

ALVENARIA ESTRUTURAL COMO MÉTODO CONSTRUTIVO

STRUCTURAL MASONRY AS A CONSTRUCTION METHOD

MELO TOLEDANO, Fábio¹

LOPES DE ARAÚJO, José Carlos²

MOREIRA RIBEIRO GONÇALVES, José Roberto³

Resumo: O presente artigo teve como finalidade descrever a alvenaria estrutural em seu processo construtivo, sua função portante, aplicabilidade e custos, bem como sua utilização na atualidade em comparação com o uso da alvenaria convencional de concreto armado. A metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica, constituída de estudo teórico com pesquisa sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural. Este método construtivo, quando usado de forma correta com integração total entre as partes envolvidas na execução e, respeitando suas restrições é bastante ágil, limpo, seguro e lucrativo de se construir. Este artigo visa apresentar o processo construtivo de alvenaria estrutural desde os aspectos históricos até o controle de execução e ensaios, avaliando sua produtividade.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural, Sistema Construtivo

Abstract: The purpose of this article was to describe structural masonry in its construction process, its load bearing function, applicability and costs, as well as its current use in comparison with the conventional masonry of reinforced concrete. The methodology used was the bibliographic review, constituted of a theoretical study with research on the structural system in structural masonry. This constructive method, when used correctly with full integration between the parties involved in the execution and, respecting their constraints is quite agile, clean, safe and profitable to build. This article aims to present the constructive process of structural masonry from the historical aspects to the execution control and tests, evaluating its productivity.

Keywords: Structural Masonry, Constructive System

¹ Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário Augusto Motta – fabio.toledano@hotmail.com

² Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário Augusto Motta - email

³ Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – joserobertoverde@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A principal natureza da alvenaria convencional é sua função primária de vedação ou fechamento, separando ambientes e fachadas. Esse é o sistema construtivo mais utilizado pelos brasileiros, sendo complementado pelo uso de vigas e pilares moldados por formas de madeira. Juntas, a estrutura e vedação dão diversas possibilidades estéticas a um projeto e deixam as construções mais flexíveis a futuras reformas (KANTOR, 2018).

A alvenaria não se dá apenas em necessidade de proteção e divisão de ambientes, mas também há a necessidade de resistência a esforços estruturais, neste caso, falamos da alvenaria estrutural. Constitui um sistema racionalizado com medidas padrões de elementos construtivos, como blocos concretos e cerâmicos, acrescidos de elementos compensadores para uma melhor modulação. Se adequadamente planejada, a alvenaria estrutural deve ser eficaz de modo a admitir todas as cargas a que é submetida; a de seu próprio peso, lajes e coberturas. Além disso, é resistente às ações variáveis externas, como chuva e ventos (KANTOR, 2018).

Em relação ao custo dos materiais, de primeiro momento, um bloco de alvenaria estrutural custa mais do que um tijolo cerâmico de vedação. No entanto, a necessidade de quebrar blocos na construção convencional exige mais material, o que a torna dispendiosa quando comparada a alvenaria estrutural. Portanto, o processo reduz custos, tempo e é constantemente visto em pequenas construções, sendo hoje apta a atender projetos residenciais de 3 a 20 pavimentos e galpões comerciais (KANTOR, 2018).

DESENVOLVIMENTO

As construções em alvenaria são as mais antigas e usadas em todo o mundo, não sendo possível saber precisamente o ano que se iniciou a sua utilização, sabe-se que seu emprego se dá desde a antiguidade, e que até o início do século XX foi executado de forma empírica, o que resultava em estruturas mais volumosas quando comparadas com as utilizadas atualmente. 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 em vários países, ainda se elaborava o projeto de alvenaria estrutural de acordo com métodos empíricos de cálculo, apresentando, assim, grandes limitações.

A dificuldade em trabalhar e construir utilizando pedras de grandes dimensões fez os povos de antiguidade trabalhar com peças de menores dimensões, ou seja, os tijolos, que aliados à mistura de diferentes agregados com aglomerantes permitiram a origem e a evolução de construções com curvas e arqueamentos, possibilitando estruturas totalmente em alvenaria.

