

Monografia

ANÁLISE DE CUSTOS: ALVENARIA ESTRUTURAL X ESTRUTURA PRÉ- MOLDADA

Autora: Natália Souza Diniz Alves

Orientador: Prof. Antônio Neves de Carvalho Junior

Belo Horizonte

Novembro/2014

Natália Souza Diniz Alves

**ANÁLISE DE CUSTOS: ALVENARIA ESTRUTURAL X ESTRUTURA PRÉ-
MOLDADA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Construção Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais.
Ênfase: Gestão e Tecnologia da Construção Civil

Orientador: Prof. Antônio Neves de Carvalho Junior

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2014

Dedico esse trabalho aos colegas engenheiros e arquitetos, para que entendam o impacto econômico da escolha de um sistema construtivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida, pelas oportunidades, por me dar força e saúde de forma a possibilitar minhas conquistas.

Agradeço ao meu pai, Francisco, meu exemplo de sabedoria, grande defensor da alvenaria estrutural, fonte de inspiração para esse estudo. Provedor das minhas fontes bibliográficas e da análise estrutural, sem ele esse trabalho não seria possível.

Agradeço a minha mãe, Lenice pelo exemplo, dedicação e compreensão. Pelo incentivo constante ao estudo, pelas sugestões dadas e erros corrigidos. Por vibrar até com minhas pequenas conquistas e me proporcionar uma base sólida para enfrentar os desafios da vida.

Agradeço a minha irmã, Marília, por palpar e criticar cada linha escrita, ainda que não seja engenheira. Por não me deixar desistir nunca e sempre me desafiar a buscar algo melhor. Agradeço pelo auxílio nesse trabalho, nos anteriores e já agradeço pelos próximos em que solicitarei ajuda. Agradeço por ser além de irmã uma professora e uma amiga que me apoia e ajuda.

Agradeço, ao professor Antônio Junior, meu querido orientador nesse trabalho. Sou grata pela dedicação, paciência, tolerância, pelo conhecimento transmitido e pela disponibilidade sempre que possível. Agradeço ainda por não me permitir estar entre os 30% de desistentes nesse curso!

Agradeço ainda ao engenheiro Ilídio Lobato e o futuro engenheiro Bruno Lino, pela disponibilidade do Escritório Serranegra Engenharia na concepção em alvenaria estrutural.

Finalmente, agradeço aos amigos da UFMG, que me ensinaram como realizar um orçamento de obras públicas, conhecimento esse, que subsidiou o estudo a seguir.

RESUMO

As exigências do mercado por edificações qualificadas e de baixo custo são crescentes. Desta forma, premente a necessidade de incrementar as pesquisas que têm por escopo buscar sistemas construtivos alternativos eficientes. A relevância desta temática decorre da conjuntura de racionalização e industrialização por que passa a construção civil. Considerando esta conjuntura elaborou-se o presente trabalho com a pretensão de analisar os métodos construtivos alvenaria estrutural e estrutura pré-moldada sob a ótica dos custos e benefícios de sistema. Perquiriu-se a digressão histórica da aplicação das metodologias, elucidando conceitos, premissas, pontos fortes e fracos de cada sistema. Investigou-se sobre estruturas modulares, que atendessem aos requisitos construtivos de forma competitiva, evidenciando prazos e custos reduzidos. Percebeu-se que tanto a estrutura pré-fabricada quanto a alvenaria estrutural apresentam como principais vantagens rápida execução, a modulação, a redução na utilização de materiais e menor geração de entulho. Por fim, realizou-se a avaliação dos custos de um mesmo empreendimento, considerando sua execução em estrutura pré-moldada e em alvenaria estrutural. Concluiu-se que a alvenaria estrutural pode apresentar reduções de custo da ordem de 39 a 41% (se consideradas também, além da estrutura/vedação propriamente ditas, as várias etapas da construção que são impactadas por esta mudança).

Palavras-chave: alvenaria estrutural, pré-moldados, orçamento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS	xii
1. INTRODUÇÃO	1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 Concreto pré-moldado.....	4
3.1.1 Histórico	4
3.1.2 Conceito.....	11
3.1.3 Tipos de Concreto Pré-Moldado	12
3.2 Alvenaria estrutural.....	14
3.2.1 Histórico	14
3.2.2 Conceito.....	21
3.2.3 Tipos de Alvenaria Estrutural	22
3.2.4 Classificação das unidades componentes da Alvenaria Estrutural.....	26
3.3 Orçamento	27
3.3.1 Conceito.....	27
3.3.2 Orçamento para obras públicas.....	29
4. MÉTODO.....	32
5.1 Primeira Comparação.....	38
5.2 Segunda Comparação.....	41
5.3 Terceira Comparação.....	43
6. RESULTADOS.....	45
6.1 Primeira Comparação.....	45
6.2 Segunda Comparação.....	46
6.3 Terceira Comparação.....	48
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	49
6.1 Fundações:.....	49
6.2 Fôrmas	50
6.3 Armadura.....	51

6.4 Mão de Obra:	53
7. CONCLUSÕES	54
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
10. ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Peças pré-fabricadas separadas por papel parafinado (VASCONCELOS, 2002).	6
Figura 2 - Galpão Industrial com vigas Vierendeel de concreto armado (VASCONCELOS, 2002).	6
Figura 3 - Detalhe de construção pré-fabricada em ambiente industrial (ABIC, 2005).....	9
Figura 4 - Detalhe de içamento do banheiro pré-fabricado (CORBIOLLI, 2001). ...	9
Figura 5 - Painéis arquitetônicos de GFRC (concreto reforçado com fibra de vidro) (CORBIOLLI, 2001).....	10
Figura 6- Pré-moldado de seção parcial (EL DEBS, 2000).....	12
Figura 7 - El Escorial – Foto de Joaquim Nery – Publicada em 29 de março de 2011	14
Figura 8 - Pirâmide de Quéops: Fonte: laboratório de mecânica computacional Imc-USP	15
Figura 9 - Catedral de Reims. Fonte: www.minube.com , acesso em 18 de janeiro de 2015	15
Figura 10 - Monadnock building. Informações obtidas no sitio eletrônico < www.panoramio.com >, acesso em 18/01/15	16
Figura 11 - Forma para construção da parede de taipa e seu aspecto depois de pronto. Imagem extraída do sitio eletrônico < www.historiadeindaiatuba.blogspot.com.br >, acesso em 18/01/15.	18
Figura 12 - casa de pau-a-pique. Imagem extraída do sítio eletrônico < www.itanhaemvirtual.com.br > acesso em 18/01/15.....	18
Figura 13 - Casa em cantaria. Imagem extraída do sítio eletrônico < http://ilhagradosa.blogspot.com.br > acesso em 12/01/15.....	19
Figura 14 - Conjunto habitacional “central parque da lapa” In: Associação brasileira de construção industrializada.	20
Figura 15 – Murity. Extraída do sítio eletrônico < www.comunidade-da-construcao.com.br > acesso em 12/01/2015.....	20
Figura 16 - Alvenaria Estrutural não armada – Fonte Tauil e Nese, 2010.	23
Figura 17 - Alvenaria armada ou parcialmente armada – Tauil e Nese, 2010.....	24

Figura 18- Alvenaria protendida - Tauil e Nese, 2010.....	25
Figura 19 - Localização da obra no Campus	34
Figura 20 - Maquete da obra.....	35
Figura 21 - Ligações hiperestáticas - Fonte: Precon Engenharia	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos tipos de elementos pré-moldados.....	13
Tabela 2 - Quadro resumo do custo da obra em pré-moldado	39
Tabela 3 - Análise de custos da obra em pré-moldado	39
Tabela 4 - Resumo de custos (Alvenaria Estrutural).....	40
Tabela 5 - Análise de Custos (Alvenaria Estrutural)	41
Tabela 6 - Resumo de custos (Pré-moldado sem flexibilização)	42
Tabela 7 - Análise de custos (Pré-moldado sem flexibilização).....	42
Tabela 8 - Resumo dos custos (Pré-moldado sem flexibilização e com vedação)	43
Tabela 9 - Análise de Custos (Pré-moldado sem flexibilização e com vedação)..	44
Tabela 10 - Comparativo entre custo em Pré-Moldado e em Alvenaria Estrutural	45
Tabela 11 - Custo da Flexibilização	46
Tabela 12 - Comparativo entre custo em Pré-Moldado sem flexibilização e em Alvenaria Estrutural.....	47
Tabela 13 - Comparativo entre custo em Pré-Moldado sem flexibilização com vedação e em Alvenaria Estrutural	48

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

A.C. = Antes de Cristo

ABCI = Associação Brasileira da Construção Industrializada

ABCP = Associação Brasileira de Cimento Portland

Art. = Artigo

BDI = Bonificações e Despesas Indiretas

BNH = Banco Nacional da Habitação

CEF = Caixa Econômica Federal

CRUSP = Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo

COHAB – SP = Companhia de Habitação do Estado de São Paulo

DML = Depósito de Materiais de Limpeza

EPI = Equipamentos de Proteção Individual

FUNDUSP = Fundo de Construção da Universidade de São Paulo

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCC = Índice Nacional de Custos da Construção

IPT = Instituto de Pesquisas Tecnológicas

UFMG = Universidade Federal de Minas Gerais

Ltda. = Limitada

NBR = Norma Brasileira

PCAE = Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural

PCAE-PA = Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada

PCAE-NA = Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural Não Armada

PNE = Portador de necessidades especiais

PUC = Pontifícia Universidade Católica

REUNI = Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais

SICRO = Sistemas de Custos Rodoviários

SINAPI = Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SPDA = Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas

LISTA DE SÍMBOLOS

% = por cento

\$ = cifrão

AC= taxa de administração central

cm = centímetro

DF = taxa de despesas financeiras

G = taxa de garantias

I = taxa de incidência de impostos

I = um (número romano)

II = dois (número romano)

Kgf. = quilograma força

KN = quilo Newton

L = taxa de lