DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS PARA PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL[1]

MÜLLER, B., Universidade Federal de Santa Maria, email: arq.brunamuller@gmail.com; HAAS, A., Universidade Federal de Santa Maria, email: alessandra.compose@gmail.com; MOHAMAD, G., Universidade Federal de Santa Maria, email: gihad.civil@gmail.com; MACHADO, D., Universidade Luterana do Brasil - Campus Santa Maria, email: diego_nas_mac@hotmail.com; RIZZATI, E., Universidade Federal de Santa Maria, email: edu_rizzatti@yahoo.com.br; ROMAN, H., Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, email: humberto@npc.ufsc.br,

ABSTRACT

Structural masonry is a constructive system where the modular basic unit is the block, which together with the mortar form the walls, which are responsible for absorbing all the vertical and horizontal actions. This work presents the main guidelines for the specification and detailing of the structural elements, whose purpose is to produce technically streamlined constructions that are coherent with the structural masonry system, based on performance criteria. The design of a structural masonry building must go through stages such as preliminary study, adaptation of design and modulation, choice of block unit type and slab type, installations positioning, wall detailing, specification of finishes, frames, control of materials and structural components and, the definition of the compatibilized executive project. These steps are important for masonry construction, because lack of project and detailing can compromise the system and generate global problems in the construction. Therefore, the application of the principles of constructability and performance are important tools to guide engineering and architecture professionals in the execution of projects in structural masonry.

***Keywords**: Structural masonry. Performance. Project. Principles of constructability. Performanc.*

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo onde a unidade básica modular é o bloco, e juntamente com a argamassa formam as paredes, que são responsáveis por absorver todas as ações atuantes na vertical e horizontal. A segurança estrutural é garantida pela rigidez da edificação em virtude da união entre as paredes estruturais nas duas principais direções onde ocorre ação do vento.

Este trabalho apresenta as principais diretrizes para especificações e detalhamentos dos elementos estruturais, cujo intuito é produzir edificações tecnicamente racionalizadas e coerentes com o sistema construtivo em alvenaria estrutural, baseando-se nos critérios de desempenho.

O projeto de uma edificação em alvenaria estrutural deve passar por etapas que vão desde estudo preliminar, a aspectos como a adaptação da concepção à modulação, escolha do tipo de unidade de bloco, tipo de

[1] MÜLLER, B. , HAAS, A. , MOHAMAD, G. , MACHADO, D. , RIZZATI, E. , ROMAN, H. Definições e características para projetos em alvenaria estrutural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

laje, posicionamento das instalações, detalhamentos das paredes, especificação dos acabamentos, esquadrias, controle dos materiais e componentes estruturais e a definição do projeto executivo compatibilizado.

Essas etapas são importantes para as obras em alvenaria, pois a falta de projeto e detalhamentos pode comprometer o sistema e gerar problemas globais na construção.

2 PROJETO ARQUITETÔNICO

Os principais fatores condicionantes do projeto são arranjo arquitetônico, coordenação dimensional, otimização do funcionamento estrutural da alvenaria e racionalização do projeto e da produção. Aspectos como volumetria, simetria, dimensões máximas dos vãos e flexibilidade da planta baixa devem ser, também, estudadas pelos responsáveis técnicos. O projeto em alvenaria estrutural ainda impõe algumas restrições projetuais, entre elas:

• limitação no número de pavimentos;

• arranjo espacial das paredes nas duas direções principais de vento e a necessidade de amarração entre os elementos estruturais;

• relação entre comprimento e altura dos painéis de paredes estruturais, que pode afetar a esbeltez do elemento e o modo de ruptura da parede;

• limitações quanto à existência de transição para as estruturas em pilotis no térreo ou em subsolos;

• impossibilidade de remoção posterior das paredes estruturais;

• uso de balanços, principalmente de sacadas que produzem torção;

• necessidade das passagens das instalações sob pressão (hidráulicas e de gás) em espaços previamente pensados, sem rasgos dos elementos estruturais;

• previsão de juntas de movimentação (controle e dilatação).