A partir do início do século passado, com a implantação do concreto armado e do aço, que possibilitaram a construção de estruturas esbeltas, de grande altura e com peças de reduzidas dimensões, a

utilização da alvenaria não foi tratada na forma de sistema construtivo técnico como tais estruturas (CAMACHO, 2001, p. 09). Como consequência, as pesquisas e o seu desenvolvimento se estagnaram e neste período sua utilização ficou relegada a construções de pequeno porte em alvenaria convencional (CAMACHO, 2001, p. 09). Somente no século XIX foram desenvolvidas teorias racionais visando o dimensionamento das edificações, o primeiro relato do uso racional da alvenaria estrutural realizado com estudos teóricos e experimentais foi publicado na Índia em 1923 por A. Brebner. A partir desta época um grande número de pesquisas foi desenvolvido.

Na década de 50 a utilização de alvenaria ganhou novo impulso após a realização de experimentações na Europa, com isso foi possível a criação de novas normas para o projeto e a execução de obras, fazendo com que as mesmas se tornassem competitivas, comparadas as demais técnicas existentes (CAMACHO, 2001, p. 09).

Componentes da Alvenaria Estrutural

Tauil e Nese (2010) definem alvenaria como o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. As alvenarias podem ser não armadas, armadas e protendidas.

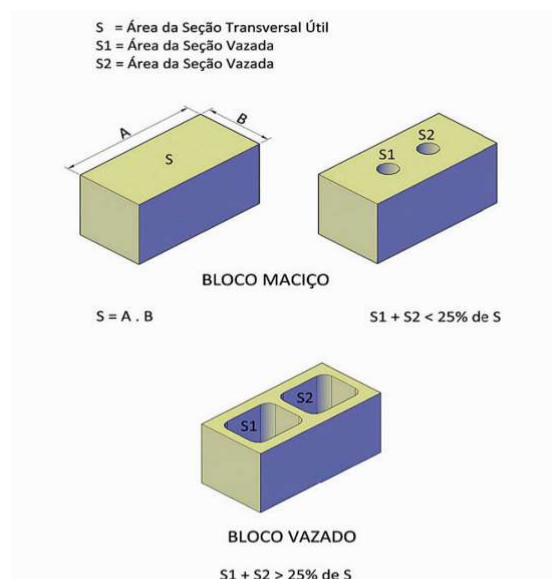
A alvenaria não armada não recebe graute (RAMALHO, 2003). Utilizam armadura apenas por aspectos construtivos tais como vergas, contravergas, usados para evitar patologias como trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura (RAMALHO, 2003). Já a alvenaria armada recebe reforços de aço em determinadas regiões devido a exigências estruturais (RAMALHO, 2003). São utilizadas armaduras passivas, sendo essas caracterizadas por não sofrerem tensões iniciais, dentro dos vazios dos blocos para posterior grauteamento, as juntas verticais também são preenchidas (RAMALHO, 2003).

Referente a alvenaria protendida destaca-se o fato de ser reforçada por uma armadura ativa, sendo que essa possui tensões previamente aplicadas em pelo menos uma parte dela, que submete a alvenaria a esforços de compressão (RAMALHO, 2003). Ela é pouco utilizada, pois os itens utilizados para protensão tem elevado custo, fazendo com que não seja uma opção tão viável (RAMALHO, 2003).

Entende-se por um componente da alvenaria uma unidade básica, isto é, algo que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos, ou unidades; argamassa; graute e armadura, sendo que os elementos são uma parte suficientemente elaborada da estrutura, a saber, paredes, pilares, cintas e vergas (RAMALHO, 2003).

Os blocos são os principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura, estes podem ser maciços (tijolos) ou vazados (blocos). Maciços são aqueles que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total, se os vazios forem maior que esse limite, são considerados vazados (TAULI e NESSE, 2010).

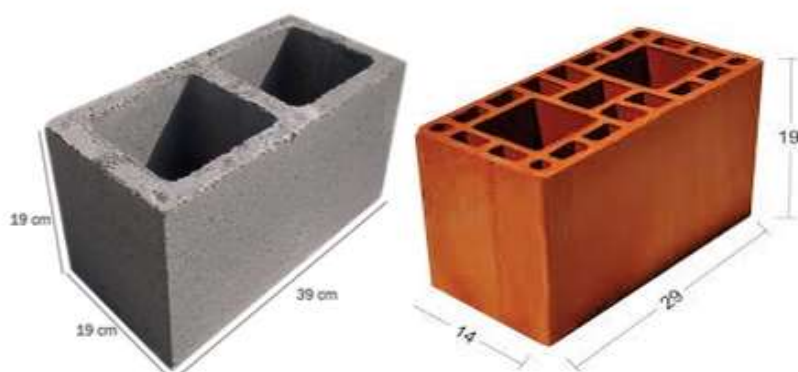
Figura 1 - Formas dos blocos na alvenaria estrutural



