item 5.1.2 – tabela 2), conforme reproduzido na tabela 1.2.10.

Tabela 1.2.10 – Espessuras mínimas das paredes dos blocos.

Classe	Designação	Paredes longitudinais mm	Paredes transversais	
			Paredes ¹ mm	Espessuras equivalentes ² mm/m
A	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
B	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
C	M-10	18	18	135
	M-12,5	18	18	135
	M-15	18	18	135
	M-20	18	18	135

¹ Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

² Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

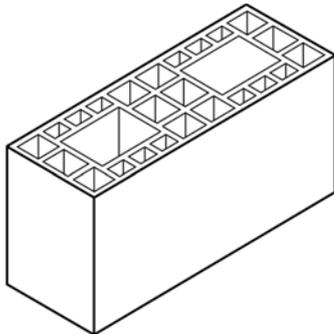
Fonte: NBR 6136 – Tabela2

Propiedades

A especificação dos blocos deve ser feita de acordo com a NBR 152370-2

Bloco cerâmico estrutural é o componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm (NBR 15270-2).

NOTA: Os blocos cerâmicos estruturais são produzidos para serem assentados com furos na vertical.



Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas: Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.

Figura 1.2.34 – Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas

A espessura mínima dos septos deve ser de 7 mm e das paredes externas deve ser no mínimo de 8 mm, conforme mostrado esquematicamente na figura 2.5.2.

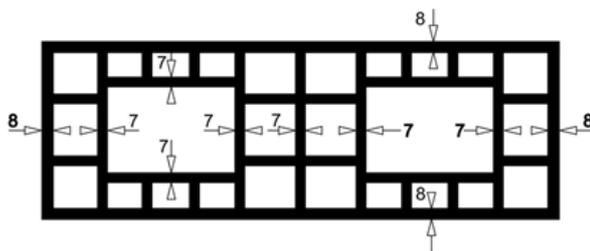


Figura 1.2.35 – espessura mínima dos septos

Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças: Componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.

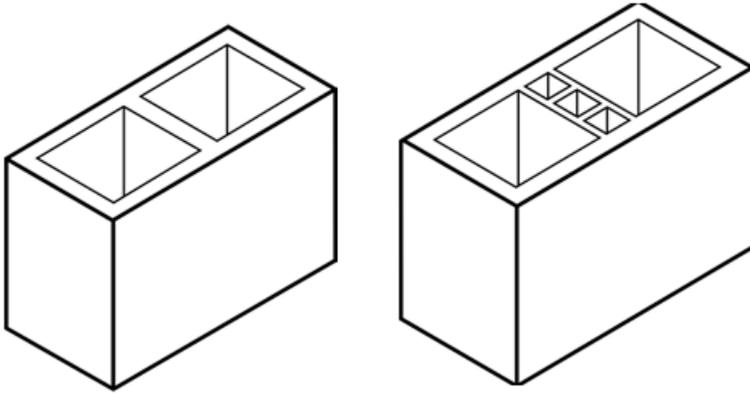


Figura 1.2.36 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças

A espessura mínima das paredes deve ser de 20 mm, podendo as paredes internas serem vazadas, desde que a sua espessura total seja maior ou igual a 30 mm, sendo 8 mm a espessura mínima de qualquer septo, conforme mostrado esquematicamente na figura 2.5.4.

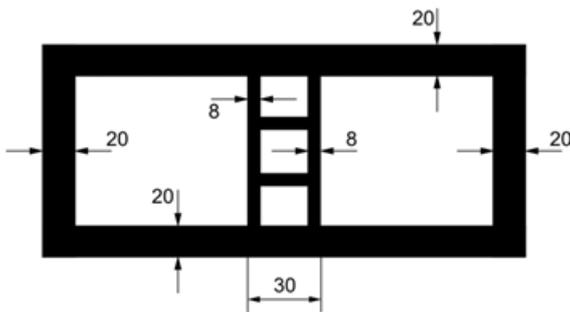
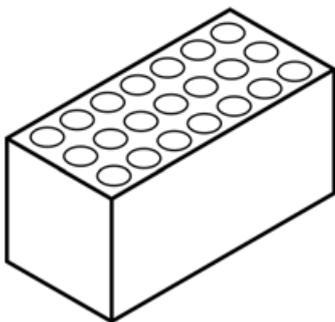


Figura 1.2.37 Espessuras mínimas dos blocos cerâmicos com paredes maciças



Bloco cerâmico estrutural perfurado:

Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada.

A espessura mínima das paredes externas e dos septos deve ser de 8 mm.

Figura 1.2.38 - Bloco cerâmico estrutural perfurado

Dimensões (cm)					
Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
		Bloco Principal	½ Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
11,5	19	24	11,5	-	36,5
11,5	19	29	14	26,5	41,5
11,5	19	39	19	31,5	51,5
14	19	29	14	-	44
14	19	39	19	34	54
19	19	29	14	34	49
19	19	39	19	-	59

Resistência à Compressão: $\geq 3,0$ MPa

Fonte: Associação cerâmica de Tatuí e região

Segunda a NBR 15270-2, em seu item 4.6.1.1 a área líquida (A_{liq}) de um bloco cerâmico é determinado da seguinte forma: a) após a determinação de a área bruta emergir os blocos em água fervente por 2 h ou em água a temperatura ambiente por 24 h; b) após saturados, os blocos devem ser pesados imersos em água a temperatura de $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$; o valor obtido e a sua massa aparente m_a ; c) retirar os blocos enxugá-los superficialmente com um pano úmido e pesá-lo imediatamente, obtendo-se sua massa saturada m_u ; d) Área líquida, expressa em centímetros quadrados, de cada bloco, calculada segundo a expressão:

$$A_{liq} = \frac{(m_u - m_a)}{\gamma * H} \quad 2.5.1$$

onde:

A_{liq} é igual a área líquida, em centímetros quadrados, com aproximação decimal;

m_u e igual a massa do bloco saturado, em gramas;

m_a e igual a massa aparente do bloco, em gramas;

H e igual a altura do bloco, em centímetros;

γ e igual a massa específica da água,

Santos (20080) elaborou pesquisa onde ensaiou, segundo a NBR 15270-2, inúmeros blocos cerâmicos, prismas e pequenas paredes, obtendo os valores para áreas brutas e líquidas desses blocos, cujo resultado se encontra na tabela 1.2.11

Tabela 1.2.11 – Áreas brutas e líquidas para blocos cerâmicos

Tipologia		Médias	Desvio Padrão	Coef. de Variação
BPV 	Área bruta – Ab (cm ²)	413,51	2,26	0,5
	Área líquida – Aliq (cm ²)	170,06	1,01	0,6
	Relação entre Aliq/Ab	0,411		
BPV – Bloco de paredes vazadas				
BPM 	Área bruta – Ab (cm ²)	411,12	0,95	0,2
	Área líquida – Aliq (cm ²)	200,78	1,43	0,7
	Relação entre Aliq/Ab	0,488		
BPM – Bloco de paredes maciças				

Fonte: Santos (2008)

Blocos Cerâmicos X Blocos de Concreto

A revista Guia da Construção n.º 123 de outubro de 2011 apresenta manifestações de profissionais ligados ao setor da construção com blocos estruturais, conforme apresentado a seguir:

Bloco cerâmico

PRÓS	CONTRAS
	
Carlos Alberto Tauil consultor técnico da Bloco Brasil (Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto)	
<ul style="list-style-type: none"> ■ A alvenaria de bloco de cerâmica tem melhor desempenho térmico. Além disso, os blocos cerâmicos são mais leves e facilitam a execução e a logística no canteiro. Movimentam menos do que os blocos de concreto e, por isso, as juntas de dilatação podem ser maiores. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ O bloco cerâmico é menos aderente à argamassa, exige mais revestimento, é menos regular geometricamente e possui menor resistência mecânica que o de concreto. Por ser mais leve, quebra com mais facilidade.
Luis Lima presidente da Anicer (Associação Nacional da Indústria Cerâmica)	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Seu coeficiente de condutibilidade térmica é três vezes menor, proporcionando mais conforto térmico. Pesa aproximadamente a metade dos equivalentes em concreto, o que facilita o transporte. Além disso, absorve menos água e propicia maior produtividade. Analisando o ciclo de vida, é mais sustentável, principalmente quanto às emissões de CO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Isolamento acústico um pouco inferior ao do bloco de concreto, embora os dois atendam à Norma de Desempenho.
Wander Carvalho engenheiro da Direcional Engenharia	
<ul style="list-style-type: none"> ■ O material é mais leve, facilita o manuseio, propicia mais flexibilidade de layout e é mais barato que o bloco de concreto. Tanto o cerâmico como o de concreto atendem perfeitamente às necessidades térmicas, com pequena vantagem para o cerâmico. Para vedação, o mais indicado é o bloco cerâmico. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sofre mais perdas por ser mais leve, apresenta menor planicidade e exige mais etapas de revestimento (reboco, gesso etc.).

Bloco de concreto



PRÓS

CONTRAS

Carlos Alberto Taul

■ Pode ser revestido internamente com apenas uma demão de argamassa ou gesso. Recebe cerâmica diretamente sobre sua superfície. Assim, é mais econômico por gastar menos com revestimento. A parede de bloco de concreto é cerca de 20% mais pesada, com melhor desempenho acústico. O bloco de concreto é mais regular geometricamente, tem maior aderência e resistência mecânica e exige menos mão de obra.

■ Por se movimentar mais, o bloco de concreto exige mais cuidados nas juntas de dilatação, que devem ser menores. Como é mais pesado, dificulta a logística no canteiro de obras.

Luis Lima

■ Possibilidade de aumento da resistência mecânica por meio da adição de cimento à massa, embora isso aumente o impacto ambiental dele.

■ Termicamente, o bloco de concreto leva desvantagem em relação ao cerâmico. Pesa cerca de três vezes mais e exige mais trabalho no transporte horizontal e vertical. O bloco de concreto absorve mais água, fazendo com que se interrompa a aplicação do produto quando o clima está chuvoso.

Wander Carvalho

■ É possível conseguir melhor planicidade e menor espessura de revestimento. Outra vantagem é que a perda de material, em relação ao bloco cerâmico, também é menor. Levando em consideração o processo como um todo, pode ser que o bloco de concreto seja melhor em relação ao custo. No entanto, poucas empresas o utilizam.

■ Como é mais pesado, o manuseio também é dificultado. Inicialmente é mais caro e a produtividade é menor.

Romário Ferreira

3. Produção e controle dos materiais empregados na alvenaria estrutural

- **Produção de blocos,**
- **argamassas,**
- **groutes, e**
- **paredes estruturais.**

3.1 Produção de Blocos

A produção de blocos de concreto vibro-prensados para alvenaria estrutural e de vedação se caracteriza pelo emprego dos “concretos secos”.

Esse tipo peculiar de concreto apresenta consistência significativamente superior à dos concretos plásticos, devido à menor quantidade de água empregada, para que seja realizada a desforma imediata das peças (Marchand, 1996).

CONCRETOS “SECOS” - Conforme mencionado anteriormente, os concretos secos são assim chamados porque sua mistura possui características de concreto levemente umedecido.

São concretos com abatimento zero ou próximos de zero, exigindo, muitas vezes, que a retirada do ar aprisionado seja realizada por equipamentos especiais.



Figura 1.2.34 – Slump – abatimento do tronco de cone;

Outra particularidade com relação à produção e dosagem das misturas para a produção de blocos diz respeito à maior preocupação com a textura final dos produtos, principalmente, em se tratando de blocos para alvenaria aparente, e, aos traços empregados, que na maioria das vezes são mais pobres do que os utilizados para a confecção dos concretos de consistência plástica.

Para se ter uma idéia, os traços normalmente empregados para a produção de blocos, dentro da faixa de resistência à compressão especificada pela NBR 6136 (1994) podem variar de 1:6 a 1:14 (cimento: agregados); dependendo dos materiais utilizados, do tipo e porte do equipamento de vibro-compressão e da regulagem do mesmo.

Para os concretos secos utilizados na produção de blocos, a umidade empregada nas misturas é fundamental, sendo normalmente empregados valores em torno de 6,0 % a 8,0%.

A quantidade de água em uma mistura para a produção de blocos de concreto deve ser a maior possível, desde que os artefatos não apresentem dificuldades para desforma por aderência ao molde, ou problemas de perda de formato em função do excesso de água.

No caso particular da produção dos blocos de concreto são empregadas máquinas vibro-prensas, equipamentos que aplicam, simultaneamente, um esforço de compressão aliado a um efeito de vibração para a eliminação dos vazios e moldagem das peças.

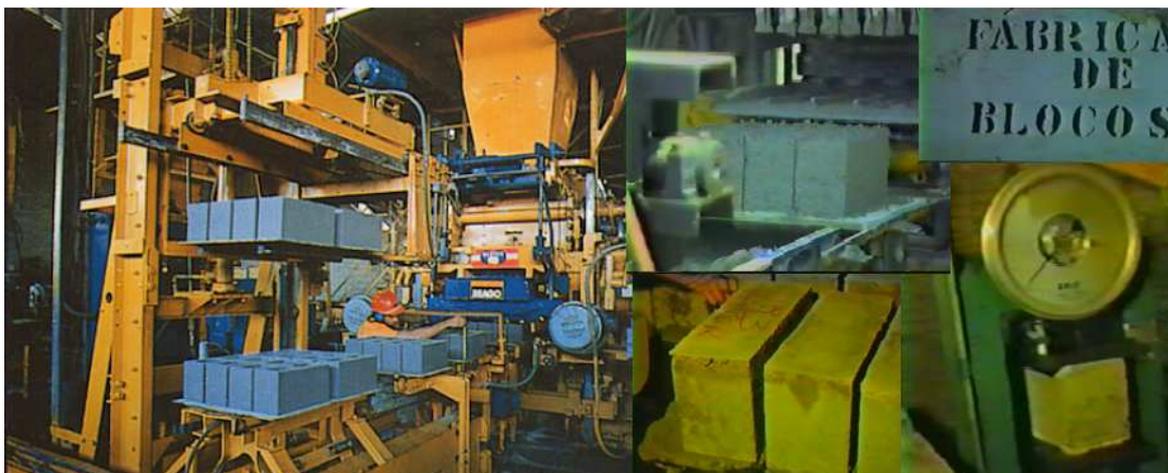


Figura 1.3.1 – Fabrica de Blocos – Máquina vibro-prensa.



Figura 1.3.2 – Fabrica de Blocos sobre caminhão

Verificações e ensaios

Após a realização da inspeção de recebimento é indispensável a realização dos ensaios dos blocos vazados de concreto simples em laboratórios autorizados, qualificados ou acreditados.

1. Colher, para fins de ensaio, aleatoriamente, blocos que constituirão amostra representativa de todo o lote do qual foram retirados.
2. Ensaios a serem executados: - Resistência à compressão, análise dimensional, absorção de água e área líquida, conforme ABNT NBR

12118:2006 – Retração linear por secagem, ABNT NBR 2118:2006 e, para blocos aparentes, o ensaio de permeabilidade conforme preconiza o item 5.2.2 da NBR 6136:2006.

3. O tamanho da amostra deve ser definido conforme a tabela 1.3.1.

Tabela 1.3.1 – Tamanho da amostra

Número de blocos do lote	Número de blocos da amostra		Número mínimo de blocos para ensaio dimensional e resistência à compressão		Número de blocos para ensaios de absorção e área líquida
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1 NBR 6136:2006	Critério estabelecido em 6.5.2 NBR 6136:2006	
Até 5.000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5.001 a 10.000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
10.001 a 20.000	10 ou 13	10 ou 13	10	6	3

Fonte: NBR 6136

Recomenda-se a utilização de blocos somente com idades superiores a 21 dias, para evitar os efeitos da retração hidráulica inicial e irreversível.

3.2 - Groutes

Concreto com agregados miúdos destinado ao preenchimento do vazio dos blocos, nos locais especificados pelo projeto.

Preparação e lançamento: misturado em betoneira na obra ou usinado e enviado à obra por meio de caminhões betoneira.

Componentes: cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedrisco), água e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade.

Finalidade: Aumentar a área da seção transversal dos blocos ou promover a solidarização entre a armadura e os blocos.

Conjunto: bloco + graute + armadura (envolvida por groute), trabalham monoliticamente (CA);



Figura 1.3.3 – Grouteamento de paredes de alvenaria

Traço

A composição do groute teoricamente pode-se adotar os parâmetros apresentados na tabela 1.3.2, embora, recomenda-se que o traço seja verificado e ensaiado em laboratório idôneo.

Tabela 1.3.2 – Condições mínimas para dosagem não experimental de groute

Elemento	Traço	Materiais						Água
		Cimento	Cal hidratada	Agregados				
				Miúdo		Graúdo		
				seco	D máx. = 4,8 mm umidade 5% inchamento 25%	seco	D máx. = 19 mm umidade 5% inchamento 10%	
Graute fino	massa (em proporção)	1,00	≤ 0,04	≤ 2,30	-	-	-	≤ 0,75
	em volume	1 saco	≤ 3,5 dm ³	≤ 88 dm ³	-	-	-	≤ 37 dm ³
				-	≤ 110 dm ³	-	-	≤ 32 dm ³
por m ³ de graute	≥ 450 kg ≤ 600 kg	≤ 24 kg	≤ 1000 dm ³	-	-	-	≤ 450 dm ³	
			-	≤ 1250 dm ³	-	-	≤ 380 dm ³	
Graute grosso	massa (em proporção)	1,00	≤ 0,04	≤ 2,20	-	≤ 1,70	-	≤ 0,70
	em volume	1 saco	≤ 3,5 dm ³	≤ 88 dm ³	-	≤ 68 dm ³	-	≤ 35 dm ³
				-	≤ 110 dm ³	-	≤ 73 dm ³	≤ 28 dm ³
por m ³ de graute	≥ 350 kg ≤ 500 kg	≤ 24 kg	≤ 900 dm ³	-	≤ 600 dm ³	-	≤ 350 dm ³	
			-	≤ 1130 dm ³	-	≤ 680 dm ³	≤ 280 dm ³	

Fonte: NBR 8798/85 – Tabela 3

Ainda segundo a BNR 8798 a dimensão máxima do agregado do groute deve ser inferior a 1/3 da menos dimensão dos vazios a preencher.

Tabela 1.3.3 – Exigências mínimas para o groute

Propriedades	Groute	
	Exigência	Método
Consistência	20 ± 3 cm	NBR 7223
Resistência à compressão axial	≥ 14 MPa ou ≥ $f_{gkj}^{(D)}$	NBR 5738 NBR 5738

Fonte: NBR 8798/1985 – Tabela 4

(D) f_{gkj} =resistências características à idade de j dias expressas no projeto da obra, respectivamente para o graute.

3.3 Argamassa de Assentamento

Argamassa tem a finalidade de solidarizar os blocos, transmitir e uniformizar as tensões, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de vento e água nas edificações.

Segundo a ABNT (NBR:8798), a argamassa deve ser aplicada em todas as paredes do bloco para formação da junta horizontal, e em dois cordões verticais nos bordos de uma das extremidades do bloco para formação da junta vertical.

O não preenchimento dos septos transversais das juntas de assentamento implica na redução da resistência à compressão e ao cisalhamento da alvenaria.

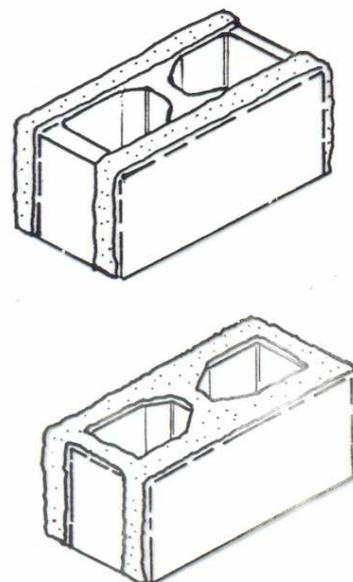


Figura 1.3.3 – Colocação da argamassa de assentamento

O não preenchimento das Juntas verticais gera vantagens e desvantagens

Vantagens

- Redução do tempo de execução da obra
- Redução no consumo dos materiais
- Redução da fissuração provocada por deformações intrínsecas (retração, deformação térmica,..)



Figura 1.3.4 – Argamassa – Junta vertical

Desvantagens:

- Falhas durante o revestimento da parede
- Os resultados dos ensaios com os prismas deram valores de resistência ao cisalhamento em torno de 20 a 25% menores
- Fissuração nas paredes sob a laje de cobertura

Portanto, baseado no que foi exposto, **recomenda-se preencher sempre**, em função da resistência da parede, as juntas verticais e os septos transversais das juntas horizontais de argamassa, quando do assentamento dos blocos estruturais.

Traço

O traço é na verdade a receita, com a indicação das quantidades adequadas de cada ingrediente – insumos, que compõem a argamassa. Portanto, o traço, é a expressão das proporções entre os insumos que constituem o produto, neste caso a argamassa. Em contrapartida, dosagem corresponde ao processo de misturar esses insumos. Dosar é estabelecer, através de um determinado método o “traço” com o qual se espera obter as propriedades especificadas no estado fresco e endurecido.

Nas alvenarias estruturais normalmente se tem usado a dosagem empírica, também conhecida por dosagem não experimental, ou seja, sem ensaios de laboratório para o traço. Na tabela 1.3.4 estão relacionados as condições mínimas para dosagem.

Tabela 1.3.4 – condições mínimas para dosagem não experimental da argamassa

Elemento	Traço	Materiais				Água
		Cimento	Cal Hidratada	Agregados		
				Miúdo $D_{max} = 4,8 \text{ mm}$		
				seco	Umidade 5% Inchamento 25%	
Argamassa	Massa (em proporção)	1,00	$\leq 0,12$	$\leq 4,0$		$\leq 0,8$
	em volume	1 saco	$\leq 10 \text{ dm}^3$	$\leq 133 \text{ dm}^3$	-	$\leq 40 \text{ dm}^3$
				-	$\leq 166 \text{ dm}^3$	$\leq 32 \text{ dm}^3$
	Por m^3 de argamassa	$\geq 400 \text{ Kg}$	$\leq 60 \text{ Kg}$	$\leq 1000 \text{ dm}^3$	-	$\leq 320 \text{ dm}^3$
		$\leq 600 \text{ Kg}$		-	$\leq 1250 \text{ dm}^3$	$\leq 240 \text{ dm}^3$

Fonte: NBR 8798/85 – Tabela 3

As normas americanas especificam quatro tipos de argamassas mistas, designadas por M, S, N e O, assim como a britânica tem suas correspondentes i, ii, iii, e iv, conforme tabela 1.3.5:

Tabela 1.3.5 – Traços de argamassas americanas e britânicas

Variação das propriedades	Tipo de argamassa	Traço em volume		
		cimento	cal	Areia(*)
(a)	M (i)	1	0 a ¼	3(+)
↑ ↓	N (ii)	1	½	4 a 4,5(+)
	S (iii)	1	1	5 a 6(+)
	(b)	O (iv)	1	2

(a) aumento de resistência

(b) Aumento na capacidade de absorver movimentos da estrutura

(*) A norma americana prevê um intervalo na quantidade de areia de 2,25 a 3,0 vezes o volume de cimento e cal somados

(+) As quantidades de areia fornecidas pela norma britânica se encaixam dentro do intervalo da norma americana.

Argamassa tipo M: recomendada para alvenaria em contato com o solo, tais como fundações, muros de arrimo, etc. Possui alta resistência à compressão e excelente durabilidade.

Argamassa tipo S: recomendada para alvenaria sujeita aos esforços de flexão. É de boa resistência à compressão e à tração quando confinada entre as unidades.

Argamassa tipo N: recomendada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. É de média resistência à compressão e boa durabilidade. Essa argamassa é a mais comumente utilizada nas obras de pequeno porte no Brasil.

Argamassa tipo O: pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0.70 MPa e não esteja exposta em meio agressivo. É de baixa resistência à compressão e conveniente para o uso em paredes de interiores em geral.

Resistência das Argamassas

A resistência à compressão da alvenaria é o resultado da combinação da resistência da argamassa presente nas juntas e dos blocos.

Três tipos de ruptura à compressão podem ocorrer na alvenaria:

- i. Ruptura dos blocos:** freqüentemente se manifesta pelo surgimento de uma fissura vertical que passa pelos blocos e juntas de argamassa, conforme figura 1.3.5;

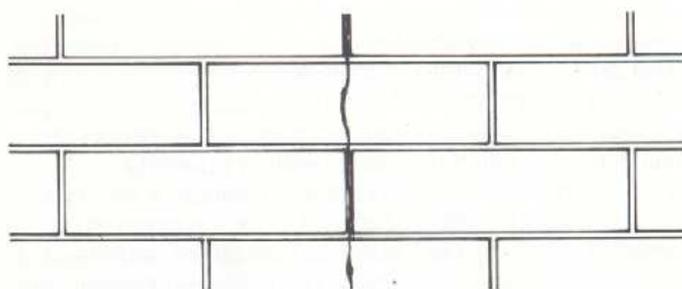


Figura 1.3.5 – Ruptura do bloco

ii. Ruptura da argamassa: quando ocorre o esmagamento das juntas, sendo freqüente a constatação do esfarelamento da argamassa presente na junta;

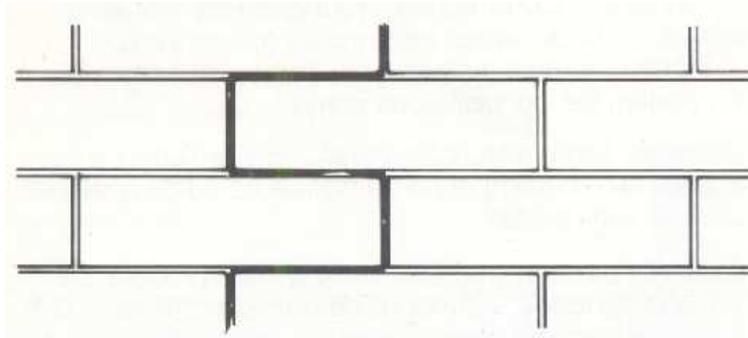


Figura 1.3.6 – Ruptura da argamassa

iii. Ruptura do conjunto: é a situação desejável, quando a ruptura se dá pelo surgimento de fissura vertical no conjunto, porém precedida de indícios de ruptura conjunta da argamassa.

Assim, a combinação ideal entre blocos e argamassas deve ser a que conduza, nos ensaios laboratoriais, a uma ruptura do conjunto como um todo, ou seja, das juntas e dos blocos concomitantemente.



Figura 1.3.7 – Ensaio da argamassa à compressão;

As tensões admissíveis da argamassa à compressão deverão ser minoradas de 20 a 25%.

Essa redução de resistência e de eficiência advinda do ensaio à compressão da argamassa decorre de que os prismas ensaiados devem ser executados nas mesmas condições da parede

3.4 Paredes de Alvenaria

As paredes são elementos estruturais, definidos como laminares (uma das dimensões muito menor do que as outras duas), apoiadas de modo contínuo em sua base.

TIPOLOGIA

De acordo com a sua utilização são classificadas em:

- Paredes de vedação
- Paredes estruturais ou portantes
- Paredes de contraventamento ou enrijecedoras

1. Paredes de vedação

- São aquelas que resistem apenas ao seu próprio peso, e tem como função separar ambientes ou fechamento externo.
- Não tem responsabilidade estrutural.

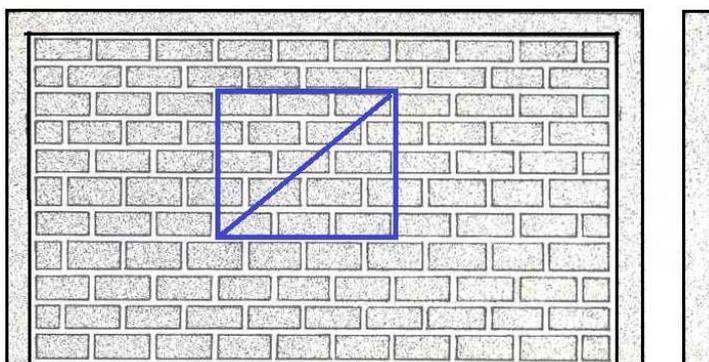


Figura 1.3.8 – Parede de vedação – sem função estrutural
Fonte: ABCI – Manual Técnico de Alvenaria

2. Paredes estruturais ou portantes

- Tem a finalidade de resistir ao seu peso próprio e outras cargas advindas de outros elementos estruturais tais como lajes, vigas, paredes de pavimentos superiores, carga de telhado, etc...

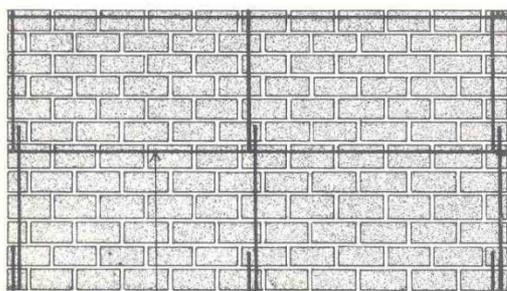


Figura 1.3.9 – Alvenaria estrutural Armada;

Fonte: Fonte: ABCI – Manual Técnico de Alvenaria

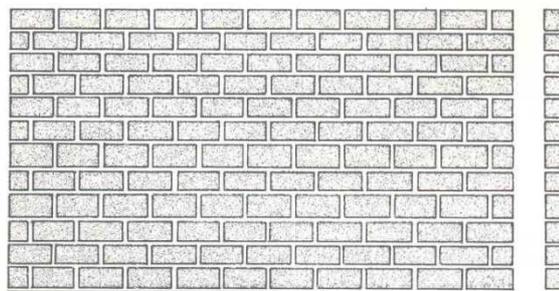


Figura 1.3.10 – Alvenaria estrutural não armada;

3. Paredes de contraventamento ou enrijecedoras

- Paredes estruturais projetadas para enrijecer o conjunto, tornando-o capaz de resistir também a cargas horizontais como, por exemplo o vento.

