

ANÁLISES DE CUSTO ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL E ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO

Hudson Ribeiro Bueno ¹

Felipe Pereira Melo²

RESUMO

Diante do cenário em que a construção civil se encontra, necessitando de construções com um custo benefício adequado para padrões populares, viu-se a necessidade de um estudo em que se comparassem dois sistemas construtivos: a alvenaria estrutural e as estruturas pré-moldadas de concreto. Utilizando pesquisas qualitativas em artigos e livros juntamente com o estudo de caso de um projeto próprio de um edifício de 05 pavimentos com 04 apartamentos cada, realizou-se um comparativo entre os dois sistemas construtivos. Levou-se em consideração não somente o custo de uma obra e sim toda a problemática que envolve uma construção como mão-de-obra especializada ou não, tempo de execução de cada serviço, sobre a localização do empreendimento, enfim, uma gama de parâmetros que se fazem necessários antes de escolher um método construtivo. Com esses tópicos analisados pode-se afirmar que estes métodos construtivos são viáveis para as construções populares.

Palavras - chave: estruturas, pré-moldado, alvenaria estrutural

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande concorrência no mercado e uma forma de impedir contratações de empresas que sejam desqualificadas é a análise de orçamentos propostos. Eles precisam ser compatíveis com os preços de mercado, devendo sempre se suspeitar de valores muito abaixo da realidade econômica e também conhecer o que foi proposto em tal orçamento, pois é possível ter, em uma mesma obra, outros tipos de métodos construtivos podendo deixar o valor final da construção com valores bem diferentes.

¹ Graduando em Engenharia Civil - UNIS - e-mail: hudson.bueno@alunos.unis.edu.br

² Engenheiro Civil, Especialista em Gestão de Projetos, Docente no Centro Universitário do Sul de Minas. - email: felipe.melo@professor.unis.edu.br

Com isso, é necessário ampliar os conhecimentos sobre os métodos construtivos bem como os custos para um determinado tipo de empreendimento, para que se consiga ter um ótimo custo benefício no final das construções.

A expansão das construções em alvenaria estrutural pode ser associada aos empreendimentos cujo cunho social é o popular, já para as estruturas pré-fabricadas de concreto sua facilidade se dá pelo fato de poderem serem feitas em outro local no canteiro de obras e inseridas na construção, já prontas.

O objetivo geral deste trabalho é a comparação de custos de uma edificação de porte médio, constituída de 05 pavimentos, sendo que cada pavimento possui 04 apartamentos cada na cidade de Varginha-MG, para dois sistemas construtivos diferentes: alvenaria estrutural e estrutura pré-moldada de concreto. Para que se conheça os custos de cada método construtivo deve-se realizar o comparativo para o mesmo projeto, com a mesma área, pois assim a comparação de custo não fica defasada em nenhum aspecto. Foi realizada uma análise das vantagens e desvantagens destes métodos, levando em consideração o custo das obras.

Já os objetivos específicos são: analisar as vantagens e desvantagens de cada sistema construtivo e apresentar a viabilidade do custo benefício em grande escala de cada um dos sistemas propostos.

Para uma melhor comparação, é importante que seja feito um estudo de investigação entre os dois métodos construtivos, sendo a primeira a ser estudada, a estrutura pré-moldada e posteriormente a estrutura em alvenaria estrutural.

Dessa forma, a presente pesquisa teve o seguinte problema: os novos métodos construtivos, como alvenaria estrutural e estrutura pré-montada de concreto, devem ser utilizados no lugar das antigas e convencionais estruturas de concreto, levando em consideração um empreendimento de médio porte, sendo economicamente vantajoso?

É sabido que o custo de uma obra engloba diversos fatores, desde mão-de-obra, materiais, lucros, entre outros. Assim fazendo a redução do custo da mão-de-obra ao se utilizar métodos construtivos mais eficientes e de rápida execução, conseqüentemente se reduz o tempo da construção e com isso o custo final da edificação fica menor para o consumidor.

Além do fator econômico, outro ponto que deve ser considerado é a parte de consumo de materiais. O uso da alvenaria estrutural diminui o uso de muitos materiais dentro da obra, um exemplo seria a madeira utilizada para formas de vigas e pilares.

Isto posto, algumas hipóteses foram ser levantadas para investigação no trabalho:

- A alvenaria estrutural e as estruturas de concreto pré-moldada necessitam de mão-de-obra especializada, com isso se tornando pouco usual e possuindo um alto valor agregado.
- Tanto as estruturas de concreto pré-moldado quanto a alvenaria estrutural se igualam no quesito orçamento.
- Tendo como intuito a comprovação de que os métodos construtivos estudados (estrutura pré-moldada de concreto e alvenaria estrutural) são eficientes e assim podem e devem serem implementadas, substituindo as tradicionais estruturas de concreto armado.

Com a alta flexibilidade de compra de imóvel pelas classes mais baixas, utilizando programas do governo, foi necessário que as construções se tornassem mais baratas e mais rápidas, pois a demanda estava crescendo, com isso foi-se necessária a implementação de novos métodos construtivos, porém que fossem eficientes e que reduzissem o custo final da obra.

O convencional sistema construtivo de concreto armado, mesmo obtendo uma maior aceitação e possuindo mão-de-obra apta para sua realização, pode não ser o mais adequado economicamente para a execução de obras, quando se trata de agilidade e preços menores, posto isso, se viu a necessidade da realização de tal pesquisa para que possa ser implementada nas cidades menores, visto que ambos os métodos construtivos são mais utilizados em grandes centros.

