

**WILLIAN HENRIQUE GOULART COSTA  
FELIPE GOMES CESARIO MIGUEL**

**A ALVENARIA ESTRUTURAL VOLTADA PARA  
HABITAÇÕES DE BAIXO CUSTO**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**INSTITUTO TECNÓLOGICO DE CARATINGA – MINAS GERAIS  
2014**

**WILLIAN HENRIQUE GOULART COSTA  
FELIPE GOMES CESARIO MIGUEL**

**A ALVENARIA ESTRUTURAL VOLTADA PARA HABITAÇÕES  
DE BAIXO CUSTO**

Monografia apresentado à banca examinadora do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Tecnológico de Caratinga (ITC), da DOCTUM Caratinga, como requisito parcial de obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Camila Alves da Silva

## RESUMO

A alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos do qual se tem notícia. É o sistema cujas paredes, além da função de vedar, também desempenham função estrutural. É um processo construtivo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade com segurança e economia. Como todo sistema estrutural, tem suas vantagens e desvantagens. A falta de mão-de-obra especializada, o uso de materiais de alta qualidade e a necessidade de planejamento detalhista dificulta a adoção deste sistema e, muitas das vezes, inviabiliza o projeto por falta de compatibilidade. Este trabalho tem o objetivo de contribuir com um estudo sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural, visando discutir sua viabilidade econômica para habitações de baixo custo. O sistema em alvenaria estrutural para obras de médio e grande porte pode sair até 30% mais barato, sua viabilidade econômica para habitações de pequeno porte daria origem a um novo mercado da construção civil. Mercado este, composto de empreendedores e pessoas que buscam ter uma habitação de baixo custo tão boa quanto a habitação feita a partir do sistema convencional.

**Palavras-chave:** Alvenaria Estrutural, construções de baixo custo, normatização, segurança, economia.

## **ABSTRACT**

The Structural masonry is one of the oldest building systems that has news. Is the system whose walls, besides the function of sealing, also play a structural function. It is a streamlined construction process, designed, constructed and built in accordance with the relevant standards, aiming functionality safely and economically. Like any structural system has its advantages and disadvantages. The lack of skilled labor, the use of high quality materials and the need for thorough planning hinders the adoption of this system, and much of the time, the project unfeasible for lack of compatibility. This work aims to contribute to a study on the Structural masonry construction system, aiming to discuss their economic viability for low cost housing. The system works in Structural masonry for medium and large can leave up to 30 % cheaper, its economic viability for small dwellings would give rise to a new construction market. This market, consisting of entrepreneurs and people who want to have a low-cost housing as good as housing made from the conventional system.

Keywords: Structural masonry, construction of low cost, standardization, safety, economy.

## AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, agradeço ao nosso Senhor Deus, e seu filho Jesus Cristo, por ter me guiado nesta trajetória rumo a um sonho, o de me tornar um Engenheiro Civil, agradeço aos meus pais Sebastião e Marlúcia por terem me educado e graças a eles me tornei quem sou hoje, meus avós Geralda e José Simplicio (*in memoriam*), pois sempre me aconselharão em horas difíceis, á minha namorada JainineLobel, que me aturou em quanto estava fazendo este trabalho e que foi paciente em dias que eu estava a ponto de explodir por causa disso. Aos meus colegas de trabalho Jose Geraldo De Sousa (Lalai), Geraldo Pereira Soares (Lalau), Lucas, Victor, Alex, e toda minha equipe de trabalho que sempre que precisei de uma folga para fazer este trabalho eles “seguraram as pontas” para que eu pudesse faltar.

Ao meu querido amigo Felipe Gomes Cezario Miguel que, fez o que pode para a realização deste trabalho.

*Willian Henrique Goulart Costa*

Agradeço a DEUS em primeiro lugar por ter me concedido a honra de realizar esse sonho, aos meus pais Eliane Gomes Cezario e Geraldo José Maria Miguel, A todos tios, tias, primos e meus avós Analia, Hilda e Sebastião que me ajudaram a crescer e ser que sou e por ter chegado até aqui, Agradeço as colegas e amigos que estiveram junto asse sonho.

Agradeço muito a meu amigo Willian Henrique Goulart por tudo que fez por mim nessa Jornada.

Obrigado Senhor por colocar pessoas especiais em minha vida.

Felipe Gomes Cezario Miguel

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	5
CAPÍTULO 1 – A ALVENARIA ESTRUTURAL.....	8
1.1– Conceito.....	8
1.2 Histórico.....	8
CAPÍTULO 2 – COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	12
2.1 – Blocos e Tijolos Cerâmicos .....	12
2.1.1 – Resistência à compressão e à tração .....	13
2.2 – Blocos de Concreto.....	14
2.2.1 – Resistência à compressão.....	16
2.3 – Blocos de sílico-calcário.....	16
2.4 – Blocos de pedra e de vidro.....	16
2.5 – Argamassa.....	16
2.6 – Graute.....	17
2.7 – Armaduras .....	17
CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO .....	18
3.1 – Elementos Em Alvenaria.....	18
3.1.1 – Definições.....	18
3.2– Modulação .....	22
CAPÍTULO 4 – ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO ARMADO .....	25
4.1 – Comparativo entre Alvenaria Estrutural e Concreto Armado .....	25
4.2 – Viabilidade econômica da Alvenaria Estrutural.....	28
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO .....	30
REFERÊNCIAS .....	31

## INTRODUÇÃO

O sistema construtivo em alvenaria estrutural tem chamado atenção, por seu baixo custo, nos remetendo à construção para pessoas de classe média baixa sendo uma alternativa para gestores públicos na construção de conjuntos habitacionais, ou empreendedores que tem a intenção de realizar investimentos no ramo da construção civil de baixo custo.

Este trabalho tem por objetivo apresentar práticas, técnicas de execução, e sua viabilidade em geral como um sistema construtivo favorável para aqueles que procuram uma alternativa barata para seus empreendimentos. A alvenaria estrutural utiliza blocos de concreto ou blocos cerâmicos como unidades para compor elementos estruturais e não apenas como vedação como é o caso da alvenaria convencional.

O presente estudo objetiva-se também, comparar custos entre sistemas construtivos e dar ênfase no sistema conhecido como alvenaria estrutural e demonstrar que com as técnicas e práticas adequadas e planejamento é possível que se tenha um resultado positivo neste sistema quanto ao que se espera que é construir habitações com custos relativamente baixos.

Em primeiro lugar é necessário distinguir "alvenaria portante" e "alvenaria estrutural". Na região nordeste, a alvenaria portante foi muito utilizada nas décadas de 60 e 80 pela sua grande viabilidade econômica, que utilizava paredes de tijolos sendo aceita inclusive, naquele período pela Caixa Econômica Federal, porém sobre ela não havia qualquer normatização da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). A alvenaria estrutural já é outro sistema construtivo, normatizado pela ABNT, constituída de blocos padronizados, rigorosos controles de qualidade e apresenta um grau elevado de segurança.

A alvenaria estrutural ainda não está tão difundida nas regiões interiores do país pela má influência da alvenaria portante, e também pelas suas desvantagens como a restrição de possibilidades de mudanças não planejadas, dificuldade de improvisações, e a sua limitação de grandes vãos e balanços.

A alvenaria estrutural também exige maior esforço quanto à elaboração e estudo do projeto, cuidado com materiais, treinamentos e supervisão de mão-de-obra, e a organização e planejamento da obra. São necessários cuidados especiais, tais

como: dimensões adequadas dos andaimes para facilitar a movimentação dos operários e instalações hidráulicas acessíveis – jamais devem ser chumbadas dentro das paredes estruturais. No caso dos períodos chuvosos, as paredes recém assentadas devem ser protegidas, e não se deve fazer reformas ou reparos antes de estudar o projeto estrutural.