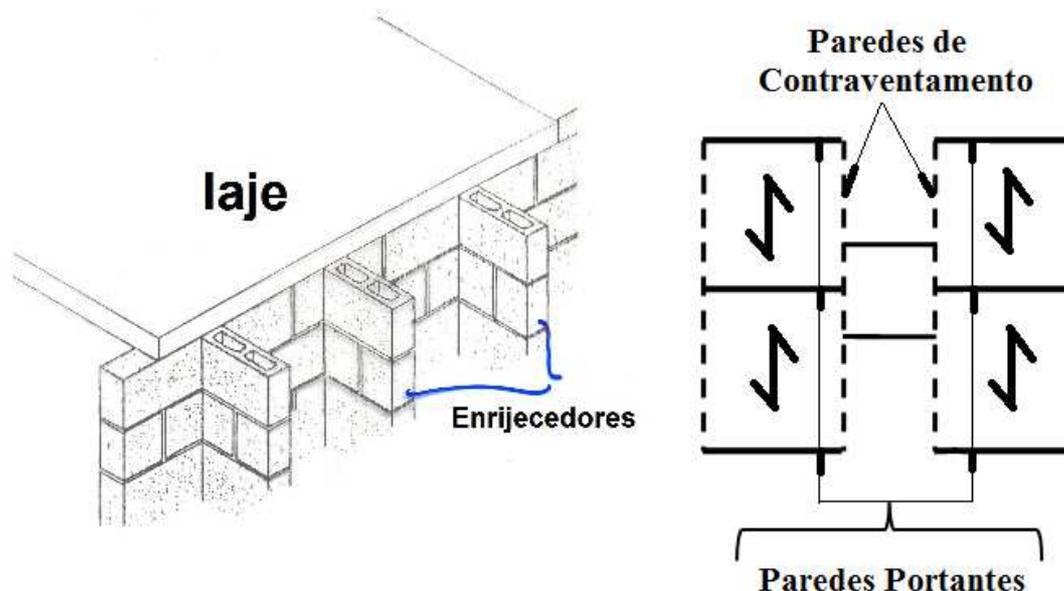


Figura 1.3.11 – Paredes com enrijecedores e paredes de contraventamento;
Fonte: ABCI – Manual Técnico de Alvenaria

A definição de **quais paredes terá função estrutural** e quais cumprirão apenas a função de vedação é fundamental para se garantir a um projeto em alvenaria estrutural um mínimo de flexibilidade quanto a organização interna dos espaços.

PROPRIEDADES MECÂNICAS

As paredes de alvenaria correspondem à combinação de unidades (tijolos ou blocos) e argamassa. Para que o conjunto trabalhe de modo eficiente é necessário que a argamassa ligue, solidariamente, as unidades tornando o conjunto homogêneo.

A alvenaria tem bom comportamento à compressão, porém fraca resistência aos esforços de tração.

A resistência das alvenarias à tração na direção vertical depende da aderência da argamassa à superfície dos tijolos.

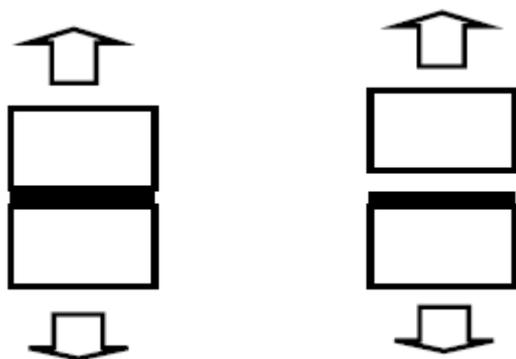


Figura 1.3.12 – Comportamento dos Blocos tracionados.

Na direção horizontal a resistência à tração, provocada por esforços de flexão, recebe a contribuição da resistência ao cisalhamento que o transpasse das fiadas dos blocos proporciona.



Figura 1.3.13 – Tração nos blocos – devido a esforço horizontal

A resistência à compressão das alvenarias é dependente de uma série de fatores, sendo os principais:

- a resistência à compressão dos tijolos,
- a resistência à compressão das argamassas,
- a espessura da junta de assentamento,
- a qualidade da mão-de-obra.

Para se determinar a resistência à compressão da alvenaria é necessário realizar o ensaio de prismas ou mini paredes, sendo mais comum a utilização de prismas devido ao elevado custo dos ensaios de mini paredes.

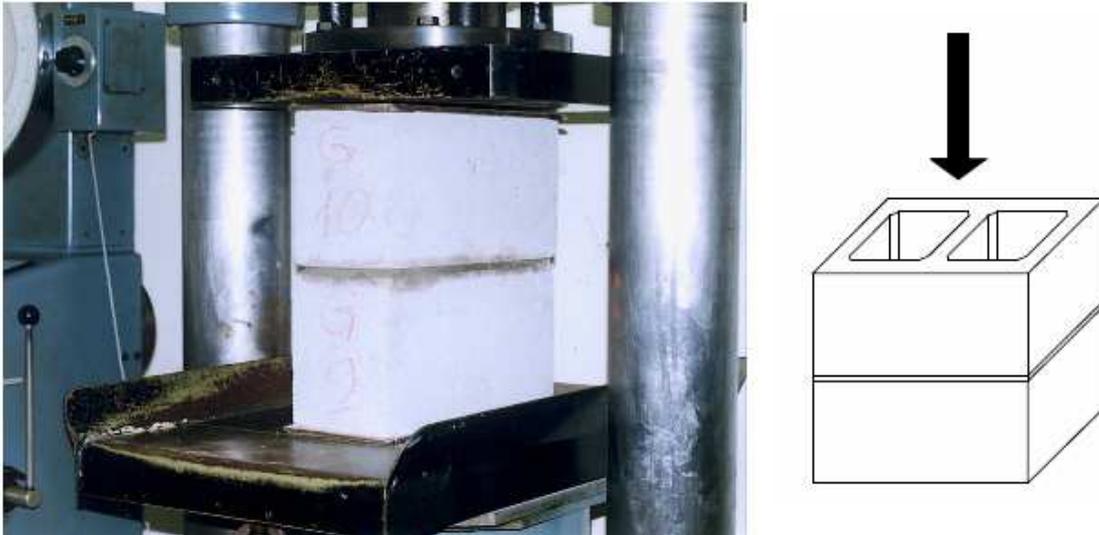


Figura 1.3.14 – Compressão de Prismas

Paredes - Prisma

Prisma oco - Conjunto composto da justaposição de dois blocos de concreto unidos por junta de argamassa, destinado ao ensaio de compressão axial (item 3.1 da NBR 8218/83).

Prisma cheio - Conjunto composto da justaposição de dois blocos de concreto unidos por junta de argamassa, tendo seus vazios preenchidos por graute destinado ao ensaio de compressão axial (item 3.2 – NBR 8218/83).

Os resultados devem ser relatados como a tensão obtida da divisão da carga de ruptura pela (item 6.1 – NBR 8218/83):

- a) área líquida do bloco, no caso dos prismas ocos;
- b) área bruta, no caso dos prismas cheios.

Os resultados dos ensaios mostram que a resistência à compressão dos prismas (f_m) é menor do que a resistência à compressão das unidades (blocos) (f_b) e é maior do que a resistência à compressão da argamassa (f_a).

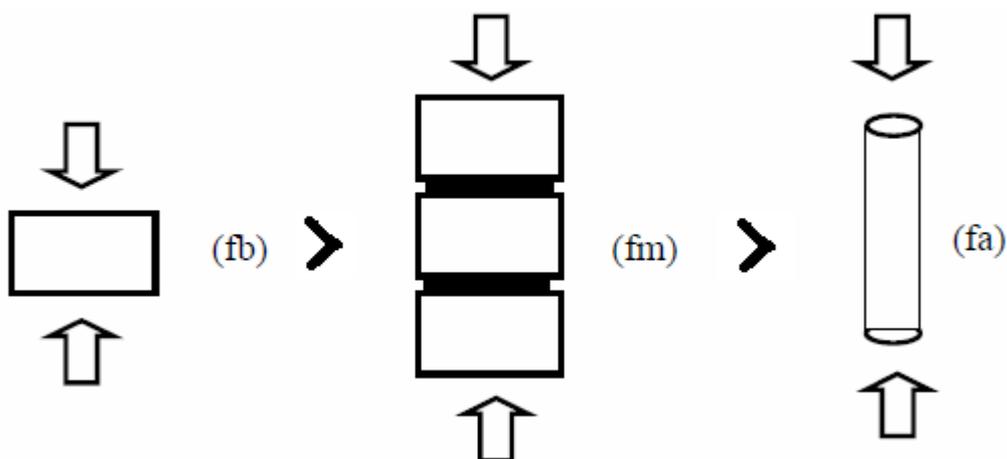


Figura 1.3.15 – Relação entre ensaios de bloco, prisma e argamassa

Fator de Eficiência

Define-se "fator de eficiência da parede" como sendo a relação da resistência da alvenaria (parede ou prisma) e a resistência da unidade (bloco):

- O fator de eficiência é maior para alvenaria confeccionada com blocos do que com tijolos;
- Conforme cresce a resistência das unidades, o fator de eficiência diminui.

Tabela 1.3.6 – Fator de eficiência da alvenaria

Unidade do material da alvenaria	Fator de eficiência
Tijolo cerâmico	18 a 30%
Bloco cerâmico	15 a 40%
Tijolo de concreto	60 a 90%
Bloco de concreto	50 a 100%

As resistências da argamassa e da parede estão fracamente relacionadas quando se trabalha com unidades (Blocos ou tijolos) de resistência relativamente baixa (figura 1.3.16). À medida que a resistência da argamassa aumenta, ela passa a exercer importante influência na resistência final da alvenaria (figura 1.3.17).

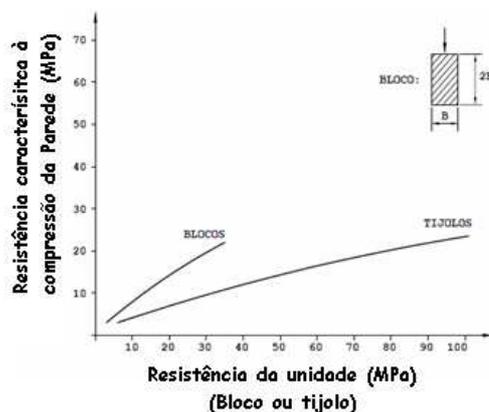


Figura 1.3.16 – Resistência característica da em parede em função da resistência das unidade (Bloco ou tijolo)

Fonte:

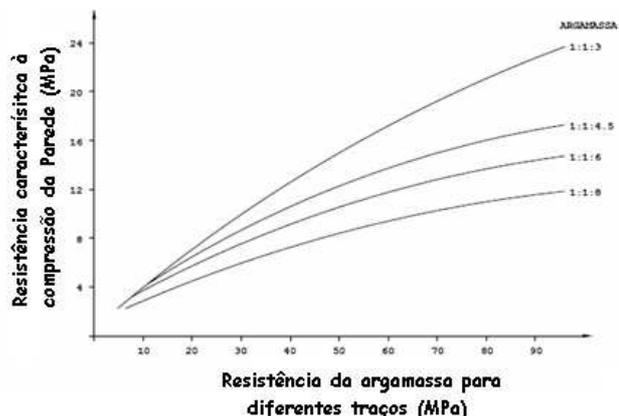


Figura 1.3.17 – Resistência da parede função de diferentes traços de argamassa

Tabela 1.3.6 – Fatores de eficiência de diferentes tipos de unidades utilizadas em Parede (alvenaria) estrutural.

Unidade	Resistência da unidade (MPa)*	Resistência do prisma (MPa)**	Fator de Eficiência ***
Bloco Cerâmico (parede grossa)	22,90	8,11	0,35
Tijolo cerâmico (maciço)	19,00	3,80	0,20
Tijolo cerâmico 21 (furos grandes)	7,00	2,80	0,40
Tijolo cerâmico 21 (furos pequenos)	16,00	4,00	0,25
Bloco cerâmico (furos em forma de losango pequenos)	13,00	4,50	0,35
Bloco cerâmico (furos em forma de losango grandes)	11,50	4,60	0,40

Fonte: Prudêncio, Luiz R; Oliveira, Alexandre L.; Bedim, Carlos A. – Alvenaria Estrutural de Blocos de concreto

Existem diversas fórmulas para definir a resistência de uma parede, a partir da resistência da argamassa e dos blocos ou tijolos, dimensões e densidade dos blocos, altura da parede e condições de mão de obra. Uma delas é a fórmula de Haller, cuja expressão é:

$$R_{\text{parede}} = ((\sqrt{1+0,15 \cdot R_{\text{tijolo}}}) - 1) \cdot (8 + 0,048 \cdot R_{\text{argamassa}}) \text{ em Kg/cm}^2$$

O coeficiente 0,048 corresponde a corpos de prova cilíndricos.

A norma brasileira que regulamenta o ensaio de prismas é a NBR 8215 – Prismas de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – Preparo e Ensaio à Compressão.

4. Modulações e Armação das paredes

Modular uma alvenaria é projetar, utilizando-se de uma “unidade modular”, que é definida pelas medidas dos blocos, comprimento e largura.