Fonte: TAULI E NESE, 2010

Para se construir em alvenaria estrutural são utilizados blocos que atendam os pré-requisitos da NBR 6136/07. Os blocos são constituídos por uma mistura de cimento *Portland*, agregados e água. Devem apresentar um aspecto homogêneo e compacto, com arestas vivas, sem trincas e textura com aspereza adequada à aderência de revestimentos, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Blocos Estrutural de Concreto e Cerâmico



Fonte: Autores

Argamassa de Assentamento: suas principais funções são a de unir os blocos; vedar o conjunto para prevenir a entrada de água e vento nas edificações; compensar imperfeições e distribuir cargas, o que torna a resistência uma característica secundária. Segundo Sabbatini (2003), as suas principais características, são boa trabalhabilidade; capacidade de retenção de água para que uma elevada sucção do bloco não prejudique

uma adequada aderência para absorver esforços de cisalhamento; ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais.

Graute: é uma pasta de arg

amassa com consistência fluida utilizada para o preenchimento de espaços vazios em locais de difícil acesso, dispensando o uso de vibradores para o seu adensamento, servindo para o preenchimento de blocos de alvenaria estrutural armada.

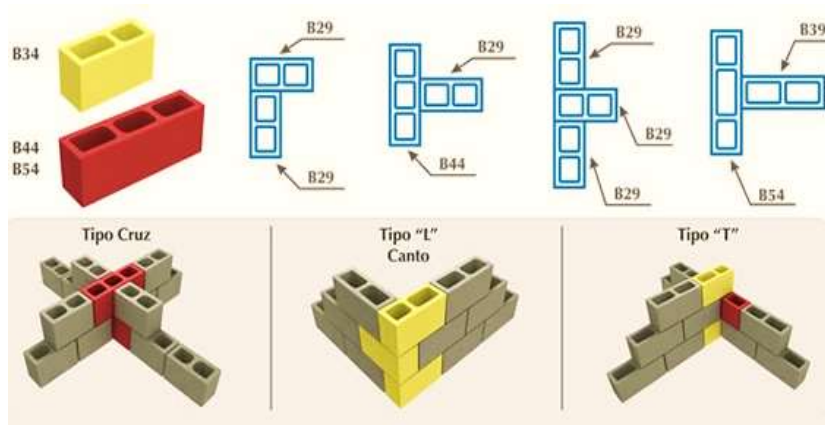
Segundo Manzione (2004), a resistência do graute é determinada de acordo com a resistência do bloco. O graute deve ter sua resistência característica duas vezes maior que a do bloco, essa recomendação é fácil de ser entendida uma vez que a resistência característica do bloco é referida à área bruta e que o índice de vazios para os blocos é usualmente de 50% (MANZIONE, 2004).

Armadura: as barras de aço são utilizadas juntamente com o graute e têm como função combater os esforços de tração (MANZIONE, 2004). Esta tensão provocada pelos esforços de tração deve ser compatível com a deformação da alvenaria, sendo adotadas tensões bem baixas. Outra forma de utilização de armaduras é como elemento de amarração entre paredes – “grampo”. A utilização de grampo resulta em boa aderência mecânica, mas não impede o destacamento da parede (MANZIONE, 2004).

Aspectos Técnicos Construtivos

Para projetar um edifício em alvenaria estrutural é necessário um estudo de modulação juntamente com o projeto arquitetônico. Esta modulação consiste em “encaixar” os blocos uns nos outros respeitando todas as amarrações, formando um prisma, a Figura 3 ilustra o processo de amarração dos blocos.

