
AS INTERFERÊNCIAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NA REDUÇÃO DOS CUSTOS NA CONSTRUÇÃO ARQUITETÔNICA

Tacao Kageyama*

Sunao Kishi**

Célia Regina Moretti Meirelles***

Resumo

Este artigo enfoca o processo de construção com alvenaria estrutural como alternativa na produção de edifícios com qualidade, em comparação com o processo tradicional, em que vigas e pilares de concreto armado são os elementos portantes. Por meio de análises comparativas, procura-se mostrar o quanto a alvenaria estrutural interfere na diminuição do custo das edificações – adequando-se a projetos que vão de habitações de alto padrão a habitações populares –, por atender bem às demandas do projeto arquitetônico, do incorporador e da condição financeira do usuário.

Palavras-chave: Processo de construção, concreto, edificações populares.

* Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e da Escola de Engenharia de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

** Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Católica de Santos (Unisantos) e da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

*** Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

Abstract

This work deals with the construction process based in brickwork structure as a option for building construction with a higher quality in relation to the traditional process, were the concrete based pillar and beam are the portent elements. The reduction in the buildings construction thought structural brickwork are studied using a comparative analysis, taken in account projects covering the range between low costs popular edifications to high level ones, in accordance to the arquitetonic project and the client monetary conditions.

Keywords: Contruction process, concrete, popular edifications.

1 INTRODUÇÃO

No projeto arquitetônico, a responsabilidade do arquiteto torna-se complexa quando é preciso conjugar o conforto ambiental, a abordagem racionalista e, entre outras exigências, estar também em sintonia com a tecnologia e a sustentabilidade.

É nesse contexto que nos propomos ao desafio de refletir sobre as interferências do processo construtivo, especificamente o de alvenaria estrutural, na redução de custos na produção de edifícios com qualidade e durabilidade, ressaltando a sua relevância em programas habitacionais.

Observamos que todos os valores em reais que aparecem nas análises comparativas referem-se a cotações de 2001.

2 ORIGEM E EVOLUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

No Brasil, as primeiras construções com estruturas autoportantes eram de taipa, pau a pique, alvenaria de adobe, cantanaria e alvenaria de tijolos.

2.1 Taipa e adobe

Usada no período colonial, a taipa era executada com uma mistura de argila, excremento de gado e seixos, socados manualmente no interior de formas de madeira. O adobe, também usado naquela época, era um tijolo de argila seco ao Sol. Porém, para obter estabilidade na estrutura, era necessário executar paredes de espessura exagerada, o que garantia rendimento termoacústico, mas sacrificava os espaços da edificação.

Na técnica construtiva em taipa, eram usadas formas móveis que se deslocavam ao longo das paredes em andamento. Uma característica da taipa paulista, por exemplo, (Figura 1) é o fato de a parede nascer de dentro da própria terra, sem que se tomasse nenhuma providência para combater a umidade natural do solo e a erosão (LEMOS, 1999, p. 41).



Figura 1 Construção em taipa, do século XVII – Casa do Sertanista.
Praça Ênio Barbato, s/n, Caxingui, São Paulo, SP.
Fonte: Acervo dos autores.

2.2 Pau a pique

Onde eram necessárias estruturas mais leves e baratas que a parede de taipa construíam-se paredes de pau a pique – compostas de uma trama de paus finos preenchidos de barro (Figura 2).



Figura 2 Construção de pau a pique, década de 1990.
Rua Professora Hígia Vasconcelos, Ponta Verde, Maceió, AL.
Fonte: Acervo dos autores.

2.3 Cantanaria

Outra técnica construtiva, a cantanaria, alvenaria de pedras rudimentares ou aparelhadas, já era utilizada na Antiguidade. No Brasil, os exemplos de cantanaria (Figura 3) são múltiplos e dispersos, pois dependem da presença da pedra na região da construção.



Figura 3 Construção em cantanaria – Sobrado Lagos & Cia., São Luís, MA.

Fonte: Wissenbach e Tauil (1990).

2.4 Tijolo de barro

Em 1875, a publicação do Código de Posturas da cidade de São Paulo, proibindo a construção de “ranchos de palha, capim ou sapé”, alavancou o desenvolvimento da construção em tijolo de barro.

Feito com argila (terra arenosa amassada com água), em seguida era moldado em forma, colocado ao Sol para secagem, depois queimado em uma temperatura entre 900 °C e 1.100 °C. O grau de queima qualificava o tijolo, assim como a sua composição. Tijolo de boa qualidade devia apresentar uma superfície porosa e áspera, com formas geométricas definidas, arestas vivas e consistência dura. As dimensões mais habituais (5,5 x 12,0 x 25,0 cm e 5,0 x 11,0 x 23,0 cm), com resistência média à compressão de 1,5 MPa (Figura 4), facilitam uma composição na montagem da alvenaria sem perdas e cortes desnecessários.



Figura 4 Tijolos de barro em duas de suas dimensões habituais.

Fonte: Acervo dos autores.

Hoje em dia, construções de dois pavimentos podem ser executadas em alvenaria de tijolos de argila, apoiadas diretamente sobre uma fundação ao longo da alvenaria, eliminando a necessidade de uma estrutura de concreto armado.