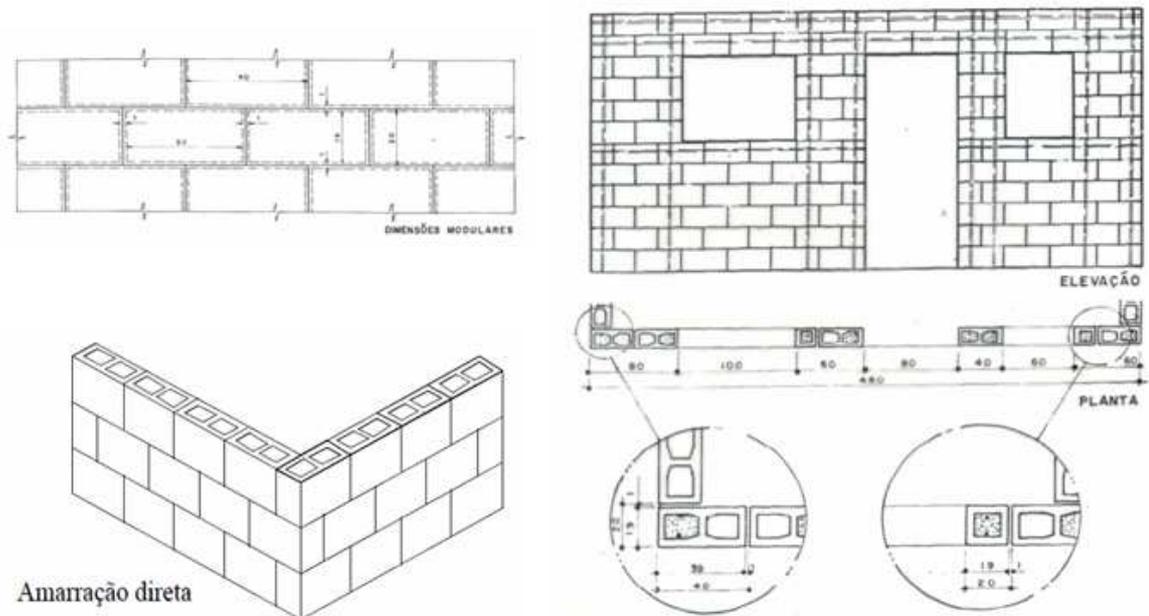
Essas medidas podem ou não ser múltiplas uma das outras. Quando não são múltiplas, a modulação é “quebrada” e, para compensá-la precisa-se lançar mão de elementos especiais, chamados de elementos compensadores da modulação. (ABCP, PR-2, sem data)

Para se elaborar uma modulação objetivando economia e racionalização do projeto, alguns procedimentos são necessários, tais como:

- Todas as dimensões devem ser moduladas - *Ajustes até podem ser realizados, mas em pouquíssimos pontos e apenas sob condições muito particulares;*
- os blocos não devem ser cortados;
- enchimentos entre blocos (compensadores) levam a custos maiores e uma racionalidade menor para a obra: mão-de-obra para a execução dos enchimentos e no próprio dimensionamento das paredes (isoladas);
- amarrar duas ou mais paredes que se encontrem – para garantir a transmissão de ações de uma parede para outra, o que alivia uma parede mais carregada e acrescenta tensões numa menos carregada;
- a uniformização leva à Economia (uma necessidade menor resistência dos blocos);

- prevenção do colapso progressivo define, previamente, caminhos alternativos para transferência de cargas;

Amarração dos Blocos e Paredes



Amarração direta

Figura 1.4.1 – Amarração de paredes

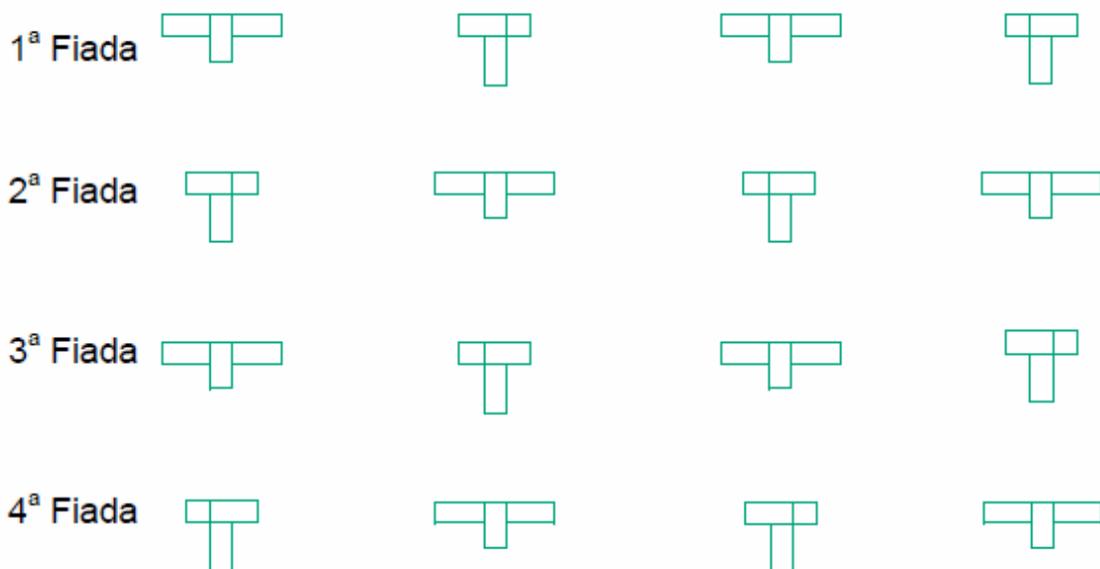


Figura 1.4.2 – Detalhe de fiadas

A seqüência de 4 fiadas diferentes leva a mais trabalho no projeto e na obra.

Na utilização de bloco e meio com 2 fiadas diferentes as ligações são mais eficientes, todavia, tem como desvantagens o peso.

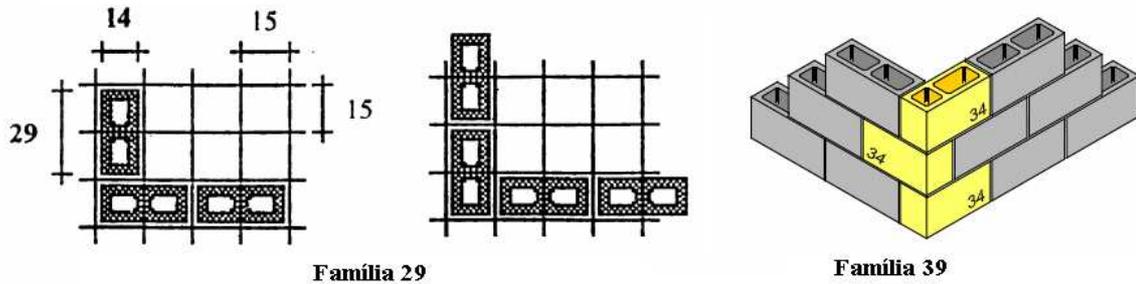


Figura 1.4.3 – Amarração em “L”

Nos cantos são utilizados blocos especiais nas dimensões 14x34 em todas as fiadas da amarração em “L”, quando se trabalha com família 39. Já, quando se utilizam blocos da família 29 não há necessidade de blocos especiais, conforme ilustrado na figura 1.4.3.

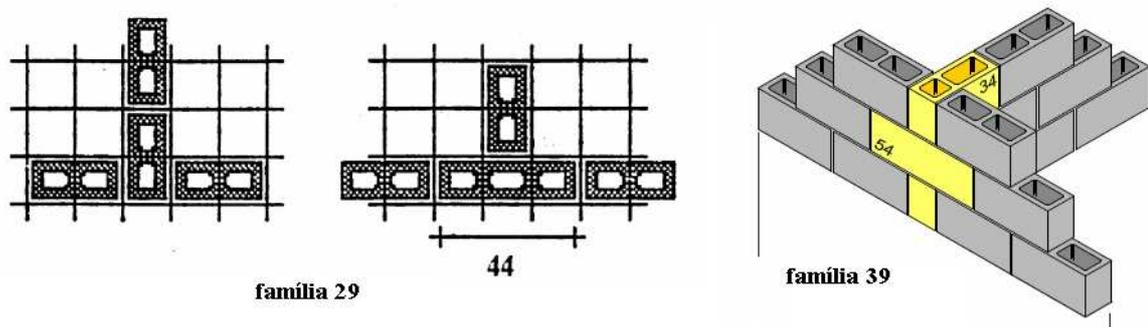
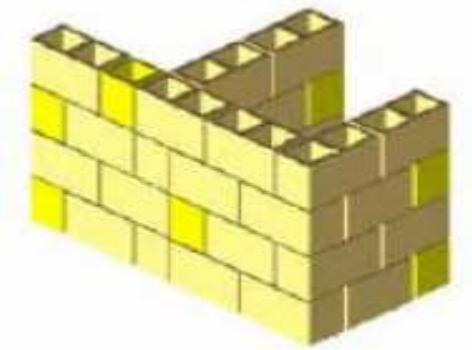


Figura 1.4.4 – Amarração em “T”

Para amarração de paredes em “T” com blocos da família 29 haverá necessidade de se utilizar em uma das fiadas o bloco especial 14x44. No caso de se utilizar blocos da família 39 são utilizados blocos especiais nas dimensões 14x34 em uma fiada e, na fiada seguinte, blocos especiais de 14x54, conforme ilustrado na figura 1.4.4.

Em determinadas ocasiões não se consegue fazer a modulação com todas as paredes amarradas, ocasionando com isto algumas juntas a prumo (JP) devido às dimensões da arquitetura não serem compatíveis com a modulação.



A seqüência de fiadas deve ser elaborada de tal forma que uma junta a prumo não persista, em um mesmo alinhamento vertical, por mais de três fiadas consecutivas.

Figura 1.4.5 – Amarração com junta a prumo

Quando necessário junto a prumo a ABNT (NBR:10837) recomenda a amarração indireta para as paredes (barras metálicas) conforme apresentado na figura 1.4.6.

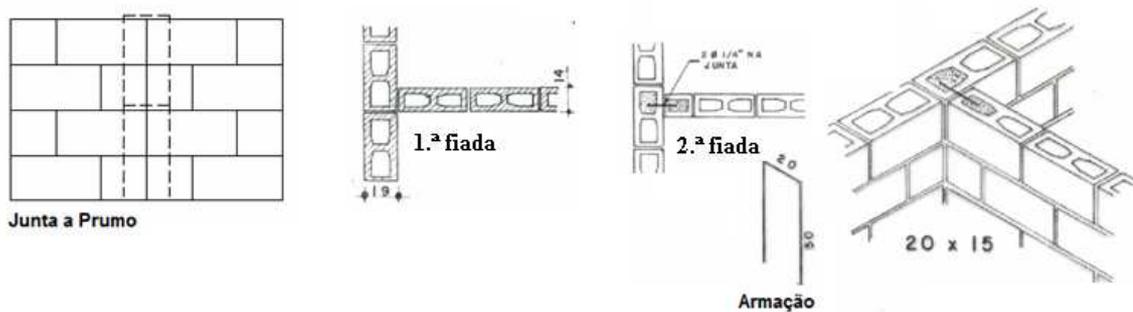


Figura 1.4.6 – Amarração com junta a prumo com amarração indireta – armadura

No caso de Junta a prumo de união de paredes estruturais com paredes não-estruturais recomenda-se dispor, no mínimo a cada três fiadas, de armaduras horizontais na argamassa nos locais de união das paredes, com o objetivo de se evitar fissuras nessas regiões. Existe também a opção de se utilizar telas metálicas na junta de assentamento, que são mais eficientes.

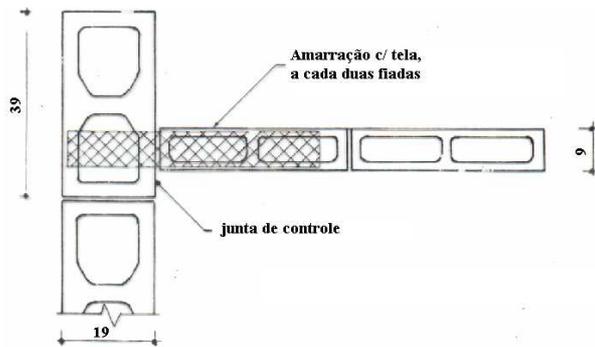


Figura 1.4.7 – Amarração de junta a prumo com tela metálica

Segundo a ABNT (NBR:10837), item 5.4.3.1.3, o diâmetro desta armadura não deve exceder a metade da espessura da camada de argamassa (1,0 cm) na qual a barra está colocada, ou seja, diâmetro máximo 5 mm.