A alvenaria estrutural é um dos primeiros processos construtivos do mundo, sendo utilizada desde os primórdios da antiguidade até hoje. Com o tempo este processo tem se aperfeiçoado e vem tomando o seu lugar no mercado da construção civil sendo uma alternativa econômica e segura. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 34).

A partir de 2007, quando a economia brasileira atingiu estabilidade, houve queda do índice de desemprego e o aumento das linhas de crédito com juros menores, o mercado imobiliário saiu do período de estagnação, reaqueceu e com ele os preços. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 34).

O país tem se desenvolvido e a construção civil é um reflexo disso por ser um dos focos de investimentos. Portanto, alternativas de baixo custo, como a alvenaria estrutural, tem se tornado cada vez mais viáveis para empreendedores e consumidores.

O maior desafio é mostrar para a sociedade, e ainda, para alguns construtores e empreendedores que o sistema construtivo é seguro e econômico. A alvenaria estrutural é uma tecnologia que tem aberto novas possibilidades para a construção rápida, bem planejada, segura e econômica.

Partindo de uma revisão bibliográfica, com a intenção de descrever as características principais do sistema de construção civil conhecido por alvenaria estrutural, bem como seus materiais e seu histórico, destacando pontos relevantes sobre projetos, materiais, planejamento e execução, pretende-se fazer uma análise de custos deste sistema construtivo em comparação aos outros sistemas construtivos tradicionais no Brasil. Procura-se reunir informações que demonstrem de forma precisa que a alvenaria estrutural tem várias vantagens enquanto sistema estrutural e construtivo, e que é alternativa viável para construções de baixo custo.

Por meio deste estudo, pretende-se mostrar aos empreendedores, construtores e à sociedade a diversidade do sistema em um breve comparativo em relação aos outros sistemas estruturais existentes. O desenvolvimento deste trabalho parte da hipótese de que com planejamento, cumprimento das normas e com execução dentro dos



controles de qualidade a alvenaria estrutural pode vir a ser o sistema construtivo eficiente e rápido com uma margem de lucros maior que os sistemas convencionais tais como as estruturas em concreto armado.

No capítulo 1 é apresentado o sistema de alvenaria estrutural, abordando o seu conceito, histórico, materiais utilizados nos componentes, elementos e suas características.

No capítulo 2 são apresentados os detalhes e as características de projeto, bem como, elementos da alvenaria, definições e modulação.

No capítulo 3 é feito um comparativo entre o sistema de alvenaria com estruturas em concreto armado, e o sistema de alvenaria estrutural, apresentada sua viabilidade.

## **CAPÍTULO 1– A ALVENARIA ESTRUTURAL**

### **1.1– Conceito**

Segundo OLIVEIRA JR E SILVA (2009): “A alvenaria estrutural é um método construtivo que tem por objetivo o uso das próprias fiadas da alvenaria como principal suporte e distribuição uniformizada de cargas permanentes e acidentais calculadas na construção de um edifício”. A construção em um todo é dimensionada racionalmente, apresentando segurança e organização na sua execução.

A alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos do mundo. Existem construções que datam de até 10 mil anos atrás, como por exemplo, as pirâmides egípcias. É um sistema onde blocos de pedra eram sobrepostos dando forma a uma estrutura autoportante. Nos processos atuais de alvenaria estrutural, seguem-se diretrizes e normas fundamentais regulamentadas por órgãos especializados no assunto, dando total segurança a construtores, empreendedores e consumidores.(PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 36).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT; separa, conforme o material das unidades de alvenaria, dois tipos de alvenaria estrutural. A alvenaria estrutural de blocos de concreto, regulamentada pela NBR 15691:2011, utiliza blocos de concreto industrializados, padronizados e normatizados. E a alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, regulamentada pela NBR 15270:2005, utiliza materiais industrializados, como blocos cerâmicos em conformidade com a norma supracitada.

### **1.2 Histórico**

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos (DUARTE, 1999; p. 240). Segundo o mesmo autor, as edificações em alvenaria estão entre as construções que têm maior aceitação pelo homem, não somente hoje, como também nas civilizações antigas.

Segundo Hendry (2002), a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de construção civil por volta do século XVII quando os princípios de

estatística foram aplicados para a investigação da estabilidade de arcos e domos. Embora no período entre os séculos 19 e 20 tivessem sido realizados testes de resistência dos elementos da alvenaria estrutural em vários países, ainda se elaborava o projeto de alvenaria estrutural de acordo com métodos empíricos de cálculo, apresentando assim, grandes limitações (HENDRY, 2002; p. 178).

Conforme o autor supracitado, nesta época (entre os séculos 19 e 20), edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes. O edifício Monadnock (figura 1), em Chicago, se tornou um símbolo da moderna alvenaria estrutural, mesmo com suas paredes da base de 1,80m (RAMALHO; CORRÊA, 2003; p.: 57). Este edifício foi considerado na época como limite dimensional máximo para estruturas de alvenaria calculadas pelos métodos empíricos (ABCI, 1990; p. 12).

Acredita-se que se este edifício fosse dimensionado pelos procedimentos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, esta espessura seria inferior a 30 centímetros (RAMALHO e CORRÊA, 2003; p. 57).



Figura 1: **Edifício Monadnock – Chicago.** Disponível em <http://bethaniaquemelli.blogspot.com.br/2007/07/historia-dos-primeiros-arranha-cus.html>

A perda de espaço e baixa velocidade de construção evidenciam a baixa aceitação de edifícios altos em alvenaria portante na época frente à emergente alternativa de estruturas de concreto armado. Assim, os edifícios em alvenaria estrutural tiveram pouca aplicação durante um período de 50 anos (HENDRY, 2002;

p. 178).

Ainda segundo Hendry (2002), somente na década de 50 houve novamente um aumento no interesse pela construção de edifícios em alvenaria estrutural, pois a segunda guerra mundial (1939 – 1945) causou uma escassez dos materiais de construção na Europa, principalmente do aço. Assim, nesta época foram construídos alguns edifícios em alvenarias estruturais, principalmente na Suíça, pela inexistência de indústrias de aço na região.

Para Ramalho e Corrêa (2003), um edifício construído em 1950 na Basileia, Suíça, com 13 pavimentos foi um marco importante na história da alvenaria estrutural, pois suas paredes internas foram reduzidas à espessura de 15cm e as paredes externas a 37,5cm de espessura.

Nas décadas seguintes (60 e 70) o interesse pela alvenaria estrutural avançou para outros países da Europa, como, por exemplo, a Inglaterra, onde foram construídos diversos edifícios em alvenaria estrutural promovidos principalmente por programas públicos (HENDRY, 2002; p. 179).

No Brasil, a alvenaria portante é utilizada desde o início do século XVII. Entretanto, a alvenaria estrutural com blocos estruturais, encarada como um processo construtivo voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais demorou muito a encontrar seu espaço (RAMALHO; CORRÊA, 2003; p. 57).

A partir da década de 70 no Brasil, a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia, através do projeto estrutural baseado em princípios validados cientificamente e da execução com critérios mais bem definidos. E apesar de sua chegada tardia, o processo construtivo de alvenaria estrutural acabou se firmando como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edifícios residenciais e também industriais (RAMALHO; CORRÊA, 2003; p. 58).

Após anos de adaptação e desenvolvimento no país, esta tecnologia construtiva foi consolidada na década de 80, através da normalização oficial consistente e razoavelmente ampla (SABATTINI, 2003; p. 103).

Um exemplo da aplicação intensa da alvenaria estrutural no Brasil são os empreendimentos habitacionais de baixa renda, que vem sendo desenvolvidos no Brasil em grande escala. Somente no estado do Rio Grande do Sul, segundo um levantamento realizado em maio de 2006 pela CAIXA/RS, o processo construtivo de alvenaria estrutural foi utilizado em 76% destes empreendimentos concluídos no estado. Até a data deste levantamento, todos os empreendimentos em execução se

utilizavam deste processo construtivo.