2.5 Tijolo cerâmico

Já no século XX, o desenvolvimento industrial e tecnológico e a procura por materiais leves na construção de alvenaria propiciaram o surgimento, na década de 1980, de um material alternativo ao tijolo comum – o bloco cerâmico, prismático, laminado, com ranhuras externas. Sua forma de paralelepípedo alveolado (furado) diminuiu o peso, se comparado ao tijolo comum, em volumes de áreas iguais (Figura 5).

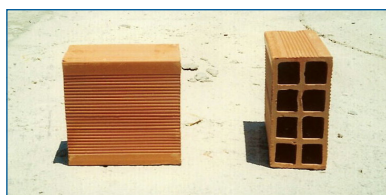


Figura 5 Bloco laminado de oito furos.

Fonte: Acervo dos autores.

Por ser maior que o tijolo comum, o bloco cerâmico trouxe economia de argamasas de assentamento e redução de tempo gasto na construção de paredes. A desvantagem ficaria no menor isolamento ao ruído, em relação ao tijolo comum, por ter menor densidade.

Quanto à resistência como alvenaria de parede autoportante, está vinculado ao grau de queima, robustez e composição da matéria-prima. Residências de dois pavimentos podem ser executadas em tijolo cerâmico laminado alveolado; em prédios, entretanto, ele deve ser utilizado como elemento de vedação.

2.6 Bloco cerâmico

Foi a partir da década de 1970 que as exigências de mercado obrigaram as indústrias de blocos cerâmicos (Figura 6) a ter padronização e controle de qualidade dos materiais, fatores indispensáveis para tornar os produtos competitivos. Os blocos cerâmicos têm a superfície lisa, são extraídos da argila e podem ser utilizados como elementos de vedação e estrutural.

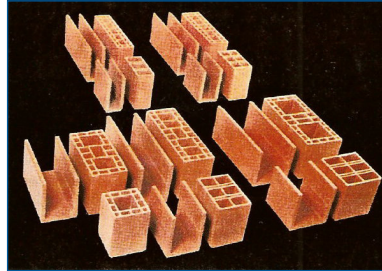


Figura 6 Blocos cerâmicos.

Fonte: Catálogo da Villatex Indústria Cerâmica.

2.7 Bloco silicocalcário

Os blocos silicocalcários (Figura 7) são largamente usados na Europa (sobretudo na Alemanha, Holanda e Inglaterra) e na Rússia. Em menor escala, são utilizados nos Estados Unidos, no Canadá e no México. No Brasil, iniciaram-se a fabricação e o fornecimento como alvenaria estrutural em 1978, pela Prensil S/A Produtos de Alta Resistência.

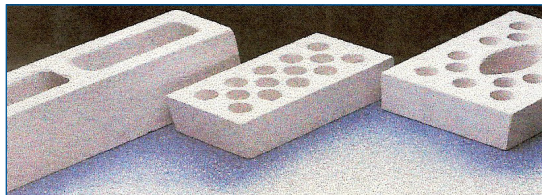


Figura 7 Blocos silicocalcários.

Fonte: Catálogo da Prensil S/A.

Obras executadas com bloco silicocalcário podem dispensar revestimento protetor, como reboco, massa corrida e pintura, ou receber qualquer tipo de acabamento interior, de massa ou gesso, com espessura de até 2 mm, e mesmo aplicação direta da tinta. Há blocos destinados à elevação de paredes que não recebem carga e blocos estruturais com resistência média de 6 MPa a 35 MPa.

2.8 Bloco de concreto

O bloco de concreto surgiu na década de 1950, a partir do conhecimento técnico acumulado e de outros fatores diversos, como política habitacional.

O emprego de blocos pré-moldados (Figura 8) é consequência da evolução da indústria do cimento, do rigor alcançado nos métodos de cálculo, do desenvolvimento da técnica de fabricação e das argamassas de assentamento.

Com o avanço da tecnologia, a melhoria no processo de produção e o consequente aumento de sua resistência, o bloco de concreto começou a ser aplicado como elemento estrutural. Passou-se então a fabricar blocos de concreto pré-moldados que podem ser empregados em paredes de função estrutural, com resistência média à compressão de 4,5 MPa a 20,0 MPa, de acordo com a altura dos andares, ou como paredes de vedação. O sistema com estrutura portante em concreto armado utiliza o bloco de concreto como elemento de vedação. É o chamado “sistema de alvenaria estrutural”.



Figura 8 Cinco tipos de blocos pré-moldados de concreto.

Fonte: Acervo dos autores.

Os blocos estruturais armados são apropriados para uso em edificações prediais e residenciais horizontais, compatíveis em todos os padrões. Porém, a viabilização do sistema e o seu sucesso dependem fortemente da elaboração do projeto arquitetônico por um arquiteto que conheça bem a linguagem do material, a modulação dos elementos e o sistema estrutural.

3 NORMATIZAÇÃO DOS BLOCOS

No Brasil, o primeiro trabalho elaborado para o cálculo de alvenaria de estrutura foi *Normas para cálculo e execução de estruturas de alvenaria armada ou parcialmente armada (ante-projeto)*, de autoria do engenheiro civil Fernando Luiz Lobo B. Carneiro. Publicado no Rio de Janeiro, em 20 de janeiro de 1968, esse trabalho forneceu os primeiros elementos de referência para a elaboração do texto básico para a normatização de uso dos blocos estruturais. Com base nessas normas, dezenas de prédios foram construídos em alvenaria estrutural armada.