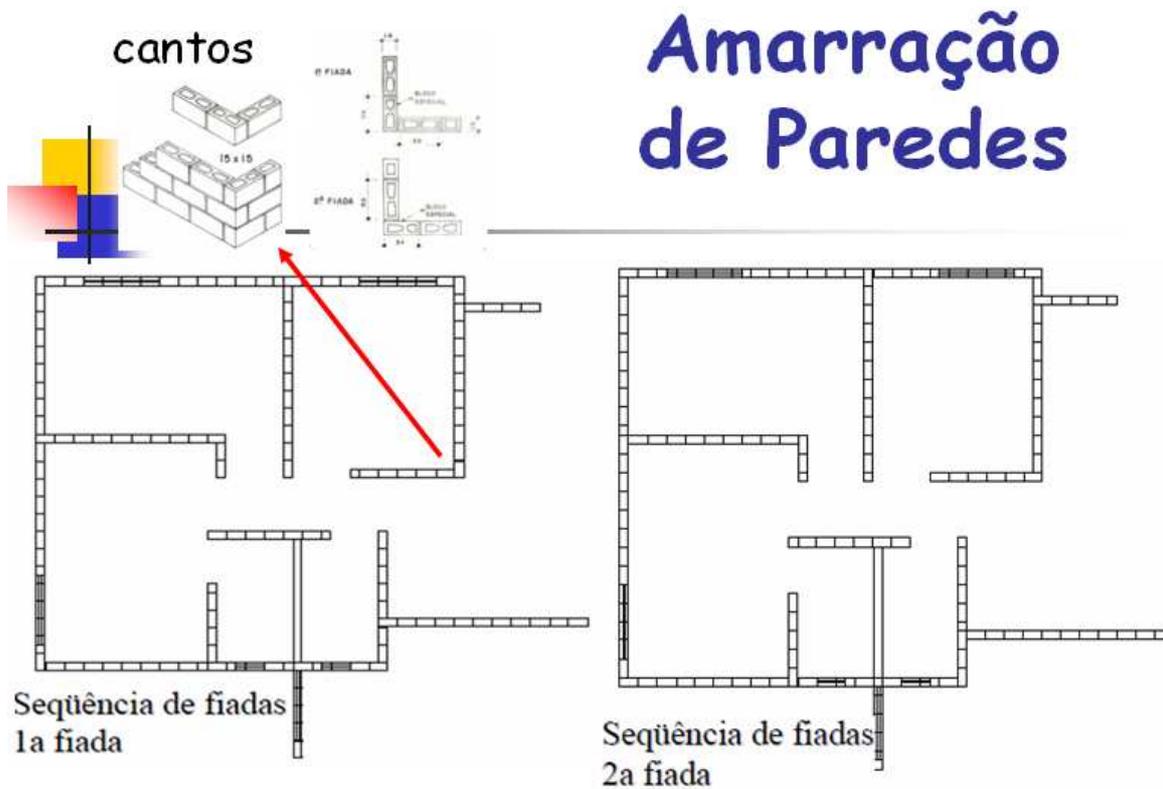


Figura 1.4.8 – Modulação de um pavimento com amarração de canto

Amarração de Paredes

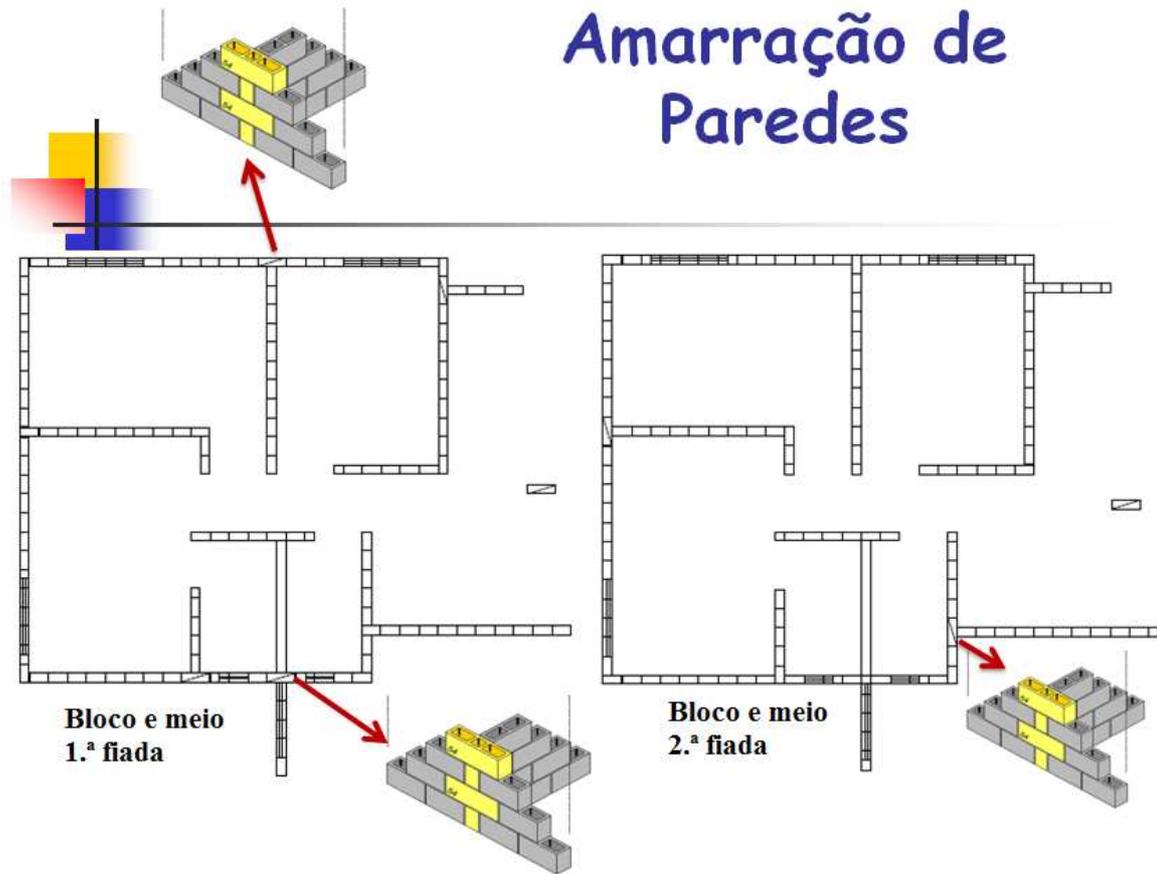


Figura 1.4.9 – Modulação de um pavimento com amarração interna

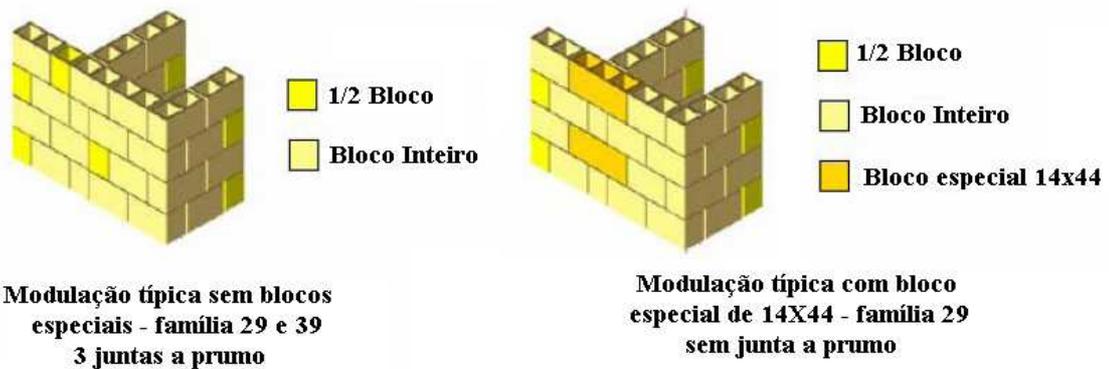


Figura 1.4.10 – Modulação típica com e sem junta a prumo

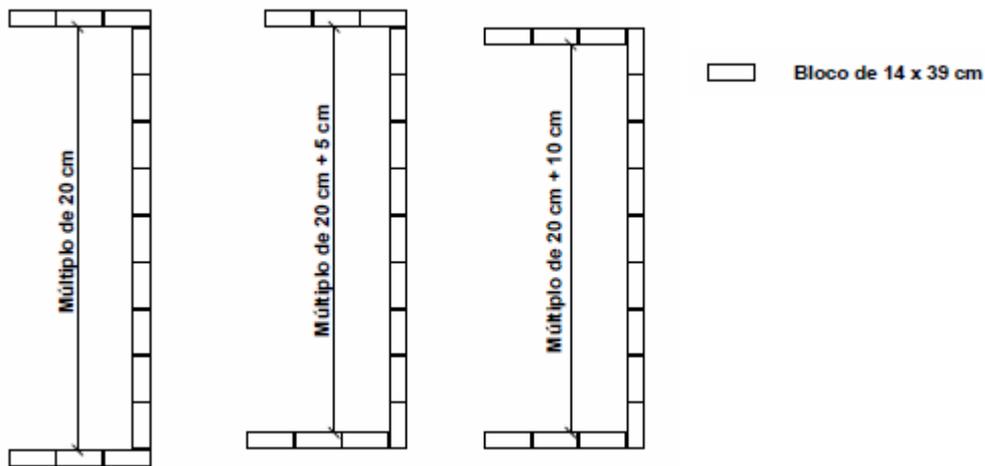


Figura 1.4.11 – Posição relativa dos blocos nos cantos das paredes

Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico é o princípio da concepção é a transformação do sonho em definições gráficas e descritivas. Os demais projetos serão elaborados a partir do mesmo.

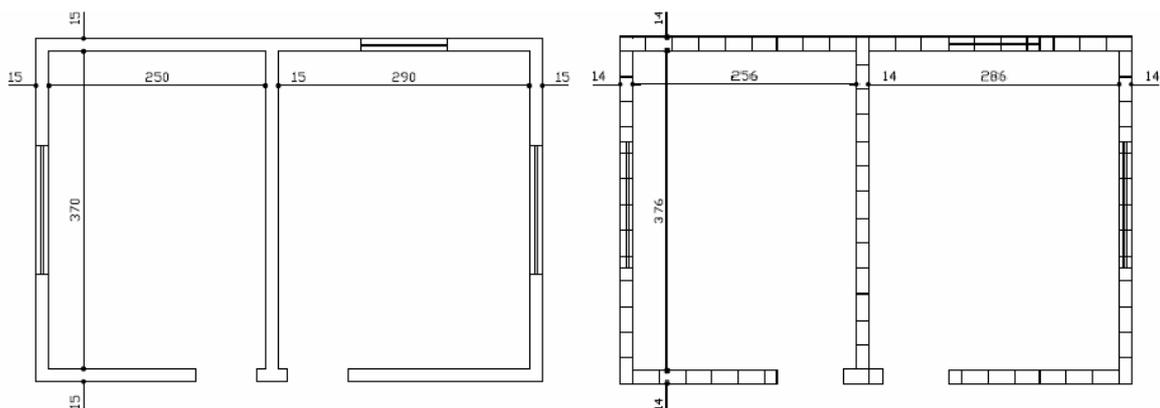


Figura 1.4.12 – Projeto arquitetônico modulado com blocos M15

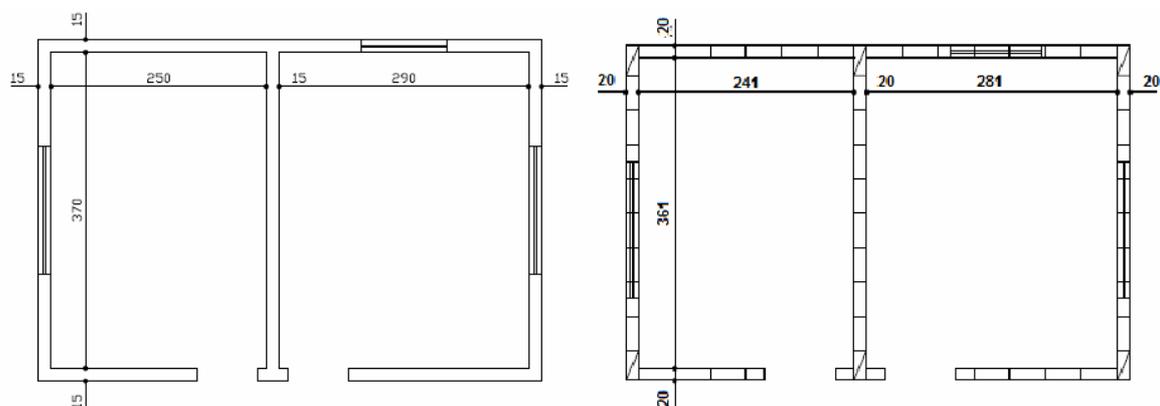


Figura 1.4.13 – Projeto arquitetônico modulado com blocos M20

Um projeto arquitetônico e modulações estruturais, mal concebidos, trarão problemas durante toda a vida útil da edificação, desde a concepção dos projetos complementares; como retrabalhos no canteiro, na fase de execução e, altos custos de manutenção da edificação.

No caso da alvenaria estrutural a modulação estrutural ajusta e redefine o projeto Arquitetônico.

Comece a lançar o projeto pelos encontros em “L” e em “T”, utilizando ou não os blocos especiais que se façam necessários

Em seguida, feche os vãos das alvenarias. Procurar utilizar ao máximo o bloco B29 quando o módulo é 29, e o bloco B39, quando modular com a família 39. Lance os vãos das esquadrias e os shafts e avalie as compensações necessárias

O fechamento definitivo da modulação em planta baixa, no entanto, só ocorre após a execução das elevações das alvenarias, quando se dá realmente o processo de compatibilização com as instalações. Somente quando inserimos os vãos das janelas, e principalmente os shafts que abrigam as instalações hidrossanitárias, é que concluimos a posição definitiva dos blocos em planta baixa.

Planta baixa - Modulação

Planta de 1.^a fiada, elevações de todas as paredes resistentes contendo localização de armaduras, grouteamento, detalhes das amarrações das paredes, aberturas para passagem de canalização e detalhes do projeto arquitetônico;

Informações mínimas para elaboração da 1.^a fiada de um projeto em alvenaria estrutural

- Eixos de locação com medidas acumuladas a partir da origem;
- Eixos de locação com medidas acumuladas até a face dos blocos;
- Dimensões internas dos ambientes com medidas sem acabamentos;
- Indicação de blocos estratégicos com cores diferentes;
- Indicação de elementos pré-fabricados;

- Posicionamento dos shafts e furação de lajes;
- Representação diferente entre as paredes e indica de suas vidas;
- Indicação dos furos grauteados;
- Medidas dos vãos das portas;
- Representação das cotas, de forma direta evitando a obtenção de medidas por diferenças;

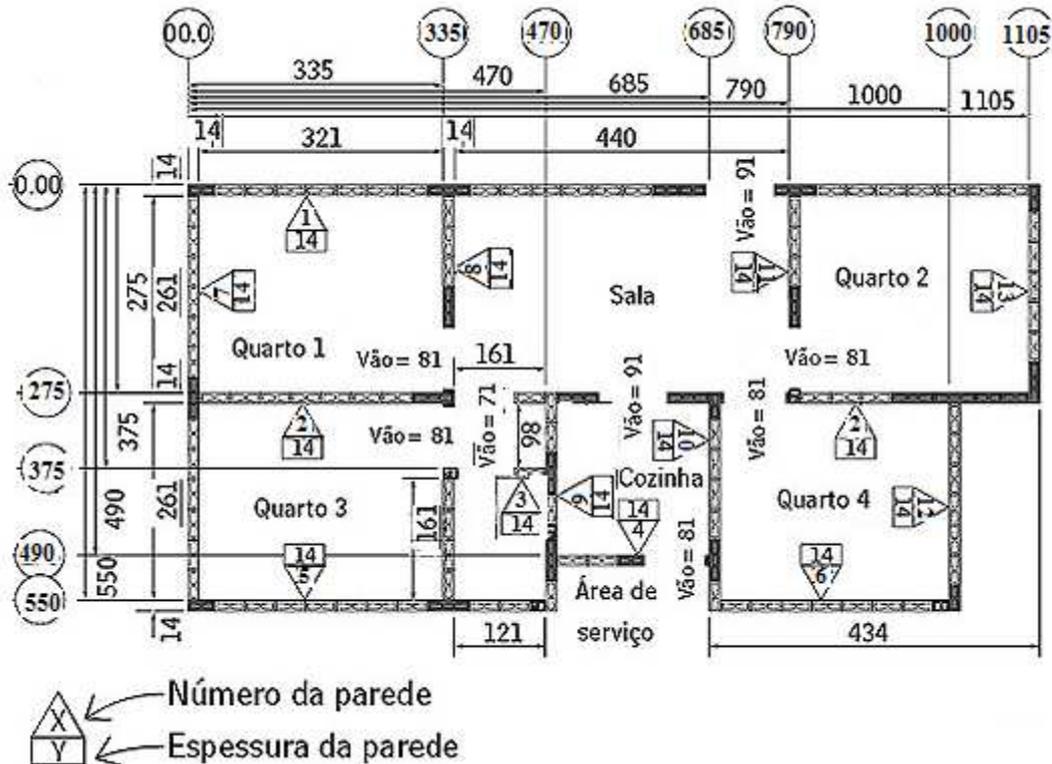


Figura 1.4.14 – Informações para elaboração da 1.^a fiada
 Fonte: *Téchne - Patrícia Tozzini Ribeiro*

Elevações – Modulação vertical

Recomenda-se que, em um projeto de alvenaria estrutural, sejam apresentadas as elevações de todas as paredes ou, pelo menos, das paredes atípicas como, por exemplo, paredes contendo interferências com componentes do subsistema de instalações prediais de qualquer natureza, aberturas para incorporação de esquadrias ou quadros de distribuição ou outros elementos particulares (Siqueira).

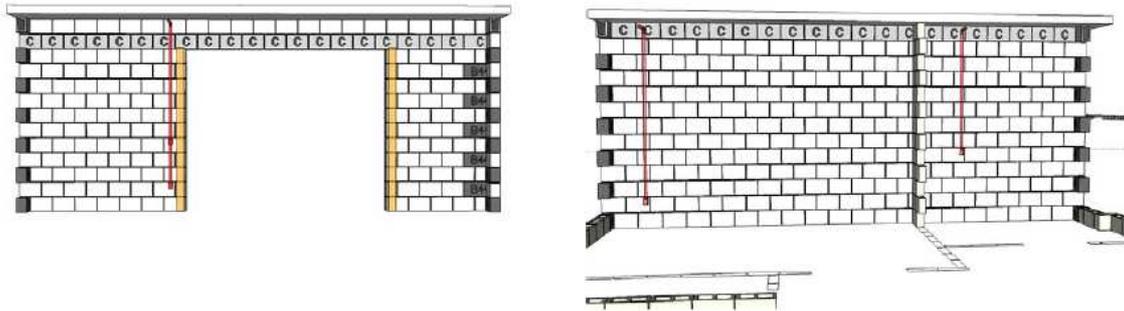


Figura 1.4.15 – Elevação de Parede;

Informações mínimas para os desenhos das Elevações

- Indicação da posição de todos os blocos;
- Identificação, com cores diferentes, os blocos especiais e compensadores;
- Representação colorida das tubulações elétricas e caixinhas;
- Cotas dos vãos das portas e janelas;
- Cotas dos níveis dos pavimentos e a espessura das lajes;
- Indicação dos pontos de groute com textura mais escura;
- Indicação das barras de aço verticais e horizontais;
- Indicação das canaletas e vergas;
- Legenda;
- Tabela com resumo de quantidade de blocos, aço, groute e pré-moldados.