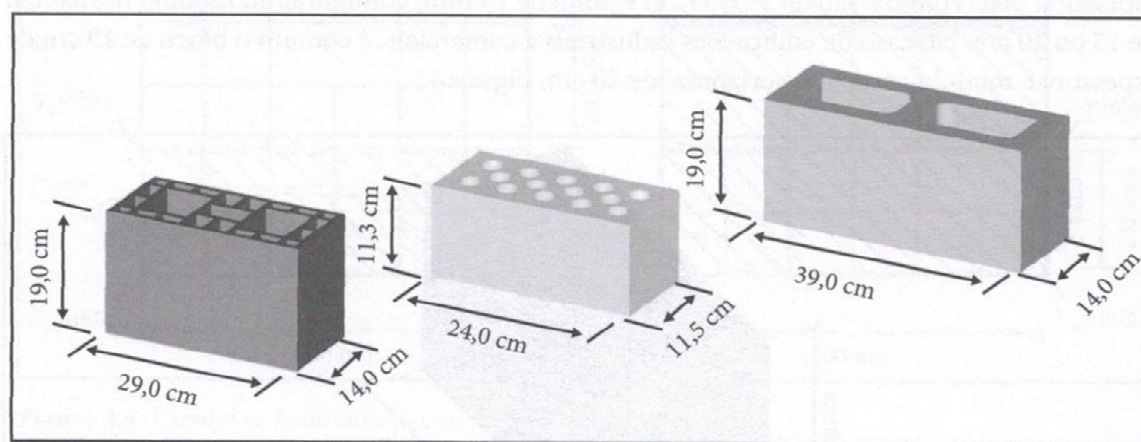
Observa-se que a tendência de utilização deste processo construtivo é crescente. Atualmente inúmeros empreendimentos são lançados com esta tecnologia como um meio de alcançar uma redução dos custos dos empreendimentos sem perder em qualidade.

## CAPÍTULO 2 – COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Construções em alvenaria empregam blocos, argamassa, graute, armaduras, telas e outros materiais, como os de impermeabilização. Neste tópico serão apresentados estes materiais e algumas de suas propriedades mais importantes para o sistema de alvenaria estrutural. As unidades de alvenaria, geralmente blocos, quando têm função estrutural, são feitas de cerâmica, solo-cimento, concreto, sílico-calcário (areia e cal), pedra e vidro, sendo mais comuns os de cerâmica e de concreto (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 161).

### 2.1 – Blocos e Tijolos Cerâmicos

São peças cujas dimensões de comprimento e largura formam sua face, o comprimento e altura formam sua lateral. O comprimento e altura dos blocos são padronizados de acordo com suas famílias. Um exemplo são os blocos da família de 19cm (figura 2) com suas medidas (LxAxC): 14x19x39cm, podendo ser vazados ou maciços (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 165).



**Figura 2** - Blocos para alvenaria estrutural

Fonte (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; P. 161)

### 2.1.1 – Resistência à compressão

A resistência à compressão é utilizada há muito tempo como a principal medida de qualidade de um bloco, bem como, indiretamente, para prever as demais características da alvenaria. O ensaio à compressão dos blocos normalmente requer que estes sejam capeados para reduzir a rugosidade e falta de planicidade das faces. Conhecer a resistência à tração de blocos de alvenaria é importante para entender de maneira correta os mecanismos de ruptura.

Blocos cerâmicos são as unidades de alvenaria mais utilizados ao longo do tempo em várias partes do mundo. Seu uso é economicamente viável pelo fato de existirem jazidas de argila em diferentes regiões.

Blocos ou tijolos cerâmicos são em sua maioria produzidos de argila superficial formada pela degradação de rochas por erosão, por ataque químico ou por atividade vulcânica. Blocos cerâmicos modernos podem atingir resistências muito superiores às especificações mínimas de norma e exceder, como folga, o mínimo valor de resistência a compressão necessário (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 175).

Conforme a ABNT NBR 15270-2(2005), os blocos estruturais devem ter resistência mínima característica de 3,0 MPa, sendo recomendável valores maiores no caso de alvenarias aparentes. A amostra para determinação da resistência a compressão é constituída de 13 unidades. A parte 3 dessa norma indica os procedimentos para ensaio, devendo as unidades serem ensaiadas na condição saturada. O valor de  $f_{bk}$  é calculado conforme indicações da Tabela 1.

Blocos estruturais de paredes vazadas e 6,0 MPa são encontrados nas diversas regiões do Brasil. Resistências de até 12,0 MPa para esse mesmo tipo de blocos são encontradas em algumas regiões, como Sudeste; nesse caso, normalmente com dimensões de 14 x 29 cm apenas. Blocos de paredes maciças e resistências de até 18 MPa são produzidos na região Sul, também apenas na família de 14 x 29 cm. Resistências de blocos em valores superiores já foram produzidas no Brasil em diferentes épocas.

$f_{bk,est}$  = resistência característica estimada da amostra, expressa em Mpa  
 $f_{b1}, f_{b2}, \dots, f_{bi}$  = valores dos resultados individuais dos ensaios de resistência a compressão dos corpos de prova da amostra, ordenado em ordem crescente  $f_{b1} < f_{b2} < \dots < f_{bi}$   
 $i = n/2$ , se  $n$  for par  
 $i = (n-1)/2$ , se  $n$  for ímpar  
 $n$  é igual à quantidade de blocos da amostra

Quantidade de Blocos	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18
$\emptyset$	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1,01	1,02	1,04

$$f_{bk1} = 2 \left[ \frac{(f_{b1} + f_{b2} \dots f_{b_{i-1}})}{i - 1} \right] - f_{bi}$$

$$f_{bk2} = f_{bm}(\text{média dos resultados}) = \left( \frac{f_{b1} \dots \dots \dots + f_{bn}}{n} \right)$$

$f_{bk3} = \emptyset \times f_{b1}$  ( $\emptyset$  depende de  $n$ , de acordo com a tabela acima)

$f_{bk4} = \text{maior valor entre } f_{bk1} \text{ e } f_{bk3}$

$f_{bk} = \text{menor valor entre } f_{bk2} \text{ e } f_{bk4}$

**Tabela 1** - Notação/parâmetros de cálculo pra resistência dos blocos.

Fonte:(PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 185).

## 2.2 – Blocos de Concreto

Os tijolos mais comuns de artefato em concreto são blocos e tijolos para pavimento intertravado, conhecidos como *pavers*. Assim como o concreto evoluiu para seu moderno uso atual desde os últimos 100 anos, a história dos blocos de concreto começa no século 20.

Esses componentes começam a ser extensivamente utilizados no Brasil a partir dos anos 1960. Como o aglomerante nesses produtos é o cimento, os blocos têm a resistência garantida a partir da boa hidratação do cimento e muito da tecnologia do concreto é aplica aqui também. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 189).

Blocos de concreto são hoje largamente utilizados no Brasil, tanto para alvenaria de vedação quanto estrutural, enquanto os *pavers* são utilizados para pavimentação.



São classificados de acordo com NBR 6136 (ABNT 2004), que traz requisitos para as dimensões mínimas, materiais utilizados na produção (água, agregados, aditivos e adições) resistência, absorção e retração.

Segundo a NBR 6136 (ABNT 2004), os blocos de concreto são divididos em quatro classes:

- a) Classe A: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo. Para muros de arrimo, caixas d'água e outros elementos enterrados, com  $f_{bk}$  mínimo de 6,0 Mpa e bloco de pelo menos 14 cm de espessura.
- b) Classe B: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo. Essa classe é utilizada para edifícios de alvenaria estrutural com 3 ou mais pavimentos e tem  $f_{bk}$  mínimo de 4,0 Mpa e bloco de pelo menos 14 cm de espessura.