Com a pesquisa finalizada, será possível apresentar resultados que podem ser utilizados de referência para novas pesquisas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Concreto Pré-Moldado

O sistema estrutural de concreto armado é o mais utilizado e difundido nas construções tradicionais brasileiras, este sistema é composto de vigas, pilares e lajes, todos feitos em concreto armado e moldados *in loco*. Porém, com o advento da racionalização e

industrialização que está ocorrendo no setor da construção civil, que são provenientes do desenvolvimento tecnológico aliado a um mercado exigente que deseja edificações com qualidade e baixo custo, fez-se necessária a busca por métodos construtivos que consigam atender todos estes requisitos.

No Brasil pode-se designar duas formas básicas para se construir, de acordo com Cavalheiro (1996), tais formas são:

- Sistema convencional: que se utiliza estruturas reticuladas de concreto armado, que são moldadas *in loco*;
- Sistemas industrializado: que utiliza-se elementos que são pré-moldados, que também são produzidos *in loco*, porém de forma racionalizada e mecanizada.

Realizando um breve histórico dos elementos pré-moldados de concreto, Salas (1988) diz que o uso dos pré-moldados produzidos em concreto, possui três divisões, como apresenta a Tabela 01.

Tabela 01 - Histórico do uso dos pré-moldados no Brasil.

De 1950 a 1970	De 1970 a 1980	Pós 1980
Necessidade de construir diversos edifícios, para atender a população, indústrias e necessidades básicas, como escolas e hospitais;	Por conta das patologias do período anterior, surgiram maiores problemas, como acidentes em edifícios que foram produzidos com grandes painéis pré-moldado;	Demolição das construções rejeitadas pela população no período anterior que sofreram deterioração funcional;
Construções massivas: sem avaliação sobre o desempenho, ocasionando muitas patologias	Revisão da utilização dos pré-moldados nos processos construtivos.	Consolidação do ciclo aberto, utilizando materiais de diversas origens e não mais de um único fornecedor.
Ciclo fechado de produção: componentes produzidos no mesmo local, possuindo o mesmo fornecedor;	Rejeição da população por esse tipo de método construtivo;	
Falta de construções que decorreu das guerras;	Declínio do sistema de construção utilizando pré-moldado de ciclo fechado de produção.	

Fonte: SALAS, 1988

Para Vasconcellos (2002), o início do uso do concreto pré-moldado é impreciso, que seus usos iniciais foi juntamente com a pré-moldagem de elementos, onde essa pré-moldagem acontecia no local de uso do elemento finalizado. Com isso, Vasconcellos (2002) afirma que a pré-moldagem foi iniciada em conjunto com a invenção do concreto armado.

Como o Brasil não sofreu com os problemas decorrentes da Segunda Guerra Mundial, não foi necessária a reconstrução em grande escala, como aconteceu na Europa.

O hipódromo da Gávea, localizado na cidade do Rio de Janeiro, foi a primeira grande obra em que se utilizou os elementos pré-moldados no Brasil. Esta construção foi feita pela construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com sucursal no Brasil. Esta construção foi feita em 1926, onde se utilizou diversos elementos pré-moldados, alguns exemplos que podem ser citados estão nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada do hipódromo. Para esta construção foi necessário montar um canteiro para que fosse feita a pré-fabricação dos elementos, este canteiro foi rigorosamente planejado para que não aumentasse o tempo da construção (VASCONCELLOS, 2002).

Outro pré-moldado de concreto armado utilizado é o painel autoportante de concreto armado que é um sistema construtivo que está aumentando o seu espaço nos últimos anos no mercado brasileiro.

De acordo com o que relata a Associação Brasileira de Cimento Portland *et al* (2008), a situação do mercado brasileiro da construção civil do século XXI que faz a exigência que as obras sejam duráveis e que ainda sejam realizadas dentro de padrões técnicos conhecidos, tal como segurança estrutural, velocidade de execução e ainda o bom gosto estético. Levando em consideração os itens citados anteriormente, os sistemas construtivos feitos com painéis pré-moldados está se mostrando um sistema construtivo muito competitivo e vantajoso, pois consegue agregar as necessidades que o mercado atual impõe.

Inserindo alguns conceitos relevantes para o trabalho, Revel (1973) cita que a “fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final da obra” pode ser atribuído ao termo pré-moldado dentro da construção civil.

Serra (2005) diz que pré-moldado, pode ser aplicada a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, ocorrendo a partir de matérias primas e semi-produtos que foram escolhidos com cuidados e posteriormente utilizados, após a fabricação, esses elementos são transportados ao local onde haverá a montagem da edificação.

Segundo a ANBT – *NBR 9062/2017* elemento pré-moldado é o “elemento previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura” (2017, p. 4). Define ainda estrutura pré-fabricada é o “elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes da empresa destinada para esse fim” (2017, p. 4).

El Debs (2000) diz que a pré-moldagem é um processo de construção, onde a obra, ou parte dela, pode ser moldada fora do local onde será utilizado definitivamente e a pré-fabricação está ligada diretamente com a produção em grande escala das peças citadas anteriormente. O uso de tais peças visa diminuir o atrasos que ocorrem nas obras, pois possuem maior produtividade aliado a redução de desperdícios dos materiais. Este sistema possui como características a redução do uso de materiais das estruturas, como exemplo, pode-se citar o concreto, o aço e ainda os materiais utilizados para a confecção de formas.

Os tipos de concreto pré-moldado podem ser categorizados de diversas formas, como cita El Debs (2002): com relação a seção transversal, a função estrutural e ainda o processo de execução.

- *Local de produção:*

Os pré-moldados de fábrica são produzidos em instalações permanentes, distantes da obra, em contrapartida, os pré-moldados de canteiro possuem a produção no próprio canteiro de obras, em instalações apropriadas.

- *Incorporação de materiais ampliando a seção resistente:*

O pré-moldado de seção completa: executado de forma que sua seção resistente é formada fora do local de utilização definitivo.

Já o pré-moldado de seção parcial: moldado inicialmente apenas com parte da seção resistente final, que é posteriormente completada na posição de utilização definitiva com concreto moldado no local.