Na Europa, principalmente França, Grã-Bretanha e Alemanha, a adoção da alvenaria de blocos de concreto foi mais ágil, porém foi nos Estados Unidos que esse processo construtivo atingiu maior desenvolvimento e perfeição (AZEREDO, 1977, p. 135).

No Estado de São Paulo, a soma de maiores esforços para o desenvolvimento de alvenaria estrutural de blocos de concreto se deu na década de 1970. Conforme o *Manual técnico de alvenaria* da Associação Brasileira de Construção Industrializada – ABCI – (WISSENBACH; TAUILL, 1990), os exemplos pioneiros foram: Condomínio Central Parque Lapa (Figura 9), com 1.024 apartamentos; Conjunto Itaquera I, da Companhia Municipal da Habitação do Município de São Paulo (Cohab), com 1.620 apartamentos, ambos na cidade de São Paulo; e o Edifício Muriti, de 16 andares, na cidade de São José dos Campos.



Figura 9 Condomínio Central Parque Lapa. Rua Corcovado, São Paulo.

Fonte: Acervo dos autores.

Houve um crescimento na utilização do bloco de concreto estrutural depois que o calculista norte-americano Green Fenver esteve no Brasil, contratado como consultor pela Empresa Regional responsável pela construção do Central Parque Lapa.

A passagem do engenheiro norte-americano ocasionou um consenso entre engenheiros, arquitetos e construtores brasileiros sobre a necessidade de normatização da utilização da alvenaria de bloco estrutural. Esses profissionais uniram esforços para definir o texto da norma brasileira e conseguiram a aprovação das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), proporcionando segurança na construção em blocos estruturais.

Na década de 1980, o setor de produção cerâmico brasileiro observou a necessidade de modernizar-se e de normatizar-se, em razão das exigências do mercado e da nova realidade econômica do país. Em 1982, o setor firmou um convênio de assistência tecnológica entre a Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia de São Paulo, o Sindicato da Indústria Cerâmica e empresas filiadas para o desenvolvimento de novos produtos e elaboração do texto para a normatização.

4 APLICAÇÃO NO PROGRAMA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS) E REFLEXO NA ECONOMIA LOCAL

Hoje, o conhecimento da experiência brasileira na aplicação técnica de elementos pré-moldados de concreto, silicocalcário e cerâmico, na execução de estruturas de alvenaria armada, constitui um avanço para a industrialização da construção em programas habitacionais.

No Estado de São Paulo, os programas habitacionais da Companhia Municipal da Habitação do Município de São Paulo (Cohab), da Companhia do Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) e de empreendimentos incorporados por empresas particulares utilizam, na grande maioria, os blocos estruturais armados para edificar os prédios de apartamentos.

A busca por qualidade na construção, na utilização da mão de obra treinada e na urbanização dos conjuntos habitacionais é constante e traz como resultados a redução dos prazos de conclusão, a aplicação de materiais de boa qualidade que atendam aos critérios da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a redução de custos da construção.

Quando um conjunto habitacional é implantado, traz consigo uma melhoria de vida aos usuários, repercutindo nos mercados de materiais de construção e no aumento do comércio local, com impactos econômicos sequenciais, ou seja, em cadeia.

Com isso, o reflexo no mercado de materiais é imediato e se irradia para outros segmentos produtivos. Quando se inicia a construção de um conjunto de 400 apartamentos, são injetados no comércio cerca de R\$ 500.000,00 (estimativa de 2001), apenas na compra de blocos de concreto. Outras áreas se beneficiam com a aquisição de outros materiais (pisos, esquadrias de madeira e alumínio, azulejos etc.) e insumos (energia, aluguel de equipamentos etc.).

No aspecto social, há uma considerável melhoria na qualidade de vida, pois as pessoas que moravam em imóveis alugados podem se transferir para o apartamento próprio.

Enfim, há uma valorização urbanística, com a construção de conjuntos esportivos, berçários, escolas, supermercados, lojas, o que revitaliza a economia da região.

5 REDUÇÃO DE CUSTOS NO EMPREGO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Para as diversas fases da construção, há uma que corresponde à parte estrutural, que pode ser executada em estrutura convencional de concreto armado ou alvenaria estrutural armada. A seguir, será apresentada uma análise comparativa entre estes dois materiais, em que se abordam o custo global e o preço de custo, desde a fundação até a conclusão da edificação, a fim de mostrar como a alvenaria estrutural traz redução de custos.

5.1 Conceito de preço global e preço de custo

Antes, porém, cabe elucidar dois conceitos.

O conceito de preço global de uma edificação inclui a realização de todas as atividades: mão de obra, matéria-prima para a construção, despesas com concessionárias de telefone, gás, luz, água e impostos.

O conceito de preço de custo de uma edificação é aquele sobre o qual é cobrada uma taxa de administração (pela empresa) sobre os serviços e materiais adquiridos para a obra.

No preço global de venda de uma edificação, estão envolvidos, além das despesas relativas à construção do edifício, o custo do terreno e as parcelas relativas à infraestrutura e à urbanização.

O planejamento de uma construção deve ser bem conduzido, pois, além dos fatores enumerados, há as características dos lotes, o índice de ocupação e o projeto das edificações. Quando se faz uma pequena análise econômica, observa-se que os benefícios devem reverter para todos: incorporador, comunidade e usuário.