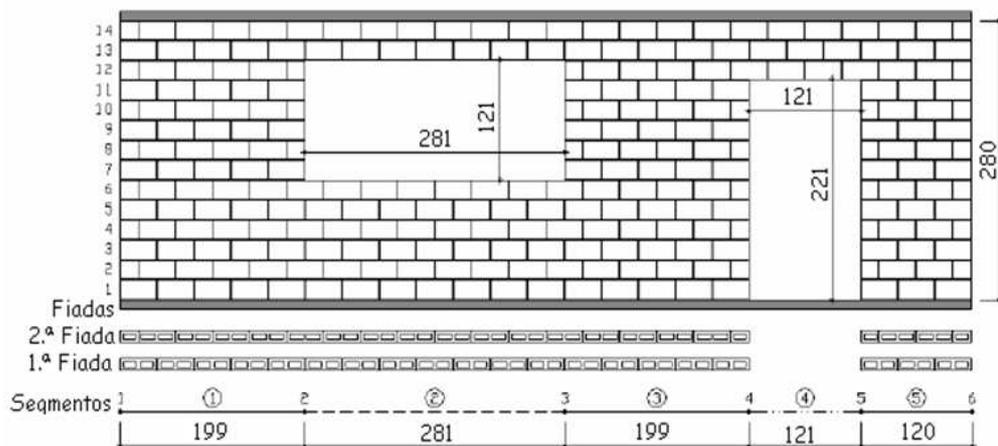


Figura 1.4.16 – Elevação de Parede com detalhes da 1.ª e 2.ª fiadas

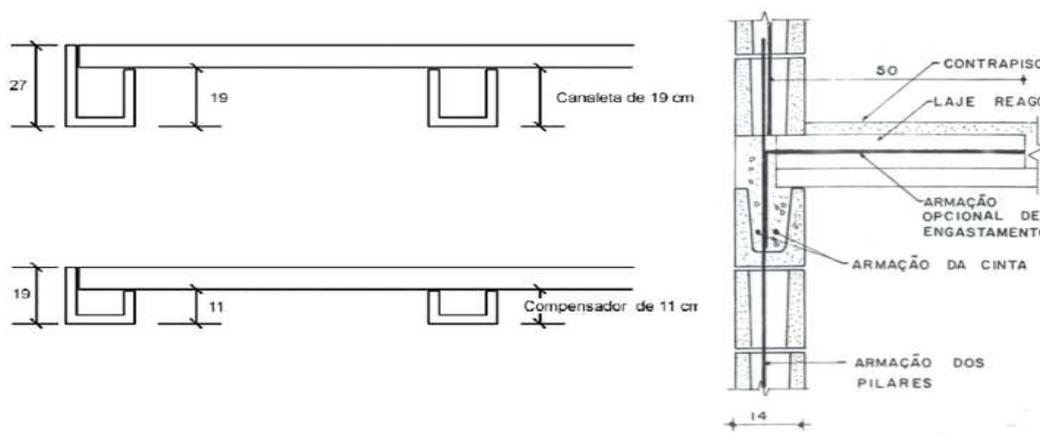


Figura 1.4.17 – Modulação vertical – última fiada – canaleta

Em edifícios de planta simétrica modula-se metade do pavimento e rebate-se no outro lado, ajustando os pontos de encontro das duas partes.

Edifícios de 4 apartamentos por andar pode-se fazer a modulação de apenas um deles e rebatê-la duas vezes para obter os demais, fazendo pequenos ajustes nas regiões de escada, elevadores e hall.

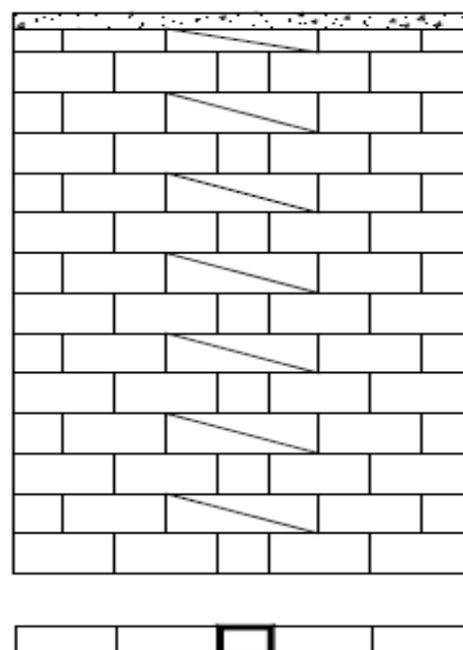


Figura 1.4.18 - Parede Central do Pavimento

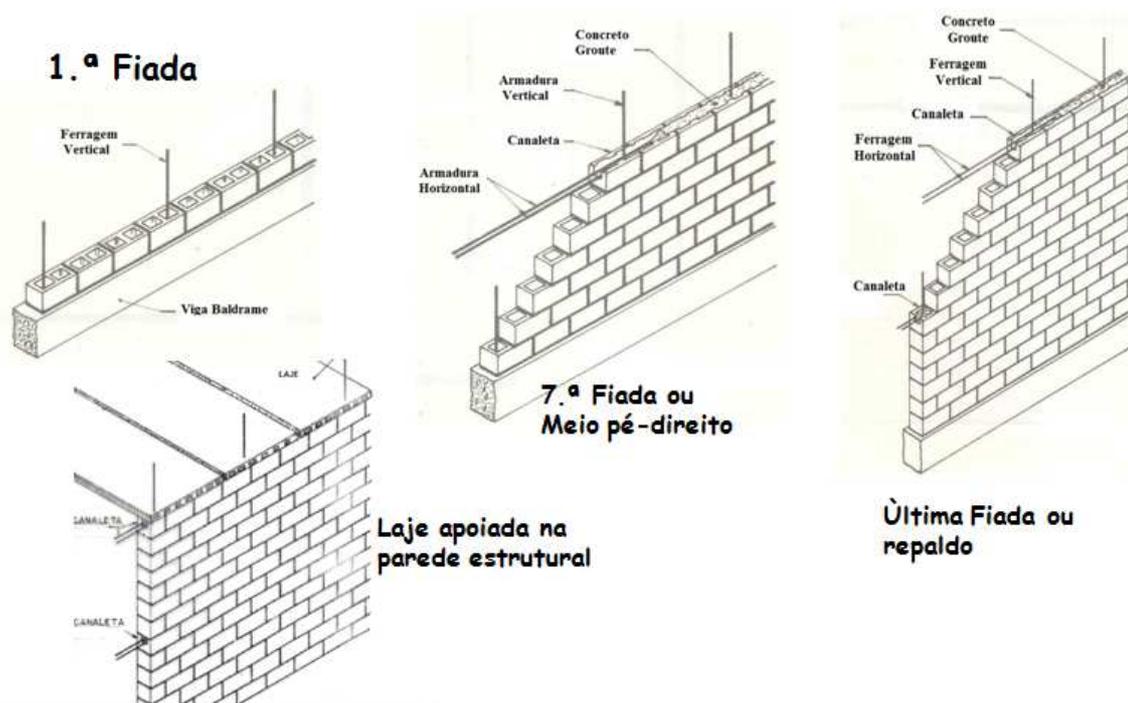


Figura 1.4.19 – Detalhe da 1.º, 7.º e última fiada
Fonte: Tauil – Alvenaria Armada

Cintas

As cintas são fiadas compostas por blocos canaleta preenchidos com graute e armadura. Sua função é dar travamento às paredes e ao prédio como um todo. Transmitir a reação da laje à alvenaria, uniformizando-a, e combater efeitos provocados por variações volumétricas (retração, variação de temperatura e efeitos higroscópicos).

Recomenda-se a sua execução abaixo da laje em todas as paredes e, a meia altura, normalmente na 7.º fiada, em especial nas paredes externas, por estarem expostas às intempéries, conforme ilustrado na figura 1.4.18.

Geralmente não são calculadas, adota-se sua altura igual a um bloco canaleta e armadura construtiva, também adotada, que pode ser igual:

- a) 1 ϕ 10,0 mm corrido ou
- b) 2 ϕ 8,0 mm corridos.

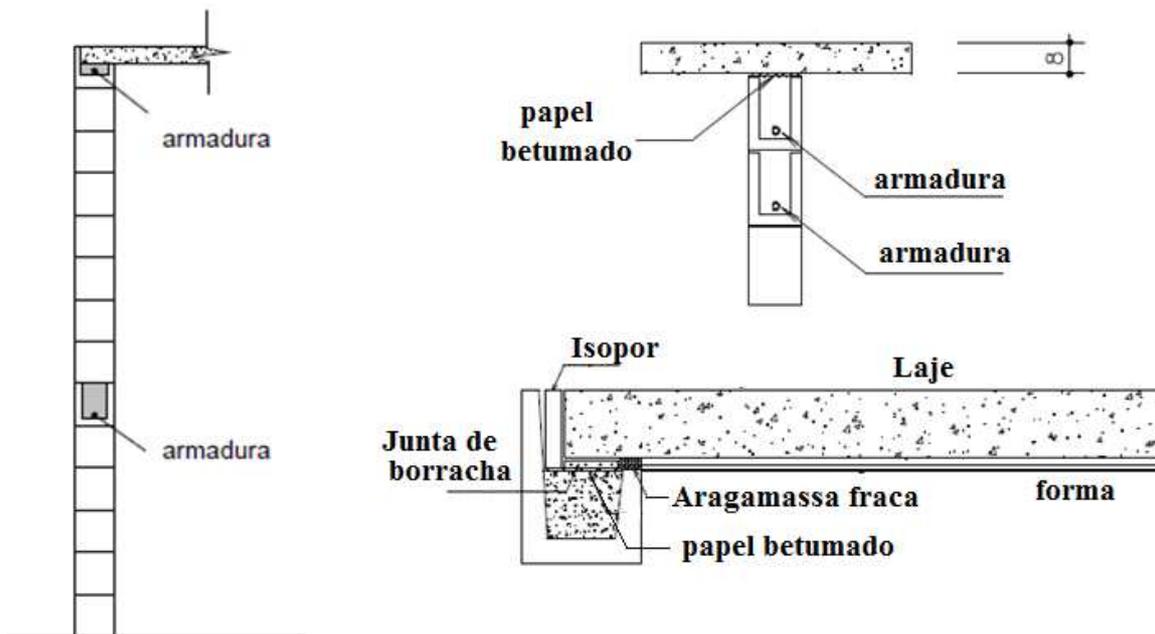
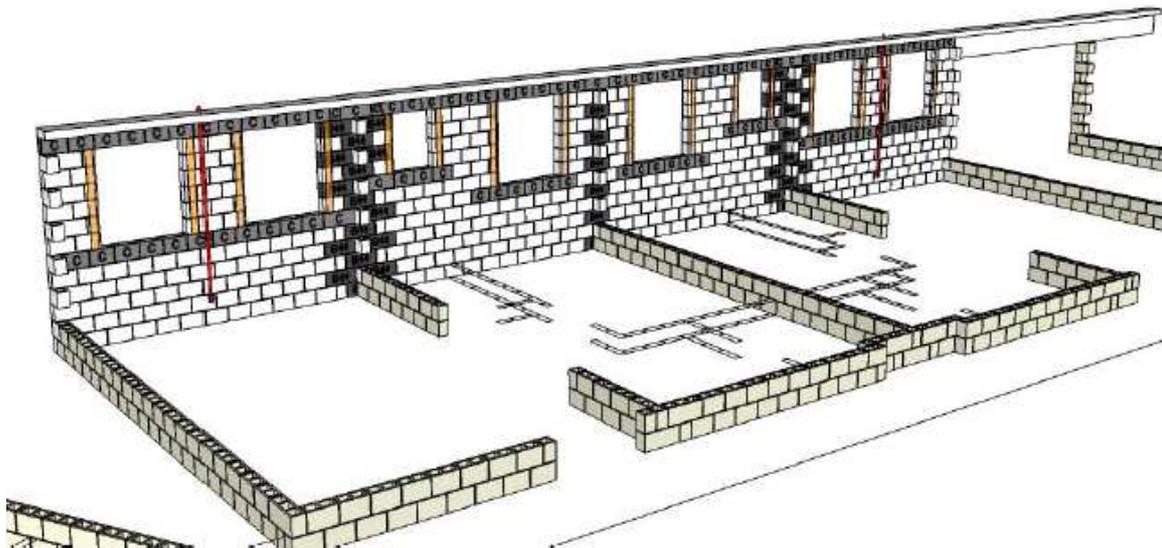


Figura 1.4.20 – Detalhe das cintas;



**Figura 1.4.21 – Modulação das paredes no modelo tridimensional;
Fonte: Siqueira – Coordenação Modular da Alvenaria Estrutural**

Tubulações - Instalações

As instalações elétricas, de telefone, de TV e de interfone passam, em sua maioria, dentro dos vazados verticais dos blocos estruturais e pelas lajes.

É essencial, em termos de racionalização construtiva, que estas instalações não exijam o rasgamento das paredes - FRANCO et al (1991).

Um procedimento simples e seguro é descontar as partes da parede por onde passam os cortes verticais. Recomenda-se também evitar os cortes horizontais e diagonais sempre.

Tubulações Hidráulicas

A passagem das tubulações hidrossanitárias em alvenaria estrutural exige do projetista: modulações e concepções diferenciadas, em virtude dos diâmetros dessas instalações e futuros problemas com manutenção.

Pode-se trabalhar embutindo das instalações nas paredes de forma racionalizada conforme indicado na figura 1.4.22; paredes não-estruturais; “shafts” hidráulicos; enchimentos; sancas; forros falsos, etc.