Um exemplo são os blocos de modulação 15 x 30 cm (figura 3)

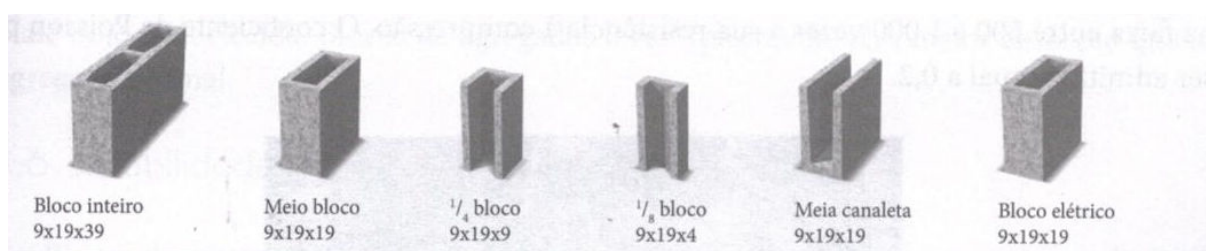


**Figura 3** – Blocos de concreto modulação AB 15x30 cm.

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 194).

- c) Classe C: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, para pequenas edificações de um ou dois pavimentos, com  $f_{bk}$  mínimo de 3,0 Mpa. Para edificações térreas são aceitos blocos de 9 cm de espessura (figura 4), sendo o bloco de 11,5 cm de espessura mínima para edificações de dois pavimentos. (ABNT NBR 6136, 2004).

A figura 4, a seguir, ilustra blocos desta classe C.



**Figura 4** – Blocos classe C de modulação 10x40cm.

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 194).

- d) Classe D: para alvenaria de vedação (sem contato com do solo), com  $f_{bk}$

mínimo de 2,0 Mpa e espessura do bloco a partir de 7,5 cm. (ABNT NBR 6136, 2004).

### *2.2.1 – Resistência à compressão*

A resistência à compressão de blocos ou *pavers* de concreto é importante por dois motivos: quanto maior a resistência, maior a durabilidade; e, na alvenaria, a resistência do bloco, aliada à especificação adequada de argamassa e graute, é fundamental para a resistência à compressão do elemento estrutural (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 195).

### **2.3 – Blocos de sílico-calcário**

Blocos de sílico-calcário, às vezes chamados de blocos de cal e areia, são fabricados a partir de misturas de cal e areia, que é prensada e submetida a processo de autoclavagem, produzindo blocos de boa uniformidade, aparência e precisão dimensional. Como o aglomerante é a cal, esses blocos diferem muito de blocos de concreto. São muito utilizados na Europa e Austrália e em alguma extensão nos Estados Unidos e Brasil. Eventualmente são utilizados pigmentos e tratamentos superficiais para permitir coloração e texturas aos blocos (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 199).

### **2.4 – Blocos de pedra e de vidro**

Blocos de pedra são usados em construções de alvenaria por milhares de anos. Entretanto, seu uso hoje é mais voltado para vedação ou, mesmo, revestimentos. Entre os tipos normalmente empregados de rochas incluem-se granito, arenito, mármore, ardósia, entre outros (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012, p. 201).

### **2.5– Argamassa**

A argamassa é usada para permitir um apoio uniforme e também a aderência

de um bloco sobre o outro, de maneira a formar elementos compostos que irão resistir às ações e às condições ambientais ao longo do tempo, também pode servir para permitir aderência de eventuais armaduras nas juntas de assentamento, de maneira que estas possam ser consideradas integradas à alvenaria. A resistência mecânica e às variações ambientais e durabilidade são os requisitos-chave da argamassa endurecida. No estado plástico, a argamassa deve permitir o fácil assentamento dos blocos, além de servir para compensar as variações dimensionais das unidades e do elemento em alvenaria (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 205).

## **2.6 – Graute**

Graute para alvenaria é uma mistura de cimento, agregado e água com alto *slump*, que é lançado ou bombeado no local da obra. O graute é usado para preencher os vazados verticais ou horizontais da alvenaria, aumentando a resistência e permitindo aderência da armadura. Eventualmente, o graute pode ser utilizado para preenchimento de espaços entre duas ou mais paredes ou outro elemento de alvenaria (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 217).

## **2.7 – Armaduras**

Como no concreto armado a armadura é utilizada na alvenaria estrutural para resistir a esforços de tração e cisalhamento, para aumentar a resistência a cargas centradas e para permitir ductilidade em situações de ações excepcionais, como as sísmicas. Adicionalmente, armaduras podem ser utilizadas para conectar paredes ou outros elementos distintos e para controle de fissuração devido a deformações de retração, térmicas, cargas concentradas ou outros. Normalmente, como não se prevê o uso de estribos em armaduras verticais, não são eficientes para o aumento da resistência à compressão. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 221).

## **CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO**

As paredes, na alvenaria estrutural de edifícios e casas, funcionam como elementos estruturais, suportando ou resistindo aos carregamentos e ações, e também elementos de vedação ou arquitetônicos, dividindo ou protegendo ambientes. Essa dupla função exige uma forte colaboração entre o arquiteto, o engenheiro e o construtor nas fases de concepção do projeto e construção da obra.

Os envolvidos em um projeto no qual será empregado o sistema de alvenaria estrutural devem, portanto, ter um bom conhecimento sobre edificações e seus componentes, tais como, elementos estruturais, instalações, arquitetura, conforto e aspectos construtivos.

Para os autores Parsekian, Hamid & Drysdale (2012), o processo de elaboração do projeto é sequencial e interativo com decisões tomadas para que a melhor alternativa seja escolhida. A fase inicial envolve a definição das necessidades do cliente, incluindo requisitos funcionais, estéticos e de custo. Um ante-projeto conceitual é proposto, sinalizando possíveis layouts que podem satisfazer os requisitos definidos.

Ainda conforme os autores citados acima, na fase final as escolhas são feitas no intuito de priorizar os requisitos em função do orçamento disponível. Durante essa fase, o sistema estrutural é definido e um dimensionamento inicial, incluindo verificações das condições de estabilidade e conforto, é elaborado para estimativa de custo. O projeto final da estrutura inclui verificações detalhadas de cada elemento e compatibilização com os elementos das instalações.

### **3.1 – Elementos Em Alvenaria**

#### *3.1.1 – Definições*

Os elementos usuais de hoje diferem muito dos concebidos nas construções históricas. A definição, segundo os autores Parsekian; Hamid; Drysdale (2012), dos elementos e componentes da alvenaria estrutural são dadas a seguir.

a) Componente –menor unidade que compõe um elemento da estrutura, incluindo bloco, junta de argamassa e reforço de graute.

Ao bloco refere-se à unidade básica que constitui a alvenaria; junta de argamassa é componente empregado na ligação entre os blocos e, por sua vez, reforço de graute é definido como o componente usado para preenchimento dos vazados dos blocos, objetivando solidarizar as armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente.

b) Elemento –parte da estrutura suficientemente elaborada constituída da reunião de dois ou mais componentes. Classificam-se em elemento de alvenaria não armado, armado e protendido.

Elemento de alvenaria não armado, ou seja, elemento no qual a armadura é desconsiderada para resistir aos esforços solicitantes. Elemento de alvenaria armado é aquele no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para a resistência dos esforços solicitantes. E elemento de alvenaria protendido é o elemento de alvenaria que utiliza armaduras ativas para impor uma pré-compressão antes do carregamento.

c) Paredes estruturais ou não estruturais.

Diz-se estrutural, toda parede que serve de apoio às lajes e outros elementos da construção, ou seja, é admitida como participante da estrutura. Paredes não estruturais são todas paredes não admitidas como participante da estrutura (apoia e impõe um carregamento às lajes ou outro elemento da estrutura).

d) Vigas, contraverga, cinta ou coxim (figura 5).