- *Categoria do peso dos elementos*

Pré-moldado “pesado”: quando necessitar de equipamentos especiais para transporte e montagem, pesam mais que 5KN (500Kgf);

Pré-moldado “leve”: é aquele que não necessita de equipamentos especiais para transporte e montagem, pesam até 0,3 KN (30Kgf)

Os pesos que se encontram entre 0,3KN e 5KN são considerados médios.

- *Papel desempenhado pela aparência*

Existem dois tipos, o normal, onde a aparência é irrelevante e o arquitetônico, onde se faz necessário algum elemento de forma especial ou padronizada, que necessite de acabamento, cor, forma ou textura.

Com relação aos projetos para execução utilizando esse sistema construtivo de estrutura pré-moldada de concreto se faz necessário um maior planejamento para as construções, necessitando de uma ótima concepção de projeto, passando pela sequência correta de fabricação, transporte e local para armazenamento dos pré-moldados e depois a sua utilização (OLIVEIRA, 2002).

Franco (2007) diz que os projetos que utilizam esse tipo de sistema construtivo, não possuem muita flexibilidade, tendo todas as unidades iguais.

Para Oliveira (2002) os projetos que fazem uso deste sistema construtivo devem possuir algumas particularidades como o tempo de execução, a funcionalidade do mesmo, os requisitos de desempenho, aspectos de segurança e confiabilidade e claro, os requisitos dos proprietários.

Os materiais constituintes do sistema construtivo de concreto pré-moldado são: concreto em sua grande maioria, insertos, armadura, instalações e formas.

A Tabela 02 apresenta as vantagens e desvantagens do método construtivo utilizando as estruturas pré-moldadas de concreto.

Tabela 02 - Vantagens e desvantagens das estruturas pré-moldadas de concreto

Vantagens	Desvantagens
Redução do prazo da obra	Limitação arquitetônica
Eliminação de serviços	Limitação para futuras alterações
Construção mais limpa	Disponibilidade em locais mais distantes
Redução da mão de obra e de custo	Necessidade de grande investimento inicial

Fonte: autor

A vantagem de eliminar serviços e a redução da mão-de-obra estão interligadas, visto que a parte estrutural chega na obra pronta, não necessitando de armador e ferragens, por exemplo.

2.2 Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural data desde a pré-história, quando ainda não se utilizava fórmulas para seus projetos e sim conhecimentos que foram acumulados ao longo do tempo e intuição, obtendo assim construções robustas com paredes possuindo grandes espessuras. Os primeiros materiais utilizados para as construções foram a argila e a pedra.

Roman *et al* (1999) diz que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo onde suas paredes tem como características a resistência às cargas, não tendo a necessidade de se utilizar pilares e vigas, onde em construções convencionais se faz uso.

Para Kalil (2010) a alvenaria estrutural pode ser definida como um método construtivo que faz uso de peças industrializadas e que são dimensionadas para que possam seguir um padrão, estas peças são ligadas por uma argamassa, deixando esse conjunto uma estrutura que não faz uso de armadura. Estas peças que compõem a alvenaria estrutural podem ser feitas em cerâmica, concreto ou ainda em material sílico-calcáreo.

Alguns exemplos que podem ser citados de obras que foram feitas de alvenaria estrutural são o Coliseu de Roma, as Pirâmides do Egito e a Muralha da China.

Com o passar dos anos, mais precisamente entre os séculos XIX e XX, os projetos não haviam se modernizados para a época, contudo os materiais já tinham sofrido uma certa modernização, com isso as construções se tornaram onerosas, levando em consideração os métodos construtivos, tendo uma grande perda de área útil. Com isso a alvenaria estrutural utilizada na época não atendia muito bem as demandas necessárias, fato que era oposto quando se utilizava o concreto armado. Pode-se pegar como exemplo o prédio Monadnock localizado em Chicago, onde a parede do térreo possui 1,80 metros de espessura e um total de 16 pavimentos (CAMACHO, 2006).

Com os problemas citados anteriormente em relação a alvenaria estrutural, esta começou a cair em desuso, pois não possui vantagens quando comparada a utilização de concreto armado, que possui execução mais rápida, estruturas mais leves e com isso uma maior vantagem econômica.

No Brasil também foi muito utilizado a alvenaria estrutural, assim como em todo o mundo. No período colonial, os métodos como taipa, cantaria, pau-a-pique ou ainda barro cozido, fazendo com que as paredes tivessem função estrutural, por isso a comparação com alvenaria estrutural.

- Taipa: que é a mistura de solo com cal, palha e outros materiais. O solo era compactado manualmente, fazendo uso de pilão e com isso um grande trabalho braçal dos funcionários, tendo como resultado grandes espessuras de paredes.
- Pau-a-pique: que era uma técnica rudimentar, a diferença para a taipa é que o barro era assentado em uma armação de madeira e posteriormente recebia um acabamento. Por não precisar de compactação do solo, se torna um método mais prático.
- Cantaria: é um sistema construtivo antigo, que nada mais era que a utilização de pedras assentadas uma a uma, tornando pouco produtivo e oneroso, pois as pedras eram muito pesadas.

Tauil (2012) diz que a alvenaria estrutural moderna teve grande domínio da revolução industrial, recebendo assim ideias que foram consideradas novas como modulação, racionalização e ainda a produção em série, tendo como resultados economias de tempo, mão-de-obra e material.

Porém no Brasil, foi a partir da década de 50 que foram notados os maiores avanços na tecnologia das construções, mas somente em 1966 que a metodologia ganhou força, com a construção de um conjunto de edificações que possuíam 4 pavimentos no município de São Paulo, conhecido como “Central Parque da Lapa”, já no início da década de 70 houve construção de 4 edifícios possuindo 12 pavimentos cada.