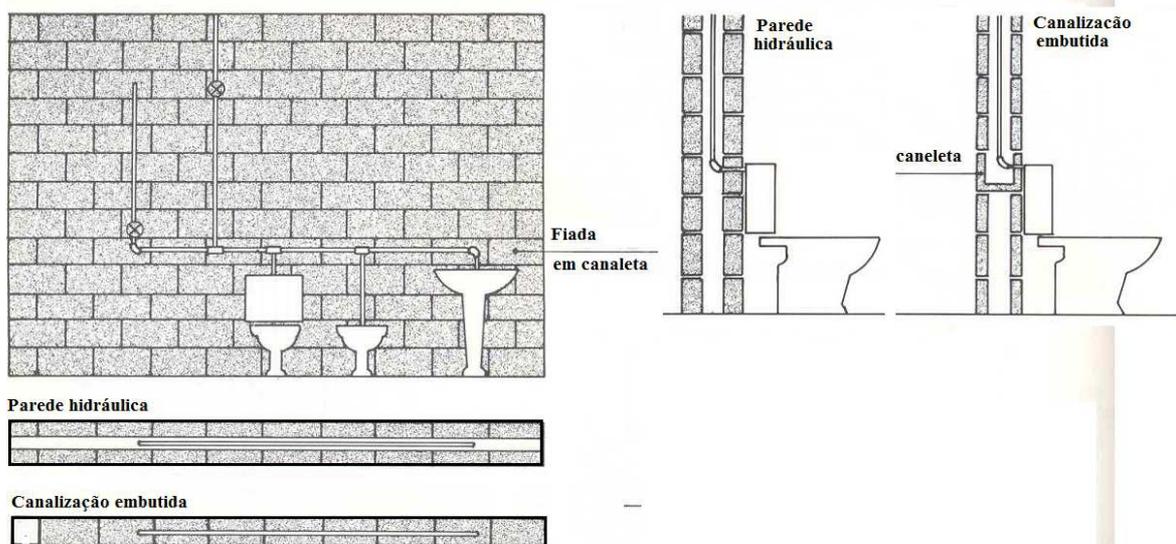


Figura 1.4.22 – Tubulação embutida ou em Parede hidráulica
Fonte: ABCI – Manual Técnico de Alvenaria

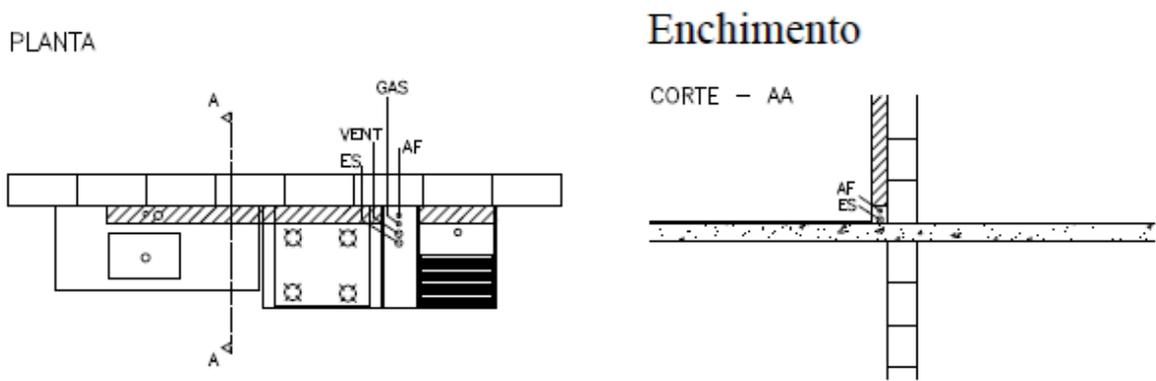


Figura 1.4.23 – Parede enchimento – para passagem da tubulação

Sanca

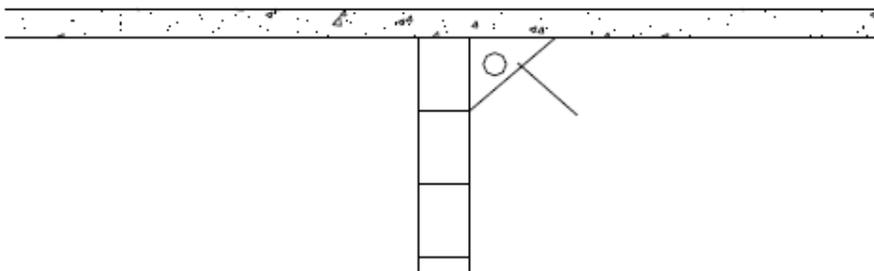


Figura 1.4.24 – Execução de sancas para passagem da tubulação

É importante salientar que eventuais necessidades de cortes nas paredes, para manutenção, em caso de vazamento, poderão comprometer a integridade das paredes e alterar sua função estrutural.

As paredes não-estruturais não farão parte da estrutura do edifício, portanto, é permitida a execução de rasgos para embutir as tubulações (desvantagens).

Elementos pré-moldados - Lajes

Para transferência adequada da ação do vento é conveniente utilizar lajes maciças, visto que a sua rigidez transversal deve ser suficiente para garantir o seu funcionamento como diafragma, transferido os esforços horizontais, atuantes na construção, às paredes portantes.

No caso de se utilizar Lajes pré-moldadas, a capa de concreto, moldada “in loco”, fica com a responsabilidade de efetuar essa transferência das ações horizontais do vento da laje para as paredes portantes.

Escadas pré-moldadas ou moldadas “in loco”

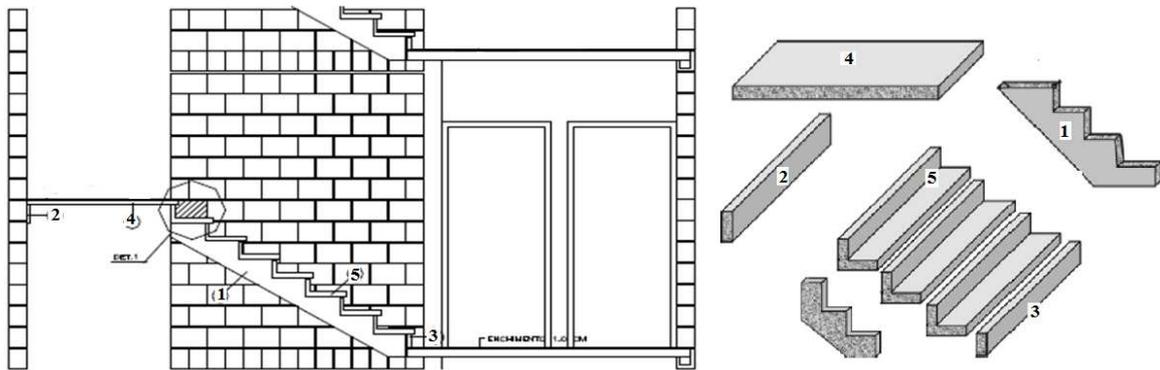


Figura 1.4.25 – Escada pré-moldada
Fonte: Suzana

Escada tipo “Jacaré”

Elementos pré-moldados - Vergas

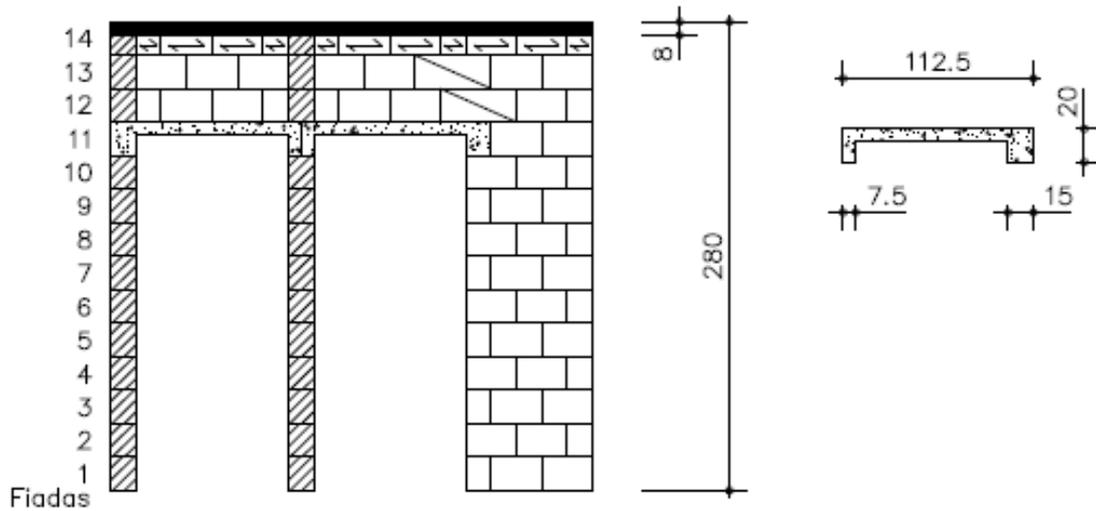


Figura 1.4.26 – Verga – pré-moldada
Fonte: Suzana



Fonte: Suzana Campana Peleteiro

5 – Normalização

As principais normas para Alvenaria estrutural:

NBR 15961/2011 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto

Parte 1 – Projeto

Esta Norma cancela e substitui as: NBR 8215:1983, NBR 8798:1985; NBR 10837:1989

Escopo: Esta NBR especifica os requisitos mínimos exigidos para o projeto de estruturas de alvenaria de blocos de concreto

Referências:

- NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto armado – procedimentos;
- NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos;
- NBR 7480 - Aço destinado a armadura para estruturas de concreto armado – Especificação;
- NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- NBR 8949 - Paredes de alvenaria estrutural – Ensaio à compressão simples – Método de ensaio;
- NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- NBR 13281 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;

- NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão;
- NBR 14321 - Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento;
- NBR 14322 - Paredes de alvenaria estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão;

Parte 2 – Execução e controle de obras

Esta Norma cancela e substitui as: NBR 8215:1983, NBR 8798:1985; NBR 10837:1989

Escopo: Esta parte da NBR 15961 estabelece os requisitos mínimos exigíveis para a execução e controle de obras com estruturas de alvenaria de blocos de concreto

Referências:

- NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;
- NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos;
- NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação;
- NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- NBR 8949 – Paredes de alvenaria estrutural – Ensaio à compressão simples – Método de ensaio;
- NBR 12118 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio;
- NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão;

NBR 15812/2010 – Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos.

Parte 1: Projetos

Escopo: Esta NBR especifica os requisitos mínimos exigidos para o projeto de estruturas de alvenaria de blocos cerâmicos

Referências:

- NBR 5706/77 – Coordenação Modular da Construção;
- NBR 5718 – Alvenaria Modular;

- NBR 5729 – Princípios fundamentais para elaboração de projetos coordenados modularmente;
- NBR 6118 – Projetos de estruturas de concreto armado;
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6123 – Forças devido ao vento em edificações;
- NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado;
- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas;
- NBR 880 – Projeto de estruturas de aço de edifícios;
- NBR 8949 – Paredes de alvenaria estrutural – Ensaio à compressão simples – Método de ensaio;
- NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos;
- NBR 13279 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão;

Parte 2 – Execução e controle de obras

Escopo: Esta NBR especifica os requisitos mínimos exigidos para a execução e controle de obras com estruturas de alvenaria de blocos cerâmicos.

Referências:

- NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova;
- NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação;
- NBR 7222 – Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos;
- NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- NBR 8949 – Paredes de alvenaria estrutural – Ensaio à compressão simples – Método de ensaio;
- NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão;
- NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos;
- NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos;
- NBR 15270-3:05 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaios;

NBR 6136:2007 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos

Objetivo: Esta norma estabelece os requisitos para o recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

Referências:

- NBR 5706:77 – Coordenação Modular da Construção;
- NBR 5726:82 – Série Modular de medidas;
- NBR 5732:91 – Cimento Portland comum – Especificação;
- NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação;
- NBR 5735:91 – Cimento Portland de alto forno – Especificação;
- NBR 5736:91 – Cimento Portland pozolânico – Especificação;
- NBR 7211:05 – Agregado para concreto – Especificação;
- NBR 11578:91 – Cimento Portland composto – Especificação;
- NBR 11768:92 – Aditivos para concreto de cimento Portland;
- NBR 12118:06 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Análise dimensional, determinação da absorção de água, da área líquida, da resistência à compressão e da retração por secagem – Método de ensaio;
- ASTM E 514:05 – Standard test method for water penetration and leakage through masonry;
- ACI 530:05 – Specification for masonry structures.

NBR 8798:1985 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto

Objetivo: Esta Norma fixa as condições exigíveis que devem ser obedecidas na execução e no controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, não armada, parcialmente armada e armada.

Referência:

- NBR 5732 - Cimento Portland comum – Especificação;
- NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação;
- NBR 5735 - Cimento Portland de alto forno – Especificação;
- NBR 5736 - Cimento Portland pozolânico – Especificação;
- NBR 5737 - Cimento Portland de moderada resistência a sulfatos e moderado calor de hidratação (MRS) e cimento Portland de alta resistência a sulfatos (ARS) – Especificação;
- NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos - Método de ensaio;
- NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto - Método de ensaio;

- NBR 5741 - Cimento Portland - Extração e preparação de amostras - Método de ensaio;
- NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado – Especificação;
- NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Especificação;
- NBR 6471 - Cal virgem e cal hidratada - Retirada e preparação de amostra - Método de ensaio;
- NBR 7175 - Cal hidratada para argamassas – Especificação;
- NBR 7190 - Cálculo e execução de estruturas de madeira – Procedimento;
- NBR 7211 - Agregados para concreto – Especificação;
- NBR 7215 - Ensaio de cimento Portland - Método de ensaio;
- NBR 7216 - Amostragem de agregados - Método de ensaio Origem: Projeto 02:003.04-011/1984;
- CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil;
- CE-02:003.04 - Comissão de Estudo de Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto – Procedimento;
- NBR 7223 - Concreto - Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone - Método de ensaio;
- NBR 7480 - Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação;
- NBR 8215 - Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural - Preparo e ensaio à compressão - Método de ensaio;
- ASTM-C-91 - Masonry cement, espec. For;

NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos

Objetivo - Esta parte da ABNT NBR 15270 define os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos estruturais a serem utilizados em obras de alvenaria estrutural, com ou sem revestimento.

Referências:

- ABNT NBR 15270-3:2005 – Componentes cerâmicos – Parte 3 : Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCI - Associação Brasileira da Construção Industrializada - **Manual Técnico de Alvenaria** - ABCI/PROJETO - 1990.

_____ NBR 6136:2007 – **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos** – Rio de Janeiro;

_____ NBR 7186:1982 - **Bloco vazado de concreto simples para alvenaria com função estrutural** - Rio de Janeiro.

_____ NBR 8798:1985 - **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto** - Rio de Janeiro.

_____ NBR 10837:1989 - **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro.

_____ NBR 15270-2:2005 – **Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro.

_____ NBR 15812-1:2010 – **Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro.

_____ NBR 15812-2:2010 – **Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro.

NBR 15961-1:2011 – **Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro.

NBR 15961-2:2011 – **Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro.

Comissão de Sistematização - **Diretrizes para Solução dos Problemas Relacionados aos Prédios Construídos em Alvenaria Resistente na Região Metropolitana do Recife** - Recife – Pernambuco - Fevereiro de 2009;

Document Technique Unifié. NQ 20.11 - **Paroís et murs en Maçonnerie** - Octobre 1978.

França, Armando Manuel Machado — **Manual da Construção em Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto** -NTT-1982.