3 DISTRIBUIÇÃO E ARRANJOS DAS PAREDES ESTRUTURAIS NO PROJETO ARQUITETÔNICO

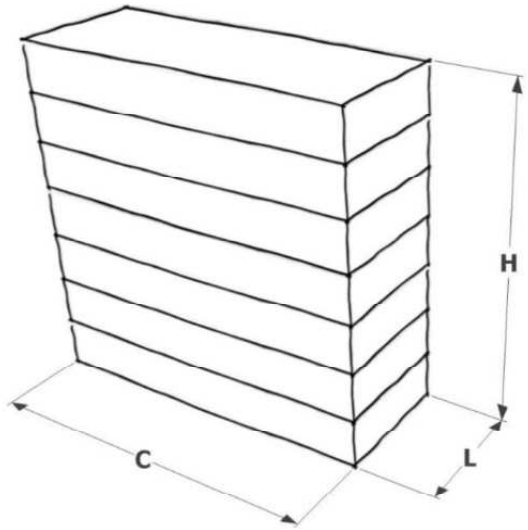
O lançamento da estrutura é a etapa mais importante do projeto e, caso o partido arquitetônico não seja adequado, será muito difícil compensá-lo por meio de medidas tomadas nos projetos complementares ou em intervenções diretas na obra.

3.1 Forma do prédio

No projeto arquitetônico, a forma de uma edificação, muitas vezes, é condicionada por sua função, devido a necessidade de distribuição interna dos espaços. Assim, a forma da edificação pode determinar a distribuição das paredes, sobretudo as estruturais. Quanto mais robusta uma edificação, maior será sua capacidade de resistir a esforços horizontais, principalmente a ação do vento, que introduz indesejáveis esforços de tração na alvenaria.

Na Figura 1 são exemplificados efeitos da forma na rigidez aos deslocamentos horizontais do prédio, onde quanto maior a altura menor será a rigidez aos deslocamentos horizontais.

Figura 1 – Efeitos da forma e altura na rigidez do prédio, comprimento (C), Altura (H) e Largura (L)



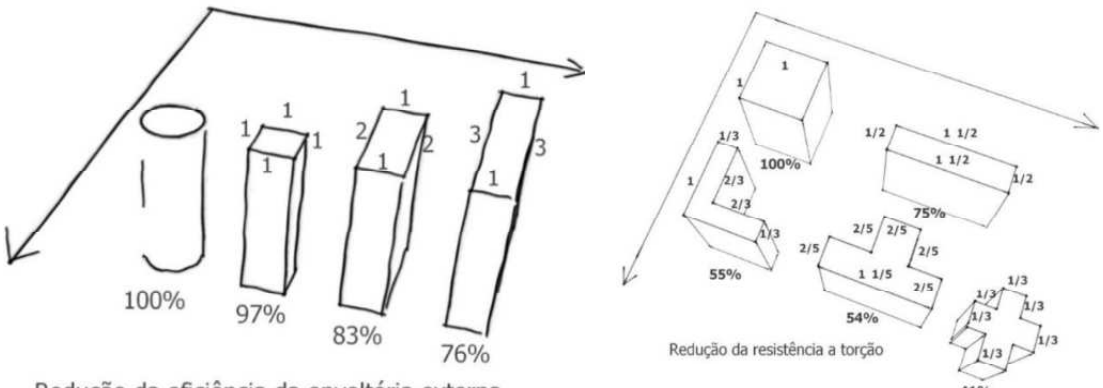
Situação	C/L	H/L
Ideal	1	≤ 1
Aceitável	≤ 4	≤ 3
Ruim	> 4	> 3

Fonte: Drysdale, 1994 e Gallegos, 1988. Adaptado por Duarte, 1999 e Cavalheiro, 1995

Estudos realizados por Mascaró (1998) e Drysdale (1994) relacionam o comprimento das paredes externas da edificação com a área de planta baixa, o que fornece um parâmetro de custo da envolvente por área útil a ser construída. É possível observar na Figura 2 as diferentes formas em planta baixa comparando-as ao círculo, mais eficiente de todas as formas, por apresentar a maior área para um mesmo perímetro.

A Figura 2 apresenta, também, o efeito da forma do prédio na resistência à torção devida à atuação de forças horizontais, tomando-se como referência uma planta quadrada. Observa-se que o comprimento total das paredes externas é a mesma em todas as plantas baixas.

Figura 2 – Eficiência da envoltória externa e efeito da forma à torção do prédio



Fonte: Drysdale, 1994.