5.2 Análise de redução de custos

Para a execução de edifícios prediais, há diversas modalidades de construção, como estrutura metálica, pré-moldados, concreto armado, alvenaria estrutural armada, cada uma com suas características, vantagens e desvantagens.

Na construção de concreto armado convencional, após a concepção do projeto, há a necessidade da execução de pilares e vigas, e o preenchimento entre os vãos com alvenaria de barro, tijolo cerâmico ou bloco para vedação.

Na alvenaria estrutural armada, após a concepção do projeto arquitetônico, é decidido o tipo de bloco a ser utilizado (cerâmico, concreto, silicocalcário), assim como suas dimensões modulares e as características de aplicação.

As lajes de piso, tanto nas construções convencionais de concreto armado quanto nas de alvenaria armada, geralmente são realizadas em concreto, construídas *in loco* ou pré-fabricadas com espessuras definidas de acordo com as especificações do projetista de estrutura.

O Quadro 1 mostra uma análise de redução de custos, em que se comparam a estrutura independente de concreto armado e a alvenaria estrutural armada numa mesma atividade. Além disso, verificam-se aspectos relacionados aos custos e benefícios.

QUADRO 1

Custos e benefícios: concreto armado e alvenaria estrutural

| Concreto armado | Alvenaria estrutural |
|--|--|
| Entre um pavimento e outro, nas estruturas de concreto armado, são necessários os preenchimentos da alvenaria de vedação e o respectivo encunhamento. | Nas alvenarias estruturais, não há necessidade de encunhamentos, visto que são diretamente apoiados nos blocos. |
| Na estrutura com vigas e pilares de concreto armado, por causa das solicitações do projetista de estruturas, normalmente as dimensões de pilares e vigas não coincidem com as dimensões das alvenarias de vedação, necessitando de requadrações ou de enchimento por meio da argamassa. | Os blocos industrializados apresentam características na padronização das dimensões, obtendo-se alinhamento, nivelamento e prumo em uma parede e não havendo necessidade de requadração ou enchimento, pois não há pilares ou vigas. |
| No concreto armado, por causa da execução da estrutura e do fechamento com alvenaria de vedação, há a aplicação de dois materiais distintos que sempre apresentam irregularidades nos encontros, o que exige uma regularização da parede interna por meio do chapisco e emboço (massa grossa), antes do revestimento final com massa fina, massa corrida ou gesso. | Na alvenaria estrutural, pelo fato de ser um só material aplicado, há uma grande simplificação, o que dispensa as camadas regularizadoras, permitindo o revestimento final que será aplicado diretamente nos blocos. |
| No concreto armado, há condições de executar os ambientes sem se preocupar com as dimensões. Há maior facilidade na personalização dos projetos arquitetônicos, pois não é necessária a modulação em função dos blocos estruturais. | Na utilização dos blocos estruturais, os ambientes devem seguir a padronização dos blocos industriais. |
| Nesse tipo de concreto, não há problemas de execução de vãos, arcos, balanços, marquises, que podem ser executadas com vigas e lajes engastadas nas vigas. | Na alvenaria estrutural armada, apesar da possibilidade de execução de vergas, não se aconselham, por causa do custo, dimensões de vãos acima de 2,00 m. As varandas, os balanços e os arcos precisam de adaptações de vigas e lajes de concreto armado. |

Para decidir entre as duas opções de construção, é necessário que a escolha atenda, da melhor forma possível, ao projeto arquitetônico, ao incorporador e à condição financeira do usuário que irá adquirir o imóvel.

6 COMPARAÇÕES FINANCEIRAS DE ALTERNATIVAS

A análise é feita em função de um mesmo tipo de edificação em concreto armado convencional, junto com a vedação em alvenaria e com uma estrutura realizada em alvenaria armada. Os prédios construídos em alvenaria estrutural armada são posteriormente projetados em estrutura de concreto armado.

São efetuados os levantamentos quantitativos, verificados os custos e efetuadas as comparações de alternativas de execução de um mesmo serviço, e, a partir daí, opta-se pelo resultado que atenda melhor ao projeto de arquitetura, ao incorporador e ao usuário.

Para as comparações, são feitas análises experimentais, nas quais se chega a determinados valores, aproximados, de determinadas atividades. As experiências apresentadas nos quadros 2 e 3 foram feitas na empresa Glasser – Soluções de Alvenaria e Pavimentação, em 2001, com o acompanhamento e resultados obtidos pelos arquitetos Carlos Alberto Tauil e Luciano Zollnoe.