Frasson Jr., Artêmio, Oliveira, Alexandre Lima de e Prudêncio Jr., Luiz Roberto – **Metodologia de dosagem para blocos de concreto empregados em alvenaria estrutural** - suplemento da revista Prisma, publicado pela Editora Mandarim Ltda.;

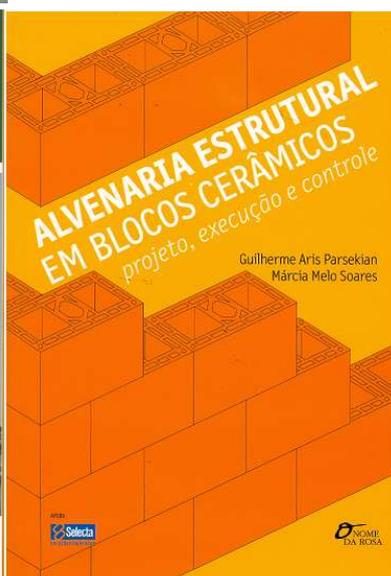
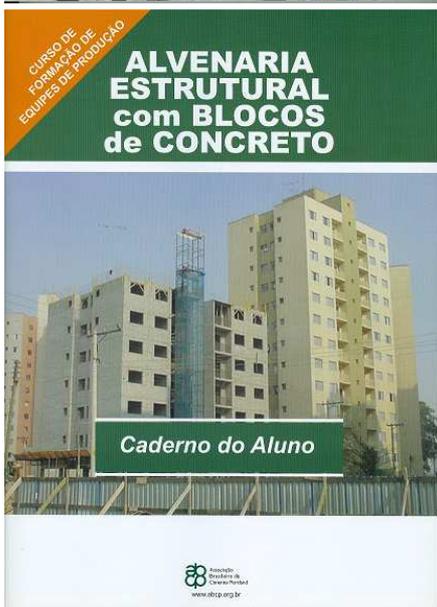
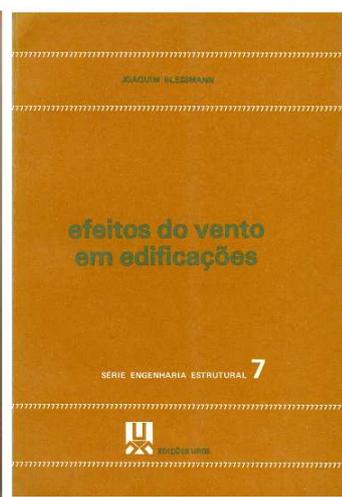
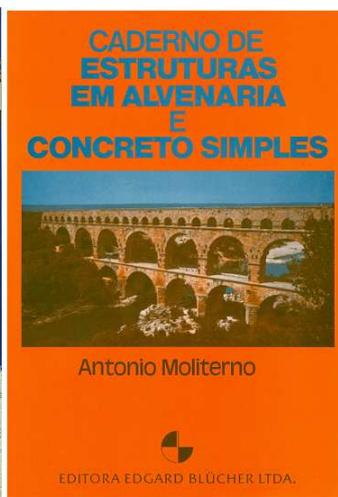
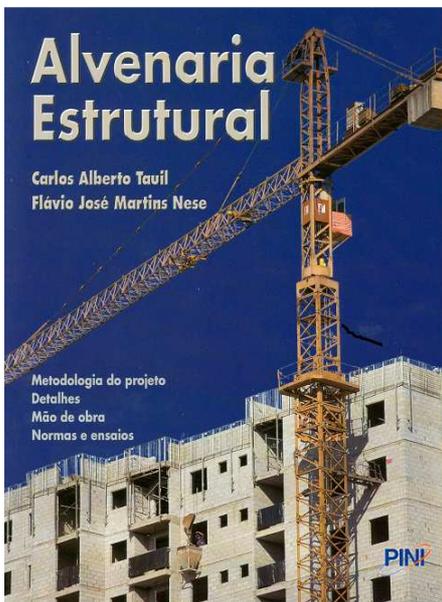
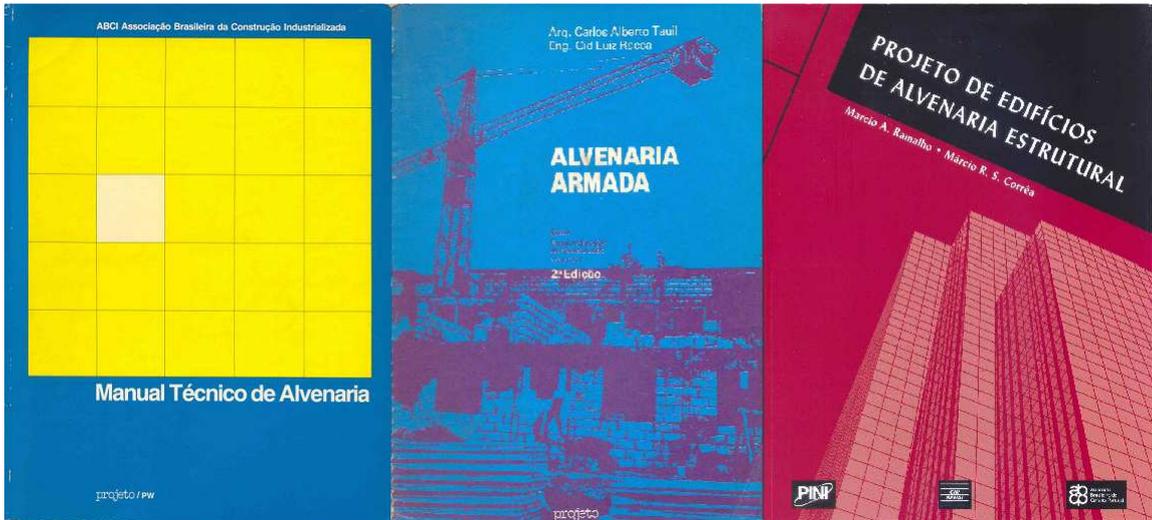
Reago - **Racionalização das Construções** - Maio/1980.

Tauil, Carlos Alberto e Racca, Cid Luíz - **Alvenaria Armada** -2.^a edição — 1981.

Thomaz, Êrcio - **Trincas em Edificações: Causas e Mecanismos de formação** - IPT - 1986 – 2.^a edição.

SIQUEIRA, Renata A.; MALARD, Maria L.; SILVA, Margarete M. A.; TELLO, Marina; ALVES, José M. – **Coordenação Modular da Alvenaria Estrutural: Concepção e Representação**.

Sinduscon-MG – Sindicato da Industria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural; Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural - vedação**. Belo Horizonte: Sinduscon-MG, 2007. 28 p. (Programa Qualimat Sinduscon-MG);



Projeto

CDHU

Prédios verticais

Conjunto habitacional
Jardim São Bento

Áreas*
de construção: 52,15m²
útil: 44,10m²

(* para uma unidade)



A inédita tipologia adotada (aumentando o número de andares) melhora a utilização das infra-estruturas existentes na cidade através de um maior aproveitamento na ocupação dos terrenos.

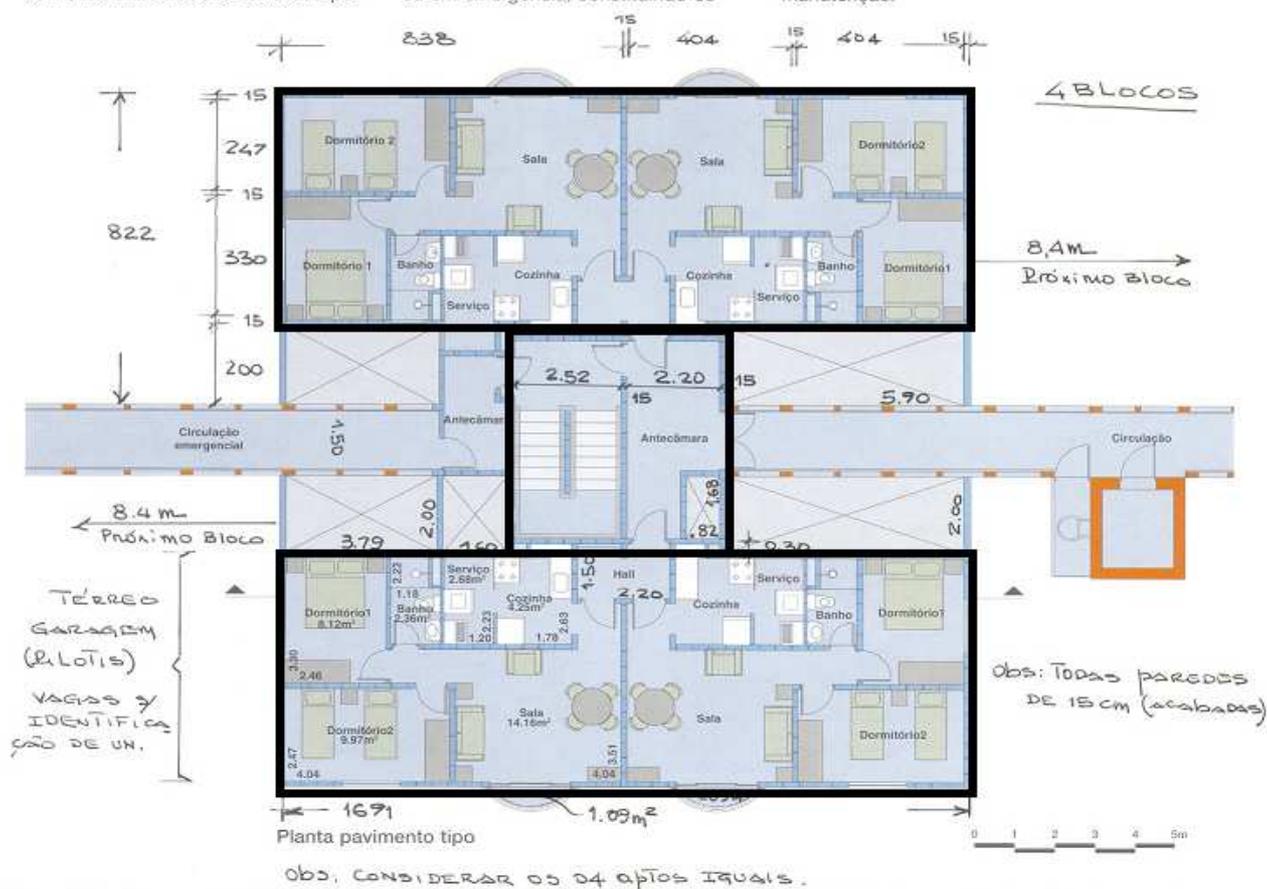
A solução arquitetônica apresenta blocos de 10 pavimentos (térreo + 9) interligados por passarelas ao nível do sexto pavimento. As passarelas entre os blocos extremos são atendidas por

um elevador cada uma, que fazem o percurso, sem paradas, entre o térreo e o 6º pavimento. Da passarela o morador se dirige à escada de cada bloco, subindo ou descendo no máximo 2 e 3 andares.

Existe ainda uma passarela de uso eventual unindo cada conjunto de dois blocos, que será utilizada quando da manutenção de um dos elevadores ou em emergência, constituindo-se

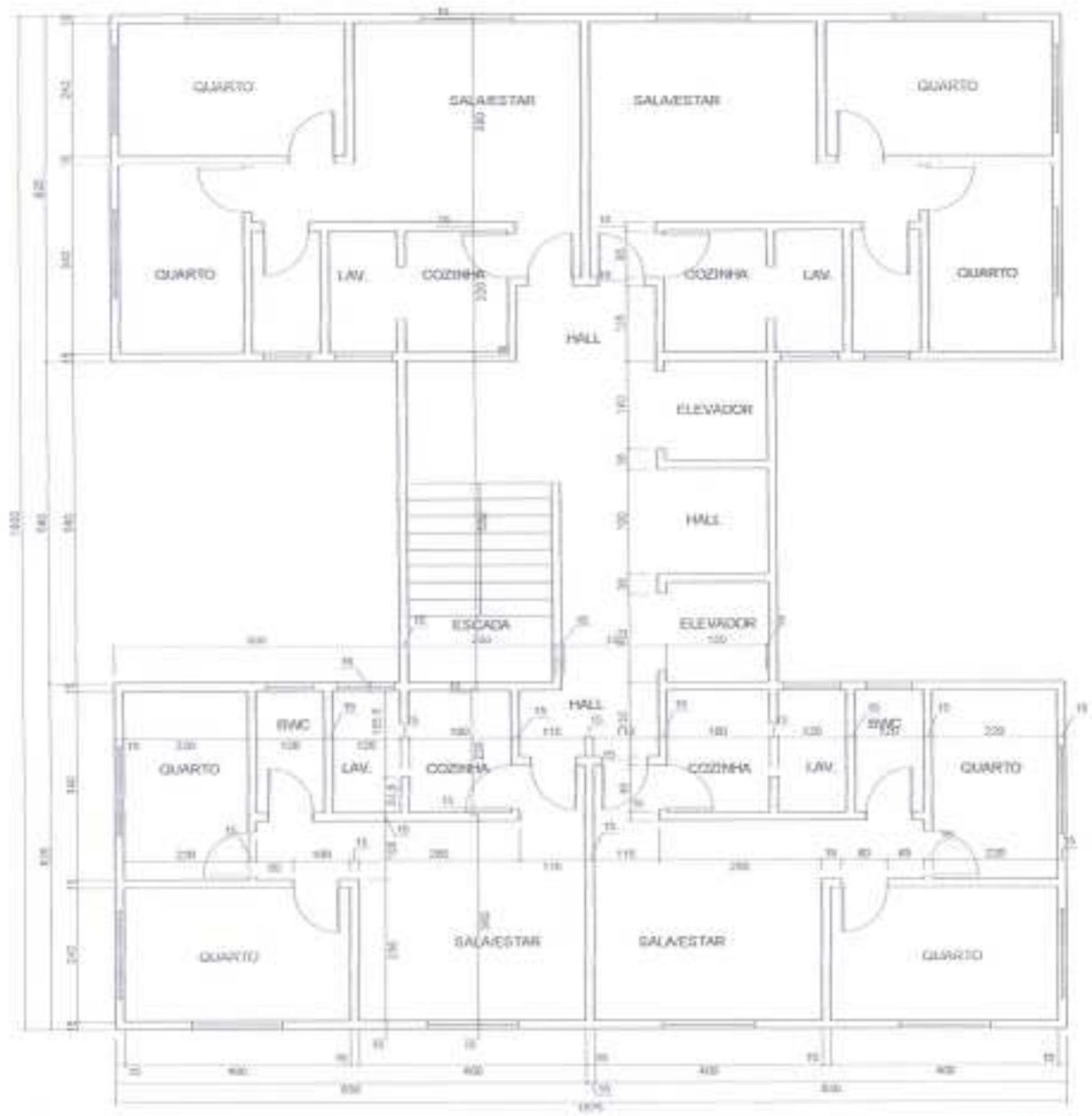
num sistema de alto índice de segurança.

O apartamento tipo tem três faces com janelas, o que propicia ótima iluminação e ventilação. As instalações hidráulicas estão concentradas próximo a caixa de escada, racionalizando sua construção, colocadas em dutos próprios para impedir infiltrações e permitir sua fácil manutenção.



PLANTA PAVO TIPO

ESCALA 1:125



1