Figura 3 - Processo de Amarração



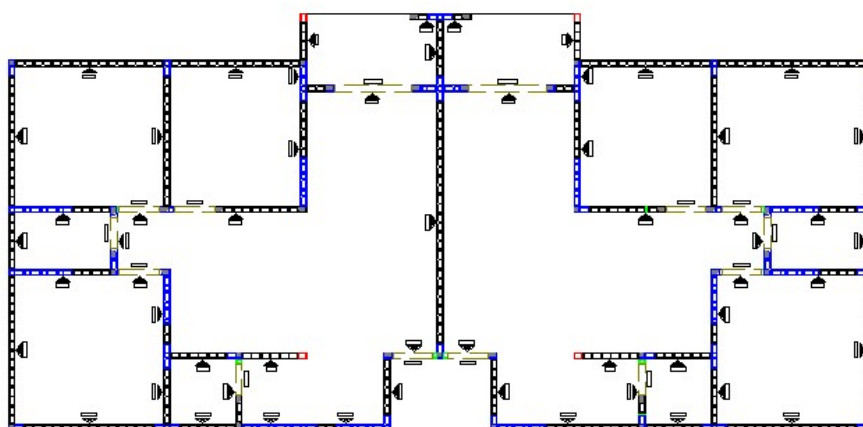
Fonte: GOIARTE, 2018

Para arranjos arquitetônicos que fujam dos padrões usuais, é recomendado, conforme Ramalho e Corrêa (2003) considerar a densidade de paredes estruturais por m² de pavimento.

A coordenação modular é uma técnica que permite, a partir de um módulo básico, estabelecer as dimensões dos ambientes. O módulo adotado na maioria das literaturas sobre alvenaria estrutural é o M=100 mm, ou seja, M é a menor unidade de medida modular da quadrícula de referência igual a 100x100 mm (MANZIONE, 2004).

De acordo Tauil e Nese (2010), após a definição do módulo a partir dos tipos de blocos de concreto disponíveis no mercado, todos os ambientes do projeto terão suas medidas internas e externas múltiplas de módulo de referência, permitindo assim tanto a modulação horizontal quanto a vertical, ilustrado na Figura 6. Embora os blocos modulares facilitem a coordenação modular, os blocos não-modulares são também utilizados.

Figura 4 - Projeto de Modulação de Alvenaria



FONTE: MAIS ENGENHARIA, 2018

Segundo Ramalho e Corrêa (2010), o bloco é o componente básico da alvenaria, sendo definido por três dimensões principais: comprimento, largura e altura. Comprimento e largura definem o módulo horizontal e a altura define o módulo vertical. É importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, nesta condição a amarração das paredes ficará bastante simplificada. Porém, nem sempre esta condição é possível de ser atendida, sendo necessária então a utilização de blocos com medidas especiais que viabilizem a amarração das paredes (RAMALHO; CORRÊA, 2010).

Nas edificações, os subsistemas de instalações são os que mais interferem nos outros, implicando em baixa produtividade, ociosidade da mão de obra e patologias. Como as paredes em alvenaria estrutural não podem ser quebradas, o caminhamento de todas as tubulações deve ser previsto em projeto (MANZIONE, 2004). Para as instalações elétricas, como princípio geral, o caminhamento das tubulações elétricas será sempre feito na direção vertical, aproveitando-se os vazios dos blocos para a passagem de mangueiras, cortes horizontais não são permitidos para interligação de pontos (MANZIONE, 2004).

Nas instalações hidráulicas a passagem das tubulações hidráulicas é mais complicada, uma vez que não se pode embuti-las nas paredes estruturais (MANZIONE, 2004). A passagem da tubulação deve ser feita em forros falsos (MANZIONE, 2004).

Quanto às esquadrias, a disposição das aberturas de portas e janelas está relacionada com a elevação das paredes (MANZIONE, 2004).

Para as portas, pode se utilizar batentes metálicos que facilitam a elevação da alvenaria, pois já servem de gabarito para o vão, entretanto não permitem o uso de “porta pronta”, ou de madeira que permitem a utilização de “porta pronta”, a fixação do conjunto é feita com espuma de poliuretano (MANZIONE, 2004).

Nas janelas as soluções irão depender do tipo de esquadria a ser utilizada, de alumínio ou de ferro. As janelas de ferro são menos vantajosas, devendo a edificação se adaptar às diversas medidas disponíveis no mercado, já as esquadrias em alumínio são feitas sob medida, o que evita quebras e adaptações nos vãos.

Controle e Execução de Ensaios

Os controles do processo de alvenaria estrutural devem ser referentes ao recebimento de materiais e componentes, à aceitação de alvenaria e à produção de alvenaria estrutural, conforme orientações de Sabbatini (2003). Devem ser controlados através de ensaios específicos definidos por normas os seguintes componentes

Os blocos devem ser ensaiados de acordo com a NBR 12118 (2013) para aferição dos requisitos exigidos na NBR 6136 (2007), a saber: a análise dimensional, absorção, área líquida e resistência à compressão, onde o coeficiente de variação da resistência à compressão será inferior a 15%.