3.2 Distribuição e arranjos das paredes estruturais

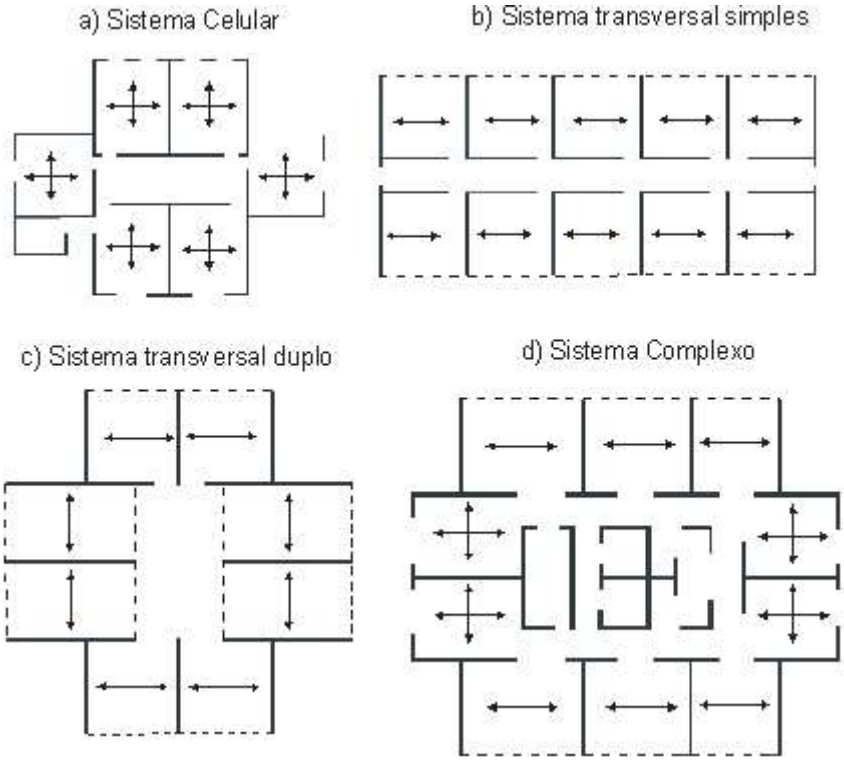
Quanto mais simétrico for o projeto, mais efetivo será o resultado do lançamento estrutural. O responsável técnico pelo projeto deve procurar equilíbrio na distribuição das paredes resistentes por toda área da planta baixa. As paredes estruturais devem ser distribuídas em ambas as direções da edificação, garantindo sua estabilidade em relação às cargas horizontais.

Os arranjos das paredes podem ser variados, sendo fundamental a amarração entre os elementos estruturais para a estabilização da construção e a transmissão dos esforços oriundos do peso próprio e do vento. Hendry (1981) tipifica as principais soluções de distribuição de paredes estruturais, apresentando três diferentes categorias:

- Sistema celular: distribuição de carga das lajes ocorre tanto para as paredes internas quanto para as externas.
- Sistema de paredes transversais: direciona os carregamentos das lajes na direção das paredes internas, em que estas são responsáveis por absorver a carga unidirecional das lajes e transmitir para os pavimentos inferiores.
- Sistema complexo: lajes unidirecionais e bidirecionais no contorno externo da edificação e um núcleo rígido central formado pela caixa de escada, elevadores e compartimentos de serviços.

A Figura 3 apresenta o efeito do arranjo das paredes na resistência à torção do prédio.

Figura 3 – Arranjos de paredes em alvenaria estrutural



Fonte: Hendry, Sinha e Davies, 1997.

4. DEFINIÇÕES DE PROJETOS E DETALHAMENTOS

Após as fases iniciais, onde são definidas as características gerais da edificação, tem-se o refinamento das decisões. Integram as decisões referentes ao anteprojeto:

- Escolha do tipo de bloco e modulação;
- Definição e amarração das paredes estruturais;
- Escolha da tipologia de laje;
- Definição de primeira e segunda fiadas;
- Aspectos técnicos: detalhamentos construtivos;
- Previsão das instalações: elétricas e hidrossanitárias.

4.1 Escolha do bloco e a modulação

Um dos aspectos mais relevantes é a definição do tipo de bloco a ser empregado no projeto. Essa definição do tipo de unidade implica diretamente em questões técnicas referentes a:

- Projeto: coordenação modular e cálculo estrutural;
- Execução: particularidades no manuseio e assentamento dos blocos;
- Economia: custo da unidade e consumo de argamassa;
- Desempenho: térmico, acústico, estanqueidade, durabilidade e resistência.