QUADRO 2

Comparativo de custos de construção: concreto armado e alvenaria estrutural

| | |
|-----------------------------|---|
| Fundações | Um prédio em concreto armado de mesmo número de pavimentos pesa cerca de 1.000 kg/m ² em cargas concentradas, e um prédio de alvenaria estrutural pesa cerca de 700 kg/m ² , em cargas distribuídas, o que pode gerar até 30% de economia no custo da fundação. |
| Instalações | Por causa da racionalização no encaminhamento das instalações elétricas (sempre verticais nas paredes) e hidráulicas, via <i>shafts</i> , podem-se economizar até 10% nesse custo em uma obra de alvenaria estrutural. |
| Esquadrias | Conforme trabalho desenvolvido no livro <i>Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias</i> (LUCINI, 2001), com o uso de vãos padronizados é possível economizar no corte racional das barras e na produção dos caixilhos, além de evitar a medição dos vãos de prumada somente após a realização da estrutura e alvenarias, para posterior liberação para a fabricação. Na alvenaria estrutural, pode-se fabricá-los por medida de projeto, pois este é modulado. |
| Revestimentos | Neste item, tem-se uma economia bastante significativa, de até 40%, pela redução nas espessuras médias dos revestimentos, por causa da qualidade de prumo das paredes de uma obra em alvenaria estrutural. |
| Elevadores e pintura | Podem ser considerados como custos semelhantes, porém, em uma obra de alvenaria estrutural, não há vigas e pilares, e não se utilizam formas de madeira para a execução do poço dos elevadores. |

6.1 Considerações gerais

Existem alguns custos que não podem deixar de ser citados em construções de alvenaria armada, tais como a diminuição de entulhos gerados na obra (em projetos modulados, não há necessidade de uso de formas de madeira), o desenvolvimento dos projetos de forma interdisciplinar (arquitetura, estrutura e instalações para definir modulação, paredes estruturais e as vedações, encaminhamentos de tubulações, posicionamento de vãos etc.), a redução no tempo de construção (diminuição do custo administrativo) e a melhor racionalização que gera para o canteiro de obra.

Em média, estrutura e alvenaria significam 35% do custo de uma obra. O Quadro 3 mostra algumas considerações sobre uma estrutura de concreto armado convencional e de alvenaria estrutural armada.

QUADRO 3

Comparação de custos por m²: concreto armado e alvenaria estrutural

| Estrutura de concreto armado | Alvenaria estrutural armada |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • A espessura média por metro quadrado envolvendo pilar, viga e laje corresponde a 17 cm a 20 cm. • Um metro quadrado construído em projeção corresponde à utilização de 1,6 vez de parede de alvenaria de blocos. • Em 1 m² construído em projeção, utilizam-se 40 kg/m² de massa para o assentamento de 1,6 vez de alvenaria de bloco. | <ul style="list-style-type: none"> • Um metro quadrado construído em projeção corresponde a 2,0 vezes a parede de alvenaria de bloco. É maior que a estrutura de concreto armado, pois os vãos de pilares e vigas são preenchidos pelos blocos. • Em 1 m² construído em projeção, utilizam-se 20 kg/m² de argamassa para assentamento de 2,0 vezes de parede de bloco. A utilização é menor que a estrutura de concreto armado, pois não há necessidade de encunhamento entre as paredes e vigas nem de marcação. |

Do quadro comparativo, obtêm-se as seguintes conclusões:

- Na estrutura de concreto armado, a espessura média dos pilares e o consumo de aço aumentam com o número de pavimentos. As causas são as dimensões, e a seção ocupada pela ferragem nos pilares é maior por causa das cargas verticais e do cálculo para o contraventamento.
- A resistência dos blocos na alvenaria estrutural armada é proporcional ao número de pavimentos, inclusive o consumo de aço e a resistência do concreto *grout* (microconcreto), causada pelos esforços verticais e pelo cálculo do contraventamento.

Assim sendo, o custo por metro quadrado é crescente e diretamente proporcional ao número de pavimentos.

7 ANÁLISE COMPARADA ENTRE A APLICAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL E A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO NA FUNDAÇÃO

Para esta análise comparativa, foram tomados como referências o prédio de estrutura de concreto armado independente, Edifício Portugal (Figura 10), e o prédio de alvenaria estrutural armada, Edifício Morada dos Pássaros (Figura 11). Ambos foram incorporados pela Rith Empreendimentos Imobiliários Ltda. e contam com 10 andares, 4 apartamentos por andar, totalizando 40 unidades.



Figura 10 Condomínio Edifício Portugal. Rua Santa Crescência, 85, Butantã, São Paulo.

Fonte: Acervo dos autores.



Figura 11 Condomínio Edifício Morada dos Pássaros, conjunto dos prédios concluídos. Avenida do Oratório, São Paulo.

Fonte: Acervo dos autores.

As áreas úteis construídas de cada apartamento no Condomínio Edifício Morada dos Pássaros correspondem a aproximadamente 66,00 m², e do Condomínio Edifício Portugal, a aproximadamente 56,00 m². Porém, as estruturas e as características da construção de ambos os edifícios são semelhantes, e, por isso, seus sistemas construtivos são passíveis de análise e comparação.

Para a escolha do tipo de fundação, a fim de servir como apoio do edifício, são considerados fatores técnicos e econômicos. No que diz respeito aos fatores técnicos, devem ser levados em conta os seguintes elementos: características do subsolo, disposição, grandeza e natureza das cargas a serem transferidas para o solo, conhecimento dos tipos de fundações existentes no mercado e o estado dos edifícios vizinhos. No to-

cante ao fator econômico, são considerados apenas os aspectos que denotam soluções em igualdade de condições técnicas.

7.1 Alvenaria estrutural armada: Condomínio Edifício Morada dos Pássaros

A sondagem foi feita pela empresa Sondasa Engenharia, Geotécnica e Fundações Ltda.; a consultoria de fundações, pela M. G. A. Consultores de Solos Ltda.; e o cálculo das fundações, pela empresa MWW Engenharia de Estruturas S/C Ltda.