Viga é o elemento estrutural colocado sobre os vãos de aberturas com a finalidade exclusiva de resistir a carregamentos, usualmente composta de uma ou mais canaletas grauteadas e armadas. A contraverga é definida como elemento estrutural colocado sob vãos de aberturas e tem por finalidade resistir a tensões concentradas nos cantos da abertura, usualmente composta por uma canaleta grauteada e armada. Diz-se cinta, o elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas, usualmente composta por uma canaleta grauteada e armada, cuja finalidade é distribuir cargas continuamente apoiadas sobre a parede, ou aumentar a resistência da parede para ação fora do plano da parede. Geralmente é composta de uma fiada de canaletas armadas. Cxim é o elemento estrutural não contínuo, apoiado na parede, para distribuir cargas concentradas,

normalmente composto de canaleta grauteada ou peça de concreto armado.

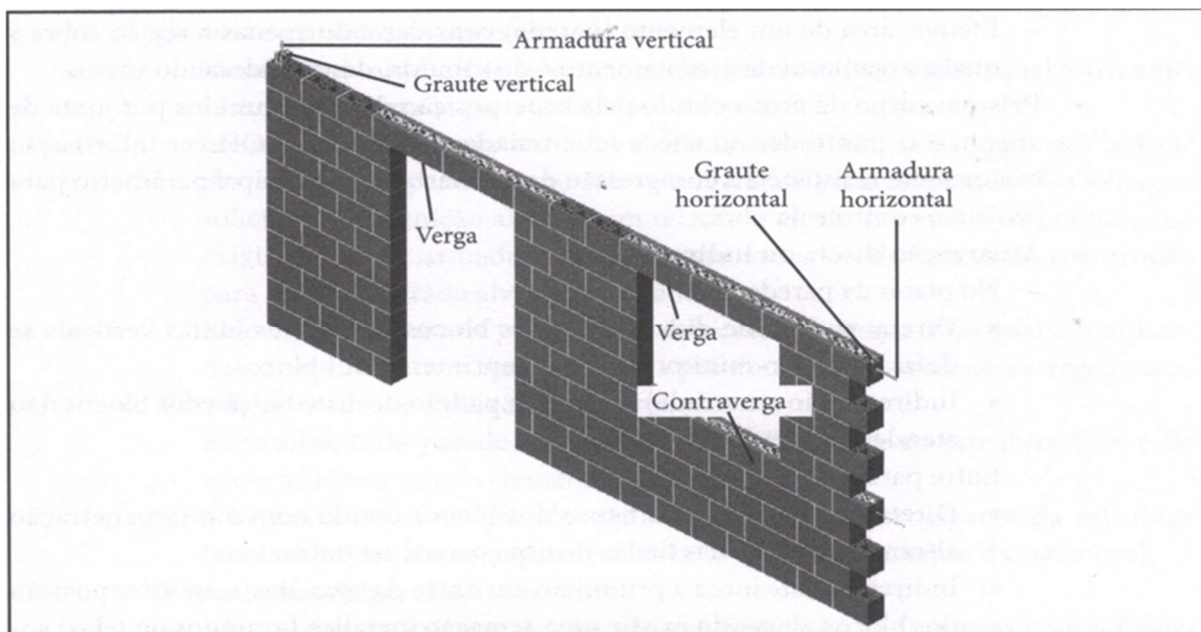


Figura 5: **Parede em alvenaria estrutural.**

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 64)

e) Enrijecedor –elemento usualmente de alvenaria, vinculado a uma parede estrutural com a finalidade de produzir um enrijecimento na direção perpendicular ao seu lado (figura 6); geralmente utilizado quando a parede está sujeita à ação lateral fora de seu plano ou em paredes altas.

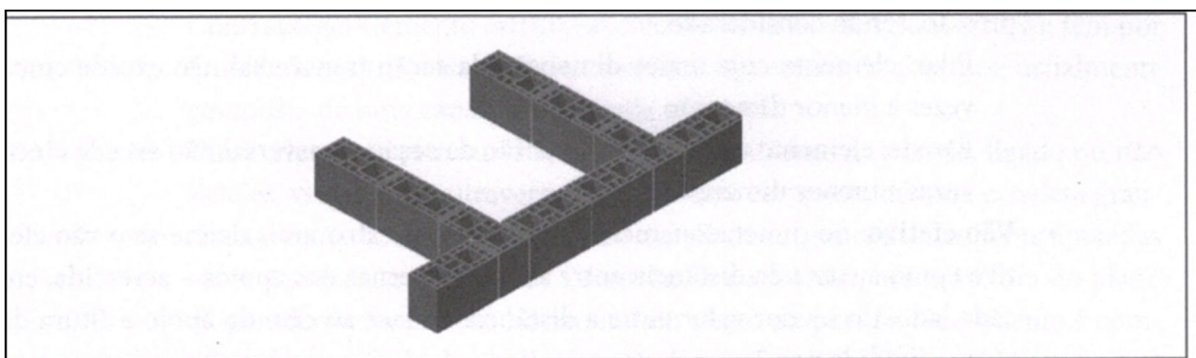


Figura 6: **Parede com enrijecedor.**

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 64).

f) Diafragma –elemento estrutural laminar admitido como rígido em seu próprio plano, sendo normalmente a laje de concreto armado que distribui as cargas horizontais para as paredes.

g) Área bruta, líquida ou efetiva (figura 7).

Bruta é a área de um componente (bloco) ou elemento (parede) considerando-

se as suas dimensões externas, desprezando-se a existência dos vazios. Líquida é a área de um componente (bloco) ou elemento (parede) considerando-se as suas dimensões externas, descontada a existência dos vazios. E área efetiva é a área de um elemento (parede) considerando apenas a região sobre a qual a argamassa de assentamento é distribuída, desconsiderando os vazios.

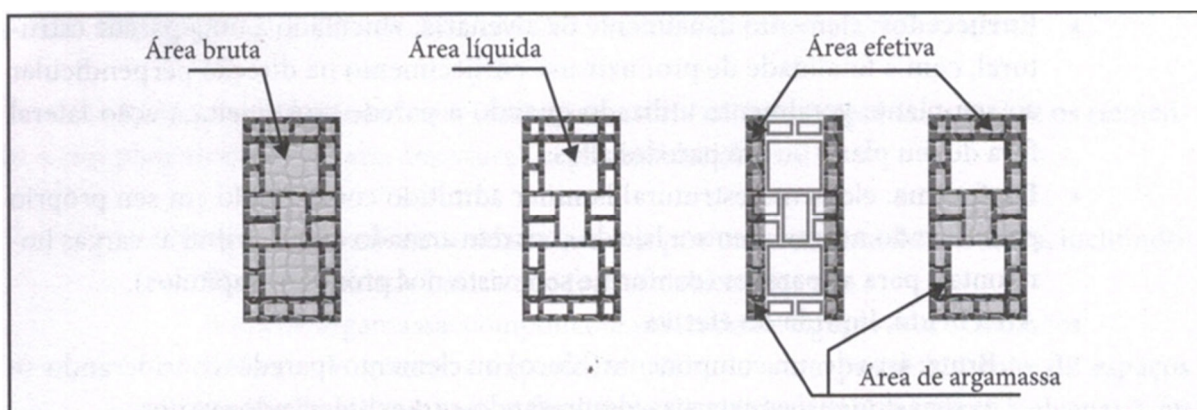


Figura 7: **Área bruta, líquida e efetiva.**

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 64).

h) Prisma – corpo de prova obtido pela superposição dos blocos unidos por junta de argamassa, grauteados ou não, a ser ensaiado à compressão (figura 8). Oferece informação básica sobre a resistência a compressão da alvenaria e é o principal parâmetro para projeto de controle de obra.