Com incentivo do governo para que se fosse utilizado alvenaria estrutural tentou resolver o problema de falta de habitação como diz Tauil (2012). Houve um sucesso para a construção de prédios com até quatro andares, porém não era possível a construção de grandes edifícios com o uso desse método construtivo. A mudança de mentalidade só foi superada quando uma construtora paulista contratou um engenheiro americano chamado Green Ferver para que fosse consultor da construção de doze pavimentos no “Central Parque da Lapa”.

Para Camacho (2006) em São Paulo as pesquisas sobre alvenaria estrutural se iniciaram no final da década de 70 e no Rio Grande do Sul foi no início da década de 80.

Com o interesse por essas pesquisas só evidenciou a necessidade do domínio da tecnologia, que cada vez se mostrava mais eficiente e promissora para a maior parte das necessidades da época na construção civil.

Sobre alguns conceitos citados sobre alvenaria estrutural tem-se Tauil e Nesse (2010) que citam sobre a utilização de peças coladas juntamente em sua interface, utilizando uma argamassa própria, formando assim um único elemento vertical e coeso.

Do aspecto da funcionalidade das alvenarias, Tauil e Nesse (2010) citam: resistência a carregamentos gravitacionais e impactos, vedação de espaços, proteção contra vento e chuva nos ambientes, proteção termo acústica.

Para Roman *et al* (1999) pode-se citar como as principais vantagens da alvenaria estrutural o aspecto de ter um menor custo dos que são feitos em estrutura convencional, isso é pelo fato da vedação e a compartimentação quanto à estrutura portante ser uma etapa única, diminuindo o uso de fôrmas, concreto e armadura.

Existem dois tipos de alvenaria estrutural, a armada e a não armada, abaixo é possível ver o que determina cada tipo de alvenaria estrutural, Novelli (2020), cita:

- Alvenaria estrutural armada:
 - Os vazados verticais dos blocos são preenchidos com microconcreto de grande fluidez envolvendo as barras e fios de aço;
- Alvenaria estrutural não-armada:
 - A alvenaria não possui armação, os reforços metálicos são colocados apenas nas cintas, vergas e contra-vergas, na amarração entre paredes e juntas horizontais.

Algumas vantagens e desvantagens podem ser analisadas na Tabela 03.

Tabela 03 - Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

Vantagens	Desvantagens
Redução no uso de formas de madeira, comparando com sistemas construtivos convencionais (RAMALHO; CORRÊA, 2003);	Impossibilidade de remoção de paredes, engessando futuras modificações na construção (RAMALHO; CORRÊA, 2003);
Diminuição do uso de chapisco e emboço, visto que o gesso pode ser aplicado diretamente sobre os blocos (RAMALHO; CORRÊA, 2003);	Necessita de mão-de-obra capacitada para o sucesso da construção (RAMALHO; CORRÊA, 2003);

Combinação de duas funções em uma, a alvenaria além de realizar a vedação, também promove a estruturação do sistema (SABBATINI, 1984);	Não pode ser feita alteração na construção sem a compatibilização dos projetos complementares, pois pode comprometer a resistência da alvenaria estrutural (RAMALHO; CORRÊA, 2003);
Redução dos desperdícios de material (CÔELHO, 1998);	Para garantir sua função estrutural é necessário uma criteriosa fiscalização (SILVA, 2011)
Redução de funcionários na área de montagem de armaduras e carpintaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003);	Maior controle nos projetos, evitando altas tensões de tração e utilizar mais tensões de compressão (RAMALHO; CORRÊA, 2003);
Economia de material e mão-de-obra (SABBATINI, 1984);	
Maior organização no canteiro de obras	

Fonte: o autor

Como pode ser analisado pela Tabela 03, as vantagens quanto à alvenaria estrutural são bem superiores às desvantagens, ainda mais do ponto de vista econômico.

Sobre os projetos é sabido que um projeto é a etapa mais importante para qualquer construção e obviamente para o sistema de alvenaria estrutural não é diferente, pois é neste momento que detalhes importantes são definidos no processo construtivo. O projeto deve estar adequado para que o posicionamento das paredes seja mantido a cada pavimento e com isso as cargas sejam transmitidas de forma descendente (parede superior para a inferior). Outro ponto importante que deve ser considerado é a compatibilização entre os projetos arquitetônicos e complementares.

Uma observação que deve ser feita na concepção do projeto é com relação a resistência do bloco, sendo que os pavimentos inferiores necessitam de blocos que suportem maiores resistências por suportarem maior carga.

Para Prudêncio Jr. (2003) outro fato que necessita estar atento é sobre as medidas internas das peças, sendo que devem ter a dimensão de tal modo que blocos sejam múltiplos, havendo assim uma coordenação modular.

Sobre esta modulação Coêlho (1998) cita que a modulação do projeto deve ser total, para que haja otimização da utilização dos produtos e com isso a redução dos custos.

Para Roman *et al* (1999) o uso de modulação coordenada pode trazer muitos ganhos na produtividade, cerca de 10%. Essa modulação deve ocorrer nos dois sentidos, vertical e horizontal. Ainda sobre essa modulação, ela pode ser vista pela paginação do projeto, no detalhamento de todas as paredes, onde se representa os vãos das esquadrias, juntamente com os eletrodutos e caixas de passagem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho foi realizada qualitativamente, utilizando referências bibliográficas de artigos publicados e livros. Também foi realizado um estudo de caso com projeto próprio para comparação entre os métodos construtivos tanto a alvenaria estrutural quando a estrutura pré-moldada de concreto.

Os procedimentos, além das extensas pesquisas bibliográficas com o objetivo de definir, qualificar e detalhar, houve também o comparativo de custo entre as duas técnicas construtivas analisadas no trabalho.