Quando se analisa a sondagem, verifica-se, no perfil do terreno, que o nível de água se encontra entre 0,50 m e 5,50 m, e a cota de apoio, onde não há camadas compressíveis e, assim, não ocorrem recalques, varia de 5,50 m a 13,00 m.

No Edifício Morada dos Pássaros, em alvenaria estrutural armada, as cargas são distribuídas ao longo das vigas baldrames. Por esse motivo, as opções de fundações indicadas pela M. G. A. Consultores de Solos Ltda. foram estacas Strauss, pré-moldadas de concreto, pré-moldadas em perfis metálicos ou hélice contínua. Optou-se por estacas Strauss, em função do fator econômico.

Uniformizaram-se as vigas baldrames (sem blocos de fundação) em 40 x 45, na quase totalidade, e foram necessários blocos de fundação apenas no poço do elevador.

A Tabela 1 apresenta o orçamento feito para a fundação de um prédio.

TABELA 1

Orçamento da fundação do Edifício Portugal (preços de abril de 2001)

| Estaqueamento – Estacas Strauss Ø 30 cm – comprimento médio de 12,00 m: | | |
|--|--|----------------------|
| Mobilização do equipamento | | R\$ 500,00 |
| Cravação | 117 ud x 12,00 m x R\$ 13,97 | R\$ 19.613,88 |
| Material | 99,19 m ³ x R\$ 114,00/m ³ | R\$ 11.307,66 |
| Movimento de terra | 99,19 m ³ x R\$ 8,00/m ³ | R\$ 793,52 |
| Subtotal | | R\$ 32.215,06 |
| Vigas baldrames e blocos: | | |
| Concreto, forma, ferragem e mão de obra | 36,21 m ³ x R\$ 550,00/m ³ | R\$ 19.915,50 |
| Valor total para execução da fundação | | R\$ 52.130,56 |

7.2 Estrutura portante em concreto armado: Condomínio Edifício Portugal

A sondagem foi feita pela Sondasa Engenharia, Geotécnica e Fundações Ltda.; a consultoria de fundações, pela M. G. A. Consultores de Solos Ltda.; e o cálculo de fundações, por Gênese Engenharia Civil S/C Ltda.

Na análise da sondagem, verifica-se, no perfil do terreno, que o nível da água se encontra entre 0,50 m e 2,00 m, e a cota de apoio é a partir de 10,00 m de profundidade, não havendo camadas compressíveis e possíveis de recalque.

Com base nas cargas estruturais do prédio e nas características do solo, a M. G. A. Consultores de Solos indicou como opções estacas do tipo hélice contínua, estacas pré-moldadas de concreto ou pré-moldadas de aço, no corpo do prédio, e estacas Strauss nas periferias. Por uma questão técnica, mas não econômica, optou-se por estacas do tipo hélice contínua, a fim de evitar o problema de ressonância que seria causado pelo uso de estacas pré-moldadas que danificariam as construções (residências) situadas próximo à obra.

A Tabela 2 apresenta o orçamento da fundação.

TABELA 2

Orçamento da fundação do Edifício Morada dos Pássaros (preços de abril de 2001)

| Estaqueamento | | | |
|---|---------------------------------|---|----------------------|
| Estacas do tipo hélice contínua Ø 60 cm – comprimento médio 19,00 m: | | | |
| Cravação | | 15 ud x 19,00 m x R\$ 32,00 | R\$ 9.120,00 |
| Material | Concreto bombeável fck = 20 MPa | 53,69 m ³ x R\$ 140,10/m ³ | R\$ 7.521,97 |
| | Ferragem | 1.449,07 kg x R\$ 1,20/kg | R\$ 1.738,80 |
| Estacas do tipo hélice contínua Ø 70 cm – comprimento médio 19,00 m: | | | |
| Cravação | | 15 ud x 19,00 m x R\$ 36,00 | R\$ 10.260,00 |
| Material | Concreto bombeável fck = 20 MPa | 87,70 m ³ x R\$ 140,10/m ³ | R\$ 12.286,77 |
| | Ferragem | 1.479,30 kg x R\$ 1,20/kg | R\$ 1.775,16 |
| Mobilização do equipamento | | | R\$ 12.000,00 |
| Movimento de terra | | 141,39 m ³ x R\$ 8,00/m ³ | R\$ 1.131,12 |
| Blocos | Concreto estrutural + ferragem | 38,233 m ³ x R\$ 400,00/m ³ | R\$ 15.293,20 |
| Valor total para a execução só da fundação | | | R\$ 71.127,02 |
| Resumo | | | |
| Custo da fundação de alvenaria estrutural | | | R\$ 52.130,56 |
| Custo da fundação de estrutura convencional | | | R\$ 71.127,02 |
| Economia aproximada na fundação | | | 36,44% |

Para a escolha do tipo de fundação, a fim de servir como apoio de um edifício, o fator técnico deve ser considerado em primeiro plano e, em seguida, o fator econômico.

No Condomínio Edifício Portugal, dentre as possíveis soluções, a opção foi pelas estacas do tipo hélice contínua, solução mais cara, em razão do estado precário dos edifícios vizinhos, e estacas Strauss para a periferia.