Análise Dimensional do Bloco (largura, comprimento e altura) (ABNT NBR 12118, 2013)

Para cada dimensão do corpo de prova, devem ser realizadas pelo menos três determinações em pontos distintos na face de maior espessura das paredes do bloco, com resolução de 1mm. O valor de cada dimensão do corpo de prova é o resultado da média de pelo menos três determinações. As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos são de $\pm 2,0\text{mm}$ para a largura e $\pm 3,0\text{mm}$ para a altura e para o comprimento, em relação a dimensão nominal do bloco.

Área Líquida do Bloco (ABNT NBR 12118, 2013)

A área líquida é a área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios. Esta determinação pode ser executada sempre que todas as seções paralelas à seção de trabalho puderem ser admitidas iguais e constantes.

Absorção do Bloco (ABNT NBR 12118, 2013)

Deve ser realizada a secagem e posterior, saturação do bloco. A absorção é determinada por meio da equação 1:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 ; \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

“a” é a absorção total, expressa em porcentagem (%);

“m1” é a massa do corpo de prova seco em estufa, expressa em gramas (g);

“m2” é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g)

Os blocos são divididos em três classes, sendo elas a A,B e C. Os valores de resistência individual dos blocos varia de acordo com a classe, entretanto, o valor da resistência não deve ser inferior a resistência nominal constante em projeto. A resistência mínima exigida para cada classe se encontra na Tabela 1. Neste caso, também se aplica a equação devida ao ensaio à compressão simples de prisma, para a análise dos resultados dos ensaios.

Tabela 1 - Referências para Ensaio Realizados em Blocos de Alvenaria Estrutural

Classificação	Classe	Resistência Característica (Mpa)	Absorção (%)		Retração (%)
			Individual	Média	
Com a função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$	
Com ou Sem Função Estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$	

Fonte: NBR 12118 (2013)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que uma boa execução depende de uma série de fatores, desde a concepção de projetos, realização e resultados dos ensaios para saber se o material está apto a exercer sua função em meio a estrutura, até às etapas da construção propriamente ditas. Com isso, torna-se fator primordial que a mão de obra seja treinada e consciente da responsabilidade envolvida na execução da alvenaria.

Outro fator importante é a constante fiscalização da obra pelos engenheiros, técnicos, mestres de obra e estagiários já que é um sistema racionalizado e de alto nível de industrialização, devendo respeitar os projetos na obra, fazendo com que não haja desperdício de materiais.

A consequência da construção em alvenaria estrutural é uma obra econômica, que reduz bastante o custo para o empreendedor. Logo, pode-se concluir que a metodologia da alvenaria estrutural, quando usada de forma correta com integração total entre as partes envolvidas na execução e, respeitando suas restrições é um método bastante ágil, limpo, seguro e lucrativo de se construir.

REFERÊNCIAS

- _____. ABNT NBR 15961-2 *Blocos de Concreto: Parte 2: Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro, 2011. 35 p.
- _____. ABNT NBR 6136 *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Requisitos*. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.
- _____. ABNT NBR 12118 *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, 2013. 14 p.
- CAMACHO, J. S. *Alvenaria estrutural não-armada – parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes*. Porto Alegre, 1986. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
- CAMACHO, J. S. *Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural – Notas de Aula*, Ilha Solteira-SP, 2001.
- GOIARTE. Processo de amarração. Disponível em: <http://www.goiarte.com.br/?page_id=75096> Acesso: 01 de Novembro de 2018
- KANTOR, Ana. *Diferença entre construção convencional e alvenaria estrutural*. Disponível em: <https://www.hometeka.com.br/a-diferenca-entre-construcao-convencional-e-alvenaria-estrutural>. Acesso: 01 de Novembro de 2018.
- MAIS ENGENHARIA. Projeto de Modulação de Alvenaria. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/alvenaria-como-sistema-estrutural-estagios/>> Acesso: 01 de Novembro de 2018
- MANZIONE, L. *Projeto e execução de alvenaria estrutural*. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2004. 116 p.
- RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. *Projetos de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo: Editora Pini, 2003. 174 p.
- SABBATINI, F. H. *Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico – Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edificações em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal*. Brasília/DF: Caixa Econômica Federal/DIDUP, mar 2003
- TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. *Alvenaria Estrutural*. São Paulo: Editora Pini, 2010. 183 p.