Figura 8: **Prisma de dois blocos.**

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 65).

i) Amarração direta ou indireta (figura 9).

No plano da parede pode ser direta quando o padrão de distribuição dos blocos



no qual as juntas verticais se defasam de, no mínimo um terço do comprimento dos blocos. E indireta (não amarrada) quando o padrão de distribuição dos blocos não atende o acima (junta prumo).

Entre paredes é dita direta onde existe intertravamento dos blocos obtido com interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra. Indireta onde existe junta a prumo no encontro das paredes, sem sobreposição dos blocos, devendo existir uma armação metálica (grampos ou telas) dobre a junta entre as paredes.

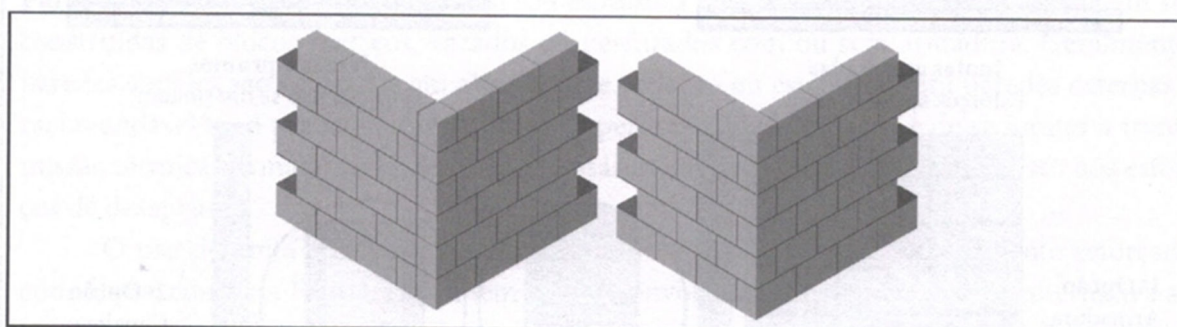


Figura 9: **Amarração indireta (esquerda) e direta (direita).**

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p. 65).

j) Pilar ou parede são os elementos que resistem predominantemente as cargas de compressão, sendo considerado pilar o elemento cuja maior dimensão da seção transversal não excede cinco vezes a menor dimensão. E parede, elemento cuja maior dimensão da seção transversal não excede cinco vezes a menor dimensão.

l) Vão efetivo – no dimensionamento de elementos estruturais define-se o vão efetivo como a soma da distância entre as faces internas dos apoios – acrescida, em cada lado, do menor valor entre a distância da face ao eixo do apoio e altura da viga – dividida por 2.

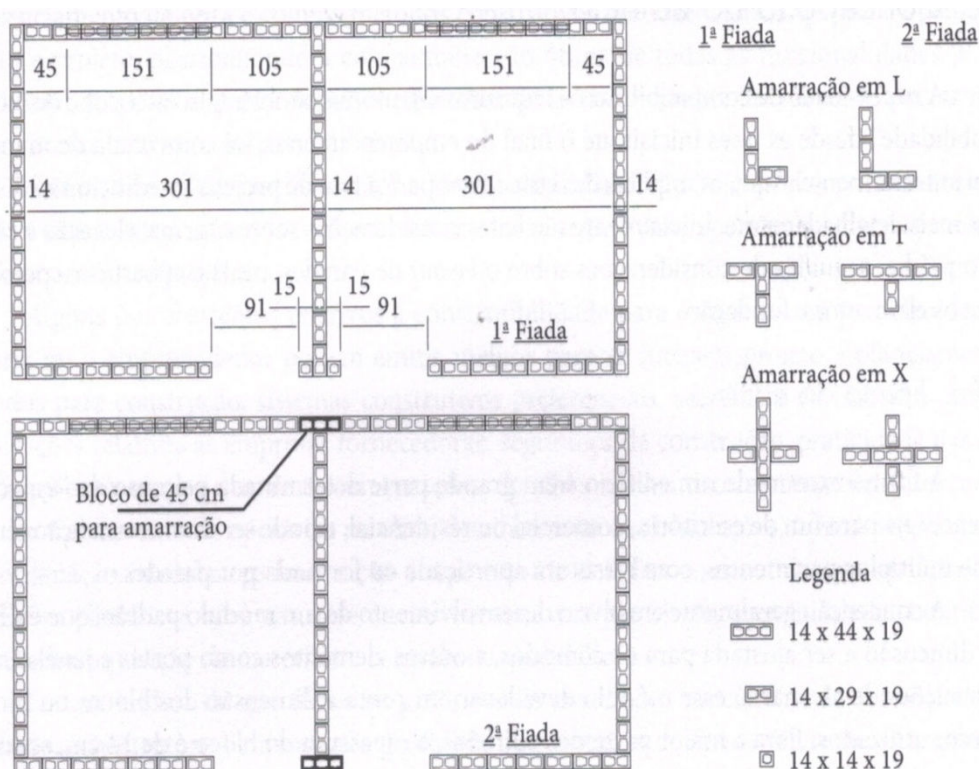
### **3.2– Modulação**

A modulação ou coordenação modular consiste no ajuste de todas as dimensões da obra, horizontais e verticais, como múltiplo da dimensão básica da unidade, cujo objetivo principal é evitar cortes e desperdícios na fase de execução (CAMACHO, 2006 *apud* OLIVEIRA JR E SILVA, 2009).



A concepção geralmente envolve o desenvolvimento de um módulo padrão, que é a menor dimensão a ser ajustada para os cômodos, e outros elementos como portas e janelas. Em construções de alvenaria, esse módulo deve levar em conta a dimensão dos blocos ou tijolos a serem utilizados.

Para maior parte das construções, a espessura do bloco é de 14 cm, sendo o bloco padrão ideal igual a 14 x 29 cm (figura 10), que, considerando uma junta de 1 cm, tem dimensão modular de 15 x 30 cm. As dimensões ideais nesse caso são múltiplas de 15 cm, podendo ser utilizado um bloco de 5 cm para ajustes de porta. Em uma concepção menos racionalizada, é possível ajustar também os vãos dos cômodos em múltiplos de 5 cm. Alternativamente, existe o bloco padrão 14 x 39 cm cujas dimensões ideais em planta são múltiplas de 20 cm, havendo necessidade de utilização de blocos especiais para amarração nos encontros de parede. Blocos de ajuste também são possíveis nesse caso, permitindo dimensões múltiplas de 5 cm, porem recomendadas apenas para os vãos de portas (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p.: 139).



A armação das paredes consiste em um mecanismo que garante a distribuição dos esforços de uma parede para a outra, reduzindo as tensões em paredes muito carregadas e as aumentando em outras paredes pouco carregadas, criando-se um

**Figura 10** – Modulação ideal com blocos 14 x 29 cm.

Fonte: (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012; p.: 140).

dos esforços de uma parede para a outra, reduzindo as tensões em paredes muito carregadas e as aumentando em outras paredes pouco carregadas, criando-se um

estado de uniformização de tensão, que possibilita a escolha racional da capacidade resistiva do bloco, e contribuindo para um melhor desempenho estrutural da capacidade resistiva das paredes assim como de toda a edificação (PIRES 2008 *apud OLIVEIRA JR E SILVA, 2009*).

## CAPÍTULO 4– ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO ARMADO

### 4.1 – Comparativo entre Alvenaria Estrutural e Concreto Armado

A alvenaria estrutural e também as estruturas em concreto possuem limitações técnicas e construtivas, portanto, para se comparar adequadamente os custos de um sistema com o outro, todos os projetos pertinentes à obra devem ser elaborados respeitando simultaneamente as características de ambos.