No Condomínio Edifício Morada dos Pássaros, dentre as possíveis soluções, a opção foi por estacas Strauss, solução mais econômica, por causa da natureza das cargas a serem transferidas ao subsolo, pois, na determinação de uma fundação, há a intervenção de diversos fatores sobre os quais não se pode fazer uma comparação direta dos custos.

Dessa forma, a análise dos custos das fundações dos dois prédios leva à conclusão de que houve uma solução favorável para a construção de alvenaria estrutural armada do Edifício Morada dos Pássaros, representando uma economia de aproximadamente 36,44% em relação aos custos da fundação do Edifício Portugal. Entretanto, essa comparação é muito relativa.

8 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Este item apresenta uma análise comparativa entre dois métodos construtivos: alvenaria estrutural armada (Condomínio Edifício Morada dos Pássaros) e o sistema construtivo com estrutura portante em concreto armado e vedação de alvenaria (Condomínio Edifício Portugal).

Durante o estudo preliminar do projeto Morada dos Pássaros, fizeram-se pesquisa e levantamento com o propósito de definir e caracterizar o produto a ser lançado. Chegou-se à conclusão de que deveriam ser construídos apartamentos de 3 dormitórios, mas de acordo com o poder aquisitivo do provável comprador da região (máximo de R\$ 75.000,00, em estimativa de 2001).

De posse desses dados e com condições de implantar as vagas de veículos na parte externa dos prédios, havia duas possibilidades de construção: alvenaria estrutural armada e estrutura de concreto armado convencional. Após a análise econômica que será apresentada a seguir, optou-se por alvenaria estrutural armada para os 10 prédios.

Para o desenvolvimento deste estudo, fez-se uma comparação de custos entre a construção de alvenaria estrutural armada e a estrutura portante em concreto armado, levando-se em consideração a estrutura e o fechamento. Para tanto, tomou-se como base um prédio com as mesmas características arquitetônicas, mesmo número de andares e de apartamentos.

Na alvenaria de estrutura armada, os materiais foram cotados e adquiridos pela construtora e utilizou-se mão de obra própria, incluindo as leis sociais. A cotação da estrutura portante em concreto armado foi baseada na revista *Construção Mercado* (MÃO DE OBRA, 2001a).

8.1 Alvenaria estrutural armada

A Tabela 3 apresenta o custo de um prédio de 10 andares, de alvenaria estrutural armada convencional, considerando a estrutura e o fechamento, e executado com mão de obra própria.

TABELA 3

Orçamento para alvenaria estrutural armada convencional (preços de abril de 2001)

| Material | | |
|--|--|-----------------------|
| Bloco estrutural de 14 com resistência média de 6 MPa | 5.365,85 m ² x R\$ 9,96/m ² | R\$ 53.443,87 |
| Bloco cerâmico | 343,20 m ² x R\$ 4,35/m ² | R\$ 1.492,92 |
| Concreto estrutural de 16 MPa – laje, escadaria, poço do elevador | 263,85 m ³ x R\$ 130,00/m ³ | R\$ 34.300,50 |
| Concreto <i>grout</i> com resistência média de 6 MPa | 54,84 m ³ x R\$ 156,00/m ³ | R\$ 8.555,04 |
| Chapa compensada plastificada de 18 mm de 1,22 x 2,44, considerando com reaproveitamento | 110 ud x R\$ 47,00/ud | R\$ 5.170,00 |
| Sarrafo de pinho de 2ª industrial de 2,54 cm x 15 cm, para a execução de “longarinas”, considerando com reaproveitamento | 1.372,00 m x R\$ 1,80/m | R\$ 2.469,60 |
| Pontalete de pinho de 2ª industrial, considerando com reaproveitamento | 2.918,00 m x R\$ 2,00/m | R\$ 5.836,00 |
| Ferro de amarração dos blocos | 12.234 kg x R\$ 1,15/kg | R\$ 14.069,10 |
| Ferro das lajes, escadas e vigas | 13.871 kg x R\$ 1,27/kg | R\$ 17.616,17 |
| Argamassa de assentamento para blocos com resistência média de 6 MPa | 5.365,85 m ² x R\$ 1,28/m ² | R\$ 6.868,29 |
| Argamassa de assentamento para tijolo cerâmico | 343,20 m ² x R\$ 1,08/m ² | R\$ 370,66 |
| Subtotal 1 | | R\$ 150.192,15 |
| Mão de obra própria, inclusive serventia | | |
| Assentamento do bloco de 14, com amarração dos blocos com a ferragem | 5.365,85 m ² x R\$ 3,52 | R\$ 18.887,79 |
| Assentamento do tijolo cerâmico | 343,20 m ² x R\$ 3,20 | R\$ 1.098,24 |
| Lançamento do concreto armado nas lajes | 263,85 m ³ x R\$ 9,16/m ³ | R\$ 2.416,87 |
| Montagem da forma estrutural e reaproveitamento | 2.132,90 m ² x R\$ 10,20/m ² | R\$ 21.755,58 |
| Armação da laje e escada | 13.871 kg x R\$ 0,60/kg | R\$ 8.322,60 |
| Subtotal 2 | | R\$ 52.481,01 |
| Total 1 + 2 | | R\$ 202.673,23 |

8.2 Estrutura portante em concreto armado mais a alvenaria de vedação

O custo de um prédio de 10 andares (Tabela 4) de estrutura portante de concreto armado, considerando a estrutura e o fechamento, foi baseado na revista *Construção Mercado* (MATERIAIS, 2001b). No projeto arquitetônico do Condomínio Edifício Portugal, consideraram-se uma espessura média de 18 cm para o concreto, baseado na área construída, e o consumo de 100 kg de aço e 12 m² de forma para um metro cúbico de concreto.