Para que fosse realizado o comparativo de custo utilizou-se o TCPO (Tabela de Composição de Preços para Orçamentos) para que se conhecesse a composição de cada método construtivo e com isso fosse possível a realização dos orçamentos, utilizando as planilhas de referência, como SINAPI e SETOP, tendo assim o custo e o tempo de execução.

Sendo realizado uma análise dos valores encontrados dos comparativos de custos, juntamente com a viabilidade econômica de implantação dos sistemas construtivos propostos para o estudo de caso em questão. Tal estudo foi embasado no referencial teórico presente para que fosse possível associar com as orientações técnicas.

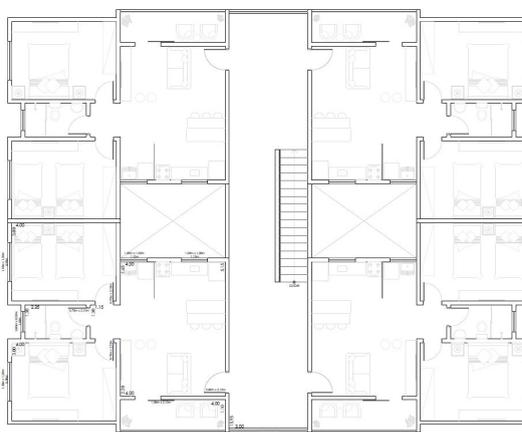
No projeto objeto de estudo foram analisadas somente as áreas de alvenaria e estruturas - pilares e vigas (estrutura pré-moldada de concreto) e alvenaria estrutural, não analisando os serviços complementares, tais como: instalações elétricas, hidrossanitárias, cobertura, impermeabilizações, acabamentos, entre outros.

Utilizou-se o Software AutoCad 2014 para a confecção do projeto objeto de estudo, além da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO-2013) para a composição de cada método construtivo, onde posteriormente a realização dos orçamentos e por fim a comparação dos custos.

O projeto que foi utilizado para estudo está apresentado na Figura 01 (pavimento tipo) e Figura 02 (apartamento tipo), tendo as seguintes características:

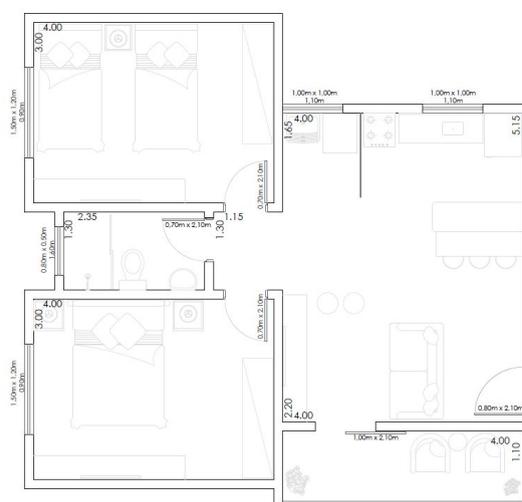
- Pavimento tipo com 292,99m² de área construída;
- Possui 04 apartamentos por pavimento, com dois quartos, um banheiro social, uma sala conjugada com cozinha, área de serviço e varanda, totalizando 61,17m² cada apartamento;
- Prédio com 05 andares, sendo o primeiro térreo e mais 04 pavimentos;
- Área de alvenaria por pavimento é de 520,25m²
- Área total de alvenaria da edificação é de 2.601,25m² (já descontadas as esquadrias).

Figura 01 - Pavimento tipo



Fonte: autor

Figura 02 - Apartamento tipo



Fonte: autor

Como pôde ser analisado pelas Figuras 01 e 02 a planta baixa da edificação do estudo de caso tem-se um edifício constituído de 05 pavimentos com área total de 1.464,95m² e área de alvenaria sendo 2.601,25m². Com isso foram confeccionadas duas planilhas, onde uma relaciona os itens necessários para a construção deste edifício utilizando o método construtivo de alvenaria estrutural, enquanto a outra planilha relaciona o necessário para a construção de um mesmo edifício utilizando as estruturas pré-moldadas de concreto. Ambas planilhas se encontram nos Resultados.

a. Alvenaria estrutural:

Utilizou-se somente o TCPO para que se conhecessem quais itens são necessários para a composição e assim edificação utilizando este método construtivo e posteriormente utilizando a planilha do SINAPI para que chegasse a um custo da alvenaria estrutural, a planilha de composição e custos está nos Resultados.

Com isso se utilizou duas composições do TCPO:

- Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:0,2:5,4 - (com mão-de-obra empreitada) - m².
- Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, juntas de 10mm com argamassa industrializada - m²

Do primeiro item citado utilizou-se a composição de argamassa e de mão-de-obra e do segundo item utilizou-se a composição de mão-de-obra, visto que o objetivo do trabalho é ter uma composição utilizando insumos e mão-de-obra de forma contratada e não de forma industrializada e sob empreitada.

Vale ressaltar que para o trabalho não foi realizado nenhum cálculo estrutural.

b. Estrutura pré-moldada de concreto:

Sobre o segundo método construtivo estudado, estrutura pré-moldada de concreto, não existe no TCPO a composição para este tipo de método construtivo, com isso foi necessária uma longa busca por material de procedência para que se conseguisse ter os índices para tal método construtivo.

O SINAPI disponibiliza um caderno técnico de composição para pré-moldados, com isso o mesmo foi utilizado juntamente com a composição de vedação vertical com alvenaria de bloco cerâmico de 14cm x 19cm x 39cm encontrada no TCPO, pois existia a necessidade

destes dois itens (estrutura e vedação) para que a comparação com a alvenaria estrutural ficasse correta, pois não foi considerado os painéis autoportantes de concreto para vedação.