Deve-se levar em consideração algumas condições que são relevantes na escolha dos blocos, entre elas:

- Fornecimento do bloco na região onde a edificação será construída;
- Custo das unidades e do transporte;
- Processo construtivo utilizado pela empresa que executará a obra;
- Propriedades físicas e mecânicas do material.

Conforme Silva (2003), a definição do elemento padronizado é o ponto de partida para a modulação e, consequentemente, da racionalidade da obra. Para tanto, o profissional responsável pelo projeto deve conhecer as dimensões das unidades que serão utilizadas na construção e trabalhar sobre uma malha modular com medidas baseadas no tamanho do componente a ser usado.

Em um projeto em alvenaria estrutural, a modulação ideal é aquela em que o módulo é igual à espessura da parede (unidade modular), não sendo necessária a criação de blocos especiais para os ajustes das amarrações entre as paredes estruturais.

4.2 Definição e amarrações entre as paredes estruturais

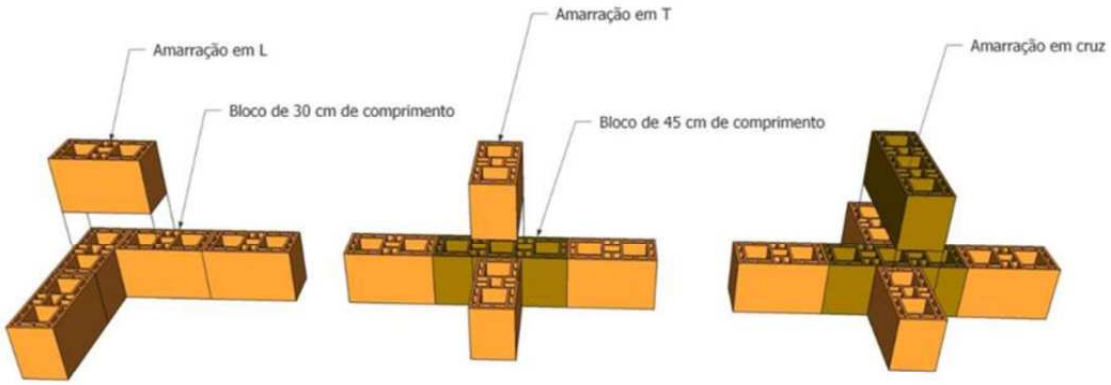
Na alvenaria estrutural necessita-se a vinculação entre os elementos estruturais para a rigidez global da edificação, garantindo o pleno desempenho estrutural. Segundo a NBR 15812-1 (2010) a amarração pode ser executada, basicamente, de duas maneiras:

• Amarração direta: padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns;

• Amarração indireta: padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento.

Na Figura 4 são apresentados encontros em "L", "T" e "Cruz", da família de 30 cm, verifica-se que o único bloco especial é de 45 cm de comprimento, responsável por fazer as amarrações em "Cruz" e em "T".

Figura 4 – Encontros de paredes estruturais em L, T e Cruz.



Fonte: Autores.

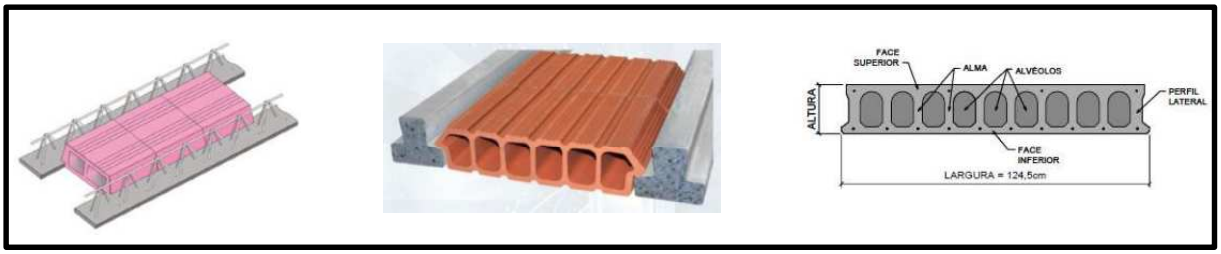
4.3 Escolha da tipologia de lajes

As lajes são de grande importância no sistema construtivo em alvenaria estrutural, pois servem de travamento para as paredes e ajudam a transmitir os esforços horizontais oriundos do vento.