TABELA 4

Orçamento para estrutura portante de concreto armado (preços de abril de 2001)

| Material | | |
|---|---|-----------------------|
| Concreto armado com fck 22,5 MPa | 496,80 m ³ x R\$ 137,43/m ³ | R\$ 68.275,22 |
| Ferragem | 49.680 kg x R\$ 1,48/kg | R\$ 73.526,40 |
| Forma | 596,16 x R\$ 41,50/m ² | R\$ 24.740,64 |
| Bloco cerâmico | 85,80 m ² x R\$ 3,73/m ² | R\$ 317,05 |
| Argamassa de assentamento dos blocos | 3.615,12 m ² x R\$ 1,15/m ² | R\$ 4.157,39 |
| Argamassa de assentamento dos blocos cerâmicos | 85,80 m ² x R\$ 1,08/m ² | R\$ 92,66 |
| Subtotal 1 | | R\$ 171.109,36 |
| Mão de obra | | |
| Lançamento e aplicação do concreto | 496,80 m ³ x R\$ 72,02/m ³ | R\$ 35.779,54 |
| Armação da ferragem | 49.680 kg x R\$ 0,90/kg | R\$ 44.712,00 |
| Execução da forma, desforma com limpeza e empilhamento da madeira | 596,16 m ² x R\$ 15,51/m ² | R\$ 9.246,44 |
| Assentamento do bloco de 14 | 3.615,12 m ² x R\$ 8,52/m ² | R\$ 30.800,82 |
| Assentamento do bloco cerâmico | 85,80 m ² x R\$ 11,93/m ² | R\$ 1.023,59 |
| Subtotal 2 | | R\$ 121.562,39 |
| Total 1 + 2 | | R\$ 292.671,75 |

No levantamento para essa construção, obteve-se o orçamento apresentado na Tabela 5.

TABELA 5

Orçamento para a construção

| Material | |
|---------------------------------------|----------------|
| Estrutura portante de concreto armado | R\$ 171.109,36 |
| Alvenaria estrutural armada | R\$ 150.192,15 |
| Diferença | R\$ 20.917,21 |
| Redução de custos | 13,93% |
| Mão de obra | |
| Estrutura portante de concreto armado | R\$ 121.562,39 |
| Alvenaria estrutural armada | R\$ 52.481,08 |
| Diferença | R\$ 69.081,31 |
| Redução de custos | 131,63% |
| Material e mão de obra | |
| Estrutura portante de concreto armado | R\$ 292.671,75 |
| Alvenaria estrutural armada | R\$ 202.673,23 |
| Diferença | R\$ 89.998,52 |
| Redução de custos | 44,40% |

A economia de uma construção decorre da análise de todos os componentes de custo, desde a concepção até a execução e o uso.

Para o empreendimento Condomínio Edifício Morada dos Pássaros, a escolha de apartamentos de 3 dormitórios, construídos em alvenaria estrutural convencional, propiciou uma economia na execução que foi transferida para o preço final. Os apartamentos foram comercializados, e, numa pesquisa feita na entrega dos imóveis, houve manifestação positiva dos condôminos que demonstraram satisfação com o produto final.

9 CONCLUSÃO

As análises comparativas feitas aqui buscaram demonstrar que construções em alvenaria estrutural armada são mais econômicas que construções com estrutura de concreto armado convencional.

Para a escolha do tipo de fundação, a análise levou em conta fatores técnicos, o conhecimento dos tipos de fundações existentes no mercado, o estado dos edifícios vizinhos e o fator econômico.

Para o Condomínio Edifício Portugal, o fator técnico determinou a escolha da estaca hélice contínua. No Condomínio Edifício Morada dos Pássaros, o fator econômico determinou a opção por estacas Strauss.

Os apartamentos de 3 dormitórios em bloco estrutural armado, e não em estrutura de concreto armado convencional, representam uma economia na execução, que é transferida para o preço de venda.

Em suma, as análises comparativas apresentadas neste artigo mostram que a alvenaria estrutural permite uma redução do custo da obra de 10% a 30%, percentual que depende da mão de obra (própria do construtor ou terceirizada), dos sistemas de fundações e do projeto arquitetônico, com ou sem pilotis.

REFERÊNCIAS

- AZEREDO, H. A. de. *O edifício até sua cobertura*. São Paulo: Blücher, 1977.
- LEMONS, C. A. C. *Casa paulista*. São Paulo: Edusp, 1999.
- LUCINI, H. C. *Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias*. São Paulo: Pini, 2001.
- MÃO de obra. *Construção Mercado*, São Paulo, n. 2.773, p. 28-39, abr. 2001a.
- MATERIAIS. *Construção Mercado*, São Paulo, n. 2.774, p. 55-67, abr. 2001b.
- WISSENBACH, V.; TAUIL, C. A. (Org.). *Manual técnico de alvenaria*. São Paulo: ProEditores, ABCI, 1990.