Importante salientar que para o completo orçamento da estrutura pré-moldada de concreto existe a necessidade do custo de vigas e pilares, entretanto seria um orçamento particular, pois depende de cada tipo de projeto de empreendimento, com isso os valores relacionados aos itens mencionados não foram possíveis serem encontrados.

Outro ponto de extrema importância é com relação ao projeto, foi dito no trabalho que o projeto deve ser muito bem elaborado e se deve pensar muito na economia e ter um projeto padrão, facilitando os dois tipos de sistemas construtivos, deixando a construção mais prática e rápida.

4 RESULTADOS

Serão apresentadas abaixo as tabelas comparativas do custo dos dois sistemas construtivos estudados para que posteriormente se torne possível as análises.

Pode ser visto na Tabela 04 o custo da alvenaria estrutural, onde relaciona a composição de custo de cada item que se faz necessário para a execução do método construtivo, utilizando o TCPO para as composições, com o custo do SINAPI.

Tabela 04 - Quantitativo e custo da alvenaria estrutural utilizando o TCPO para composição e o SINAPI para custos

ALVENARIA ESTRUTURAL								
Código TCPO	Descrição							
04112.8.1.3	Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:0,2:5,4 - (com mão-de-obra empreitada) - m ²							
04212.8.1.5	Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, juntas de 10mm com argamassa industrializada - m ²							
TCPO					SINAPI			
Código	Descrição	Memória de cálculo	Un.	Quant.	Cód.	Preço unitário	Total	
01270.0.40.1	Pedreiro	(índice TCPO = 0,700h/m ²) 0,700h x 2.601,25m ² = 1.820,87h	h	1.820,87	4750	17,07	31.082,25	
01270.0.45.1	Servente	(índice TCPO = 0,834h/m ²) 0,834h x 2.601,25m ² = 2.169,44h	h	2.169,44	6111	11,16	24.210,95	
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	(índice TCPO = 0,016348m ³ /m ²) 0,016348m ³ x 2.601,25m ² = 42,52m ³	m ³	42,52	370	66,67	2.834,81	
02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	(índice TCPO = 0,3618kg/m ²) 0,3618kg x 2.601,25m ² = 941,13kg	kg	941,13	1106	0,67	630,56	
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-2	(índice TCPO = 3,618kg/m ²) 3,618kg x 2.601,25m ² = 9.411,32kg	kg	9.411,32	1379	0,39	3.670,41	
04112.3.1._	Bloco cerâmico vazado estrutural - bloco inteiro	(índice TCPO = 13,10unid/m ²) 13,10unid x 2.601,25m ² = 34.076,38unid	un	34.076,38	34588	1,64	55.885,26	
TOTAL ALVENARIA ESTRUTURAL							118.314,24	

Fonte: autor

Já as Tabelas 05 e 06 apresentam a composição juntamente com custo de dois sistemas construtivos que se fazem necessários para as estruturas pré-moldadas de concreto, que são as estruturas propriamente ditas e a vedação em bloco cerâmico, respectivamente.

Tabela 05 - Quantitativo e custo do pré-moldado de concreto utilizando o TCPO para composição e o SINAPI para custos

CONCRETO PRÉ-MOLDADO						
Código SINAPI	Descrição					
01.FUES.PRE.M.008/01	Fornecimento e montagem de pilares pré-fabricados para edifícios de 3 a 5 pavimentos, incluso içamento com guindaste.					
Código	Descrição	Memória de cálculo	Un.	Quant.	Preço unitário	Total
4750	Pedreiro	(Índice SINAPI = 1,3320h/m ²) 1,3320h x 30,24m ² = 40,27h	h	40,2700	17,07	687,41
6111	Servente	(Índice SINAPI = 2,6650h/m ²) 2,6650h x 30,24m ² = 80,59h	h	80,5900	11,16	899,38
89272	Guindaste hidráulico autopropelido com lança telescópica 28,80m, capacidade máxima 30T, potência 97KW, tração 4x4	(Índice SINAPI = 0,7820CHP) 0,7820CHP x 30,24m ² = 23,65CHP	CHP	23,6500	112,02	2.649,27
89273	Guindaste hidráulico autopropelido com lança telescópica 28,80m, capacidade máxima 30T, potência 97KW, tração 4x4	(Índice SINAPI = 0,5500CHI) 0,5500CHI x 30,24m ² = 16,63CHI	CHI	16,6300	51,16	850,79
	Pilar de concreto pré-fabricado *40x40* cm		m ³	-		
89994	Grauteamento de cinta intermediária ou de contraverga em alvenaria estrutural	(Índice SINAPI = 0,1260m ³) 0,1260m ³ x 30,24m ² = 3,81m ³	m ³	3,8100	488,80	1.862,33
Código SINAPI	Descrição					
01.FUES.PRE.M.009/01	Fornecimento e montagem de vigas pré-fabricadas para edifícios de 3 a 5 pavimentos, incluso içamento com guindaste					
4750	Pedreiro	(Índice SINAPI = 0,4480h) 0,4480h x 159,45m ² = 71,43h	h	71,4300	17,07	1.219,31
6111	Servente	(Índice SINAPI = 0,8950h) 0,8950h x 159,45m ² = 142,71h	h	142,7100	11,16	1.592,64
89272	Guindaste hidráulico autopropelido com lança telescópica 28,80m, capacidade máxima 30T, potência 97KW, tração 4x4	(Índice SINAPI = 0,2420CHP) 0,2420h x 159,45m ² = 38,59CHP	CHP	38,5900	112,02	4.322,85
89273	Guindaste hidráulico autopropelido com lança telescópica 28,80m, capacidade máxima 30T, potência 97KW, tração 4x4	(Índice SINAPI = 0,2050CHI) 0,2050CHI x 159,45m ² = 32,69CHI	CHI	32,6900	51,16	1.672,42
	Viga de concreto pré-fabricado *30x80* cm com dente Gerber		m ³	-		
89994	Grauteamento de cinta intermediária ou de contraverga em alvenaria estrutural	(Índice SINAPI = 0,1000m ³) 0,1000 x 159,45m ² = 15,95m ³	m ³	15,9500	488,80	7.796,36
92412	Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares com área média das seções menor ou igual a 0,25m ² , pé-direito simples, em madeira serrada, 4 utilizações	(Índice SINAPI = 0,6670m ²) 0,6670m ² x 159,45m ² = 106,35m ²	m ²	106,3500	81,83	8.702,62
Total estrutural pré-moldada concreto (exceto vigas e pilares)						32.255,39