Lajes maciças armadas nas duas direções são as mais indicadas devido a maior rigidez transversal que conferem na distribuição dos esforços devidos ao vento e às cargas verticais.

A Figura 4 apresenta algumas tipologias de laje. Nas lajes armadas em uma direção, deve-se ter o cuidado de evitar que todas as lajes sejam posicionadas na mesma direção. O sentido do apoio das vigotas deve ser alternado de forma a permitir uma distribuição de cargas mais uniformes ao longo das paredes da edificação.

Figura 4 – Tipologia de Lajes para Alvenaria Estrutural



Fonte: TECNOART. Disponível em: <http://www.tecnoartpremoldados.com.br/lajes-trelicadas.php>. Acesso em: 20/01/2012. TATU. Disponível em: <http://www.tatu.com.br/1.1-Tabelas_de_Lajes_Alveolares.pdf>. Acesso em: 20/01/2012.

4.4 Aspectos técnicos para o desempenho das obras em alvenaria estrutural

Os aspectos técnicos relacionados à presença de verga e contraverga, balanços, escadas e lajes de cobertura são fundamentais para o desempenho construtivo e estrutural, sendo de fundamental importância estar presente nos projetos em alvenaria estrutural.

4.4.1 Vergas e contravergas

Elementos estruturais imprescindíveis em vãos de portas e janelas com apoios

laterais mínimos de 30 cm em cada lado, conforme a NBR 15812-2 (2010). Preferencialmente, o vão máximo não deve ultrapassar 1,20 metros, caso isso ocorra deve ser dimensionado como viga.

Esses componentes estruturais podem ser constituídos de várias maneiras como segue:

- Blocos do tipo canaleta "U", devidamente armados e grauteados;
- Peças de concreto armado moldadas in loco ou pré-fabricado.

4.4.2 Sacadas ou lajes em balanço

Em termos de desempenho, sacadas internas à projeção do edifício (nichos) ou com apenas uma parte avançando em balanço, em relação à projeção da fachada, são mais aconselhadas. Para as sacadas em balanço, preferencialmente, as bordas laterais devem estar alinhadas com os eixos de paredes para a continuidade da viga de cintamento. Logicamente, todas as vigas e transpasses devem ser dimensionados por cálculos adequados.

4.4.3 Escadas

Para a execução das escadas deve-se considerar soluções técnicas padronizadas e de eficiência comprovada. Os tipos mais usuais de escadas em alvenaria estrutural são:

- Escada de concreto armado, moldada *in loco*: apresenta como principal vantagem a execução, exige o uso de fôrmas e escoramento;
- Escadas tipo jacaré: formada por vigas dentadas "jacaré", degraus, espelhos e patamares pré-moldados. Escada de fácil montagem, no entanto, é viável se houver parede central de apoio entre os lances.

5 CONCLUSÕES

A especificação de diretrizes técnicas para a execução dos projetos é fundamental para a obtenção da qualidade final da edificação. Assim, as decisões de projeto devem ser coerentes com os níveis de qualidades previstos, obtendo resultados compatíveis com a expectativa.

Portanto, a aplicação dos princípios de construtibilidade e de desempenho são ferramentas importantes para nortear os profissionais da engenharia e arquitetura na execução de projetos em alvenaria estrutural.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-1**: alvenaria estrutural – blocos cerâmicos. Parte 1: projetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 15812-2**: alvenaria estrutural – blocos cerâmicos. Parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

DRYSDALE, R. G. **Masonry structures:** behavior and design. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994.

GALLEGOS, H. **Curso de alvenaria estrutural.** Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1988. Apostila.

HENDRY, A. W. **Structural brickwork**. New York: Halsted Press book, John Wiley & Sons, 1981.

HENDRY, A. W.; SINHA, B. P.; DAVIES, S. R. **Design of masonry structures.** London: E & FN Spon, 1997.

MASCARÓ, J. **O custo das decisões arquitetônicas:** como explorar boas idéias com orçamento limitado. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

SILVA, G. **Sistemas construtivos em concreto armado e alvenaria estrutural: uma análise comparativa de custos.** 2003. 164 f. Dissertação (Mestrado) **–** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.