A MZM Incorporadora e Construtora, empresa responsável pela construção da obra residencial Conquista Vila Noêmia na cidade de Mauá – São Paulo (figura 11), segundo FERREIRA (2013), declarou que a opção pela alvenaria estrutural foi feita devido à prioridade econômica além do prazo de execução. E que, ainda conforme FERREIRA (2013), os projetos foram pensados levando-se em consideração a alternativa da alvenaria estrutural; nota-se, por exemplo, a adoção de varandas embutidas ao invés de balanços.



Figura 11: **Residencial Conquista Vila Noêmia, Mauá (SP).**

Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/145/concreto-armado-x-alvenaria-estrutural-economia-de-15-motiva-299688-1.aspx>

Com os projetos elaborados em conformidade com os dois sistemas construtivos, a MZM Incorporadora e Construtora desenvolveu dois orçamentos, um para concreto armado e o outro para alvenaria estrutural. Para a opção em concreto armado, o custo total seria de R\$7.166.854,83. Este valor considerando as etapas da produção das

estruturas de concreto e execução da alvenaria de vedação. A execução da alvenaria estrutural leva ao custo total de R\$ 6.078.222,34. (FERREIRA, 2013).

Embora as cifras totais não permitam considerar o residencial Conquista Vila Noêmia como uma obra de baixo custo, pode-se perceber pela diferença de custos entre os sistemas construtivos, que a alvenaria estrutural faz frente ao concreto armado em economia.

Outro ponto importante é o prazo de execução. No concreto armado, para a produção dos elementos estruturais, há o preparo de fôrmas, atividade que demanda tempo e mão de obra específica. Na alvenaria estrutural não há a ocorrência desta etapa construtiva o que reduz o prazo de execução. Segundo FERREIRA (2013), “a construtora calcula que o ganho no tempo de execução é de aproximadamente 20% em relação ao concreto armado”.

FERREIRA (2013) ainda relata outras vantagens da alvenaria estrutural sobre o concreto armado, apontadas pela própria MZM Incorporadora e Construtora.

Além do ganho econômico e de prazo, a empresa analisa que a alvenaria estrutural também se mostra viável na questão das fundações, que devem ser do tipo hélice contínua, com 40 cm de diâmetro. "Como não é concreto armado, não precisa de blocos de fundação. Para a alvenaria estrutural, teremos grandes vigas baldrame sobre as estacas. Desta forma, imaginamos que a fundação deverá ter execução mais simples e barata", diz Leonardo Martins, da MZM. (FERREIRA, 2013).

O rigor construtivo exigido para execução da alvenaria, pois será ela a responsável por suportar os esforços da construção e sobrecargas ao longo da vida útil, leva necessariamente ao maior alinhamento das paredes. Dessa característica obtêm-se a vantagem de economizar na quantidade de material para revestimento.

No concreto armado, as alvenarias têm fundamentalmente a função de vedar e promover a divisão dos cômodos, assim, mesmo que desejável um alinhamento e aprumo de qualidade, o desalinho não caracteriza risco estrutural. Contudo, os desníveis exigem um revestimento mais grosso o que implica maior uso de material para revestimento.

O revestimento interno também se mostra vantajoso com o sistema escolhido. Isso porque, explica Martins, a quantidade de materiais para revestimento é menor, pois a espessura da camada é mais espessa devido às paredes que são mais alinhadas. No concreto armado, ele avalia que há

desníveis nos encontros da estrutura com o fechamento e, por isso, exigiria um revestimento mais grosso. (FERREIRA, 2013).

Segundo FERREIRA (2013), a construtora MZM optou pela alvenaria estrutural baseando-se na economia e no prazo para a execução; a entrega da obra está prevista para setembro de 2015.

Outro estudo comparativo de custos entre o tradicional concreto armado e a alvenaria estrutural foi realizado por Pilloto & Do Valle, em 2011. A obra escolhida como base para o estudo comparativo trata-se da Piazza Maggiore (figura 12), situada Curitiba – Paraná.

O estudo refere-se a uma torre de apartamentos do empreendimento que é composto por três torres de seis andares cada, com oito apartamentos por andar, em um total de 144 apartamentos, além de um edifício de garagens. Os apartamentos têm em média 55 m<sup>2</sup> de área privativa. (PILLOTO & DO VALLE, 2011).



Figura 12: Empreendimento Piazza Maggiore – Curitiba, Paraná.

Fonte: (PILLOTO & DO VALLE, 2011).

De modo similar ao empreendimento residencial Conquista Vila Noêmia, a obra total extrapola os padrões de investimento de baixo custo, mas a área total de cada apartamento do Piazza Maggiore, média de 55 m<sup>2</sup>, enquadra-se no perfil de imóveis para a classe baixa.

Segundo PILOTTO e DO VALE (2011) em seu estudo de caso comparativo, constatou-se que o sistema de estruturas em concreto armado custou R\$ 1.109,01 por metro quadrado de obra, vale ressaltar que este estudo foi realizado em 2011 e que se refere a um empreendimento no qual foram construídos dois blocos de apartamentos sendo um deles em estrutura de concreto armado e o outro em alvenaria estrutural.

Neste mesmo estudo constatou-se que no bloco cujo sistema de alvenaria estrutural foi empregado o metro quadrado é de R\$ 1.020,23, sendo assim houve uma economia de aproximadamente 8,01%. O item 9.2 das tabelas 2 e 3 (anexos) demonstram que a mão de obra no em alvenaria estrutural tem custo menor devido a maior rapidez em sua execução. (PILOTTO, DO VALE; 2011; p. 39). Isso mostra que, o sistema racionalizado com mão de obra especializada, seguindo todos os padrões normativos, e obedecendo-se o planejamento da obra o sistema é sim uma grande alternativa para a construção de habitações de baixo custo.

#### **4.2 – Viabilidade econômica da Alvenaria Estrutural**

A alvenaria estrutural é um sistema ainda pouco difundido nas regiões interiores dos estados, porém em regiões metropolitanas, e nas capitais este sistema tem sido visto como uma alternativa de construção pela sua rapidez de execução, onde há mão de obra qualificada tal execução existe um ganho de tempo de até 25%. Programas sociais geralmente tem prazos para sua execução, sendo assim o sistema torna-se uma alternativa mais viável.

Tratando-se de um sistema que segue altos padrões de qualidade, que vai desde a ideia primaria até a entrega do empreendimento, é necessário que sejam realizados rigorosos controles de qualidade para assegurar este padrão.

Quando se trata de discutir sua viabilidade devemos observar primeiramente o que será construído, e onde será construído, pois para garantir que o sistema

realmente seja viável devemos levar em conta, mão de obra especializada, local adequado, planejamento e logística, e fornecedores de materiais de qualidade e pontualidade destes.

Atendido estes requisitos, sua viabilidade está totalmente garantida, seguindo todos os controles e normas do mercado.

## **CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO**

Após a abordagem realizada neste trabalho, adquirimos conhecimento sobre o sistema de alvenaria estrutural bem como seu histórico, seu conceito e os materiais utilizados neste método construtivo. Neste estudo foi apresentado de forma bem ampla a origem dos materiais que compõem os elementos da alvenaria estrutural.

A fase de projetos é bem interessante pois nos dá uma noção de como realizar um projeto em alvenaria estrutural seguindo todas as normas e critérios bem estabelecidos, o que resulta em uma obra espetacular, seguindo altos padrões de qualidade. Destacamos que o planejamento do projeto bem como da obra é de vital importância para a execução e entrega final da obra.

Itens como modulação, escolha do bloco a ser usado na obra são importantes, pois irão refletir diretamente no valor da obra, bem como a mão de obra, a execução bem planejada, e a organização do canteiro de obras.

A viabilidade econômica nos mostra que o sistema é interessante e econômico, o que nos leva a aceitar sua prática para que se possa construir habitações a preços reduzidos, contribuindo para que a sociedade mais carente tenha acesso a sua casa própria. Com os programas sociais, como o Minha Casa Minha Vida, realizado para que todos possam realizar o sonho da casa própria, visto que o programa tem um limite, temos em mãos uma alternativa barata, e que segue altos padrões de qualidade como já foi dito, atente as especificações do programa.