Fonte: autor

Tabela 06 - Quantitativo e custo de alvenaria de vedação para as estruturas pré-moldadas de concreto utilizando o TCPO para composição e o SINAPI para custos

Código TCPO	Descrição						
04211.8.2.17	Alvenaria de vedação com bloco cerâmico furado, junta de 12mm, assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8 - unidade m ²						
TCPO				SINAPI			
Código	Descrição	Memória da cálculo	Un.	Quant.	Código	Preço unitário	Total
01270.0.40.1	Pedreiro	(Índice TCPO = 0,700h/m ²) 0,700h x 2.601,25m ² = 1.820,87h	h	1.820,87	4750	17,07	31.082,25
01270.0.45.1	Servente	(Índice TCPO = 0,859h/m ²) 0,859h x 2.601,25m ² = 2.234,47h	h	2.234,47	6111	11,16	24.936,69
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	(Índice TCPO = 0,019398m ³ /m ²) 0,019398m ³ x 2.601,25m ² = 50,46m ³	m ³	50,46	370	66,67	3.364,17
02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	(Índice TCPO = 2,8938kg/m ²) 2,8938kg x 2.601,25m ² = 7.527,50kg	kg	7.527,50	1106	0,67	5.043,43
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	(Índice TCPO = 2,8938kg/m ²) 2,8938kg x 2.601,25m ² = 7.527,50kg	kg	7.527,50	1379	0,39	2.935,73
04211.3.1._	Bloco Cerâmico de vedação - bloco inteiro 14cm x 19cm x 39cm - espessura da parede de 14cm	(Índice TCPO = 12,90un/m ²) 12,90un x 2.601,25m ² = 33.556,12un	un	33.556,12	37593	1,50	50.334,18
Total alvenaria de vedação							117.696,43
TOTAL ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO (EXCETO VIGAS E PILARES) + ALVENARIA DE VEDAÇÃO							149.951,83

Fonte: autor

Com a comparação de custos dos dois métodos construtivos, que é o principal objetivo deste artigo, tem-se o valor final de:

- R\$ 118.314,24 (cento e dezoito mil, trezentos e quatorze reais e vinte e quatro centavos) para alvenaria estrutural;
- R\$ 149.951,83 (cento e quarenta e nove mil, novecentos e cinquenta e um reais e oitenta e três centavos) para estrutura pré-moldada de concreto.

Lembrando que as estruturas pré-moldadas de concreto não estão inclusas neste custo por conta de necessitarem de um orçamento particular, com isso o acréscimo das estruturas pré-moldadas de concreto em relação à alvenaria estrutural é superior a 26,74.

Se for levado em consideração somente o custo, pode-se dizer que a alvenaria estrutural seria uma ótima alternativa, pois apresenta o menor custo. Porém não é somente esse parâmetro que afeta as escolhas de uma construção e sim uma gama de parâmetros, tais como: tempo de execução de cada serviço; frentes de obra que podem ser abertas em cada etapa ou em um todo; se no local existe a mão-de-obra necessária para o tipo de sistema construtivo escolhido; se possui os fornecedores necessários e se são de boa qualidade, se por acaso não possui fornecedores é importante conhecer o custo de frete que irá incidir sobre o custo do material, para que se consiga um orçamento bem condizente com a realidade do empreendimento; e ainda se existem outras alternativas de métodos construtivos, ou associações que possam ser feitas para o empreendimento em questão.

Realizando um comparativo entre o tempo de execução dos sistemas construtivos, é possível perceber que se igualam, isto ocorre pelo fato de ter sido escolhido como vedação para as estruturas pré-moldadas de concreto a alvenaria cerâmica. Em contrapartida, quando se compara o tempo de execução juntamente com as frentes de obra, pode-se perceber que o sistema de estrutura pré-moldada de concreto é mais vantajoso, pois a partir do momento que as estruturas (pilares, vigas e lajes) se encontram no lugar é possível abrir diversas frentes de obra em um mesmo serviço, com isso o tempo de entrega da obra fica menor. Isso não acontece com a alvenaria estrutural pois é necessário que siga as etapas de obra para que as próximas possam ser feitas.

Sobre a mão-de-obra, parâmetro de extrema importância para a construção para os dois métodos construtivos, ela deve ser muito bem estudada pois a grande maioria não tem conhecimento desses métodos construtivos e os cuidados que se deve ter na sua utilização. Infelizmente hoje no Brasil a mão-de-obra civil (pedreiros e serventes) não possui uma

formação técnica e sim formação familiar, onde se aprende com os mais velhos, porém esse cenário está mudando com centros de ensino para essas profissões tão valiosas para o setor.

Com isso é importante saber o que deverá ser feito, se o local possui a mão-de-obra, se será necessário importar essa mão-de-obra especializada ou se é mais conveniente fornecer treinamento adequado para os funcionários.

Em relação aos fornecedores, a alvenaria estrutural necessita basicamente de blocos com resistência de acordo com as normativas pois a argamassa de assentamento será produzida na própria obra. Em contrapartida, a estrutura pré-moldada de concreto necessita de empresas especializadas na fabricação destes pré-moldados e também no maquinário necessário para que se consiga realizar o içamento destas peças ou se o empreendedor irá montar uma mini usina de concreto no local, para isso necessita de espaço no canteiro de obras e uma série de equipamentos.

Outra questão de extrema relevância é sobre escolher outros métodos construtivos, realizando as mesmas análises citadas acima. Talvez ao invés de se utilizar vedação com bloco cerâmico juntamente com a estrutura pré-moldada de concreto, seja mais interessante se utilizar os painéis auto-portantes para a vedação. Ou ainda uma outra combinação possível é a vedação externa com alvenaria de bloco cerâmico e a interna com gesso acartonado, enfim, existem diversos métodos construtivos que podem ser combinados para as construções.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as planilhas de composição e custos presentes nos Resultados deste artigo pode-se analisar que existe uma diferença de custo entre os dois sistemas estruturais estudados (alvenaria estrutural e estrutura pré-moldada de concreto). A construção utilizando a alvenaria estrutural ficou 78,90% do valor gasto para a mesma área construída em estrutura pré-moldada de concreto.

Porém em uma construção não se deve levar em consideração somente o custo e sim uma gama de fatores que podem influenciar o resultado final da construção.

É de extrema necessidade saber se o local de implantação de um empreendimento existe mão-de-obra qualificada ou se será necessário trazer essa mão-de-obra de outro local, isso onera a obra. Outro fato importante é saber se existem empresas que podem fornecer o

material no local do empreendimento ou se esse material também deverá vir de outro local, com isso acrescido de frete e influenciando o custo final da obra.

Com relação às estruturas pré-moldadas de concreto é importante pensar que será necessário uma empresa que fabrique esses pré-moldados ou que se tenha espaço na obra para a fabricação no próprio canteiro. Atrelado a isso tem que se analisar se é viável o custo dessa fabricação no canteiro, tendo a necessidade de montar uma mini usina de cimento, além dos equipamentos necessários para que se realize o içamento das peças.

Sobre a alvenaria estrutural se faz necessário o conhecimento dos materiais que serão utilizados na edificação, se são de procedência ou não e se a mão-de-obra possui conhecimento para esse tipo de sistema construtivo.

Um fato que se pode comparar entre os dois métodos construtivos é o fator tempo de execução da obra. Utilizando o sistema de alvenaria estrutural não é possível abrir diversas frentes de obra para um mesmo serviço, pois enquanto não finalizar a laje do pavimento não é possível que se faça o pavimento superior, em contrapartida as estruturas em concreto pré-moldado quando montadas se consegue abrir frentes de obras para o mesmo serviço, com isso o tempo de execução pode ser drasticamente diminuído.

Um inconveniente que os dois sistemas possuem é com relação a projetos engessados, não sendo possível criar muita arquitetura nas edificações e possíveis reformas se tornam bem complicadas de serem feitas ou até mesmo impossibilitadas.

Para o método construtivo de alvenaria estrutural é importante o dimensionamento dos blocos estruturais para os pavimentos inferiores que suportam maiores cargas, com isso, no momento do orçamento deve-se levar em consideração dois tipos de blocos, para pavimentos inferiores e superiores, obtendo um orçamento mais completo para a obra.

Entretanto os dois métodos construtivos utilizados para padrões populares se tornam ótimas alternativas por serem de rápida execução e possuírem um custo menor com relação às edificações feitas em concreto armado e alvenaria convencional por utilizarem menos tipos de materiais e o tempo de execução ser menor.

COST ANALYSIS BETWEEN STRUCTURAL MASONRY AND PRECAST CONCRETE STRUCTURE

ABSTRACT

In view of the scenario in which civil construction is found, needing constructions with an adequate cost benefit for popular standards, there was a need for a study that compared two construction systems: structural masonry and precast concrete structures. With the use of qualitative research in articles and books together with a case study of a project of a building with 05 floors with 04 apartments each. A comparison was made between the two construction systems, taking into account not only the cost of a work, but the whole problem that involves a construction as skilled labor or not, time of execution of each service, about the location in short, a range of parameters that are necessary before choosing a construction method. With these analyzed topics, it can be concluded whether these construction methods are viable or not for popular constructions.

Keywords: structures, precast, structural masonry

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Paredes de concreto. Coletânea de ativos. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Desempenho Térmico**. Rio de Janeiro. 2013.

CAMACHO, J. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, 2006. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edifícios-de-alvenaria-estrutural.pdf>>. Acesso em: 02 de março de 2020.

CAVALHEIRO, O. P. **ALVENARIA ESTRUTURAL Tão antiga e tão atual**, 1996. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/7996368-Alvenaria-estrutural- tao- antiga-e- tao-atual.html>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2020.

COÊLHO, R. S. A. Alvenaria estrutural. São Luis: Editora da UEMA, 1998.

FRANCO, L. S. **Paredes maciças de concreto**. Notas de aula (MBA Tecnologia da Construção Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2007.

NOVELLI, R. P. Tipos de alvenaria estrutural. **Noves Engenharia**, 2020. Disponível em: <<https://www.novesengenharia.com.br/tipos-de-alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 02 de março de 2020.

- OLIVEIRA, L. A. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.
- SABBATINI, F. H. O Processo Construtivo de Edifícios de Alvenaria Estrutural Sílico-Calcária, 1984. **Tese de mestrado**, USP, São Paulo.
- ROMAN, F. A. P.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H.N. Construindo em alvenaria estrutural. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- SALAS, S. J. **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.
- SILVA, J. S Alvenaria estrutural e painéis pré-moldados: estudo comparativo dos sistemas construtivos. **Trabalho de conclusão de curso** (diplomação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- TAUIL, C. A., NESSE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2010. 1 v. 183 p.
- VASCONCELLOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.
- VASCONCELOS, I. **O que foi o Coliseu de Roma?**. 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-foi-o-coliseu-de-roma/>>. Acesso em: 02 de março de 2020.