## REFERÊNCIAS

ABCI. Associação Brasileira da Construção Industrializada. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: Edição ABCI/Projeto/PW, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6136:**Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**: Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15270-2:**Componentes cerâmicos, Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos**: Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15812-1:**Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos, Parte 1: Projetos**: Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15961-1:**Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto, Parte 1: Projetos**: Rio de Janeiro, 2011.

CAMACHO J. S.; **Projeto de edifício de alvenaria estrutural**. Universidade Estadual Paulista, Ilha solteira, São Paulo, 2006.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre, 1999.

FERREIRA, R. **Concreto armado X alvenaria estrutural**. Revista PINI. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/145/concreto-armado-x-alvenaria-estrutural-economia-de-15-motiva-299688-1.aspx>. Acessado em 10 de junho de 2014.

HENDRY, A.W. **Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe**. Prog. Struct. Eng. Mater. 2002,. University of Edinburgh, Scotland.

PILOTTO; DO VALE; **Comparativo de custos de sistemas construtivos, alvenaria estrutural e estrutura em concreto armado no caso do empreendimento Piazza Maggiore.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.

PIRES P. L.; **Projeto de um edifício residencial em alvenaria estrutural.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA.M.R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo, Pini. 2003.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

# ANEXOS

Tabela 2 – Orçamento concreto armado (PILOTTO E DO VALE, 2011).

ITEM	PREÇO (R\$)	%
1. SERVIÇOS PRELIMINARES E GERAIS		
1.1 SERVIÇOS PRELIMINARES		
1.1.1 DESPESAS INICIAIS	535,50	0,02
1.2 SERVIÇOS GERAIS		
1.2.1 CONSUMOS	7.619,40	0,21
1.2.2 LIMPEZA DA OBRA	7.327,62	0,21
2. INFRA ESTRUTURA E OBRAS COMPLEMENTARES		
2.1 TRABALHO EM TERRA	748,24	0,02
2.2 FUNDAÇÕES E OUTROS SERVIÇOS	137.867,28	3,88
3. SUPRA ESTRUTURA		
3.1 CONCRETO ARMADO	291.439,07	8,21
4. PAREDES E PAINÉIS		
4.1 ALVENARIA	159.597,55	4,49
4.2 ESQUADRIAS METÁLICAS		
4.2.1 ALUMÍNIO	124.928,52	3,52
4.2.2 FERRO	24.404,60	0,69
4.3 ESQUADRIAS DE MADEIRA	71.270,40	2,01
4.4 FERRAGENS	11.841,60	0,33
4.5 VIDROS	29.480,86	0,83
4.6 DIVERSOS	48.049,91	1,35
5. COBERTURAS E PROTEÇÕES		
5.1 COBERTURAS	39.931,87	1,12
5.2 PROTEÇÕES	23.685,18	0,67
6. REVESTIMENTOS, ELEMENTOS DECORATIVOS E PINTURAS		
6.1 REVESTIMENTOS INTERNOS	38.474,76	1,08
6.2 REVESTIMENTOS CERÂMICOS	34.765,73	0,98
6.3 REVESTIMENTOS EXTERNOS	63.307,64	1,78
6.4 FORROS	9.728,16	0,27
6.5 PINTURA	90.243,86	2,54
7. PAVIMENTAÇÕES		
7.1 PISO CERÂMICO	18.063,39	0,51
7.2 CIMENTADO	57.981,26	1,63
7.3 RODAPÉS, SOLEIRAS E PEITORIS		
7.3.1 SOLEIRAS	9.913,50	0,28
7.3.2 PEITORIS	8.690,44	0,24
8. INSTALAÇÕES E APARELHOS		
8.1 ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	58.438,35	1,65
8.2 HIDROSANITÁRIA E GÁS		
8.2.1 ÁGUA	37.884,41	1,07
8.2.2 ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS	79.464,93	2,24
8.2.3 GÁS	10.281,60	0,29
8.3 INSTALAÇÕES MECÂNICAS	29.525,20	0,83
8.4 ELEVADORES	153.000,00	4,31
8.5 APARELHOS		
8.5.1 LOUÇAS INCLUSIVE METAIS	87.327,19	2,46
9. COMPLEMENTAÇÃO DE OBRA		
9.1 CALAFATE E LIMPEZA GERAL	5.989,01	0,17
9.2 MÃO DE OBRA	1.780.002,07	50,12
CUSTO DA OBRA: R\$ 1.109,01/M²	3.551.809,10	100,00

**Tabela 3** – Orçamento alvenaria estrutural (PILOTTO E DO VALE, 2011).

ITEM	PREÇO (R\$)	%
1. SERVIÇOS PRELIMINARES E GERAIS		
1.1 SERVIÇOS PRELIMINARES		
1.1.1 DESPESAS INICIAIS	535,50	0,02
1.2 SERVIÇOS GERAIS		
1.2.1 CONSUMOS	7.619,40	0,23
1.2.2 LIMPEZA DA OBRA	7.327,62	0,22
2. INFRA ESTRUTURA E OBRAS COMPLEMENTARES		
2.1 TRABALHO EM TERRA	748,24	0,02
2.2 FUNDAÇÕES E OUTROS SERVIÇOS	123.934,37	3,79
3. SUPRA ESTRUTURA		
3.1 CONCRETO ARMADO	188.245,46	5,76
4. PAREDES E PAINÉIS		
4.1 ALVENARIA	221.280,92	6,77
4.2 ESQUADRIAS METÁLICAS		
4.2.1 ALUMÍNIO	124.928,52	3,82
4.2.2 FERRO	24.404,60	0,75
4.3 ESQUADRIAS DE MADEIRA	71.270,40	2,18
4.4 FERRAGENS	11.841,60	0,36
4.5 VIDROS	29.480,86	0,90
4.6 DIVERSOS	48.049,91	1,47
5. COBERTURAS E PROTEÇÕES		
5.1 COBERTURAS	39.931,87	1,22
5.2 PROTEÇÕES	23.685,18	0,72
6. REVESTIMENTOS, ELEMENTOS DECORATIVOS E PINTURAS		
6.1 REVESTIMENTOS INTERNOS	15.389,90	0,47
6.2 REVESTIMENTOS CERÂMICOS	34.765,73	1,06
6.3 REVESTIMENTOS EXTERNOS	63.307,64	1,94
6.4 FORROS	9.728,16	0,30
6.5 PINTURA	90.243,86	2,76
7. PAVIMENTAÇÕES		
7.1 PISO CERÂMICO	18.063,39	0,55
7.2 CIMENTADO	57.981,26	1,77
7.3 RODAPÉS, SOLEIRAS E PEITORIS		
7.3.1 SOLEIRAS	9.913,50	0,30
7.3.2 PEITORIS	8.690,44	0,27
8. INSTALAÇÕES E APARELHOS		
8.1 ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	58.438,35	1,79
8.2 HIDROSANITÁRIA E GÁS		
8.2.1 ÁGUA	37.884,41	1,16
8.2.2 ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS	79.464,93	2,43
8.2.3 GÁS	10.281,60	0,31
8.3 INSTALAÇÕES MECÂNICAS	29.525,20	0,90
8.4 ELEVADORES	153.000,00	4,68
8.5 APARELHOS		
8.5.1 LOUÇAS INCLUSIVE METAIS	87.327,19	2,67
9. COMPLEMENTAÇÃO DE OBRA		
9.1 CALAFATE E LIMPEZA GERAL	5.989,01	0,18
9.2 MÃO DE OBRA	1.574.197,85	48,18
CUSTO DA OBRA:	R\$ 1.020,23/M <sup>2</sup>	
	3.267.476,87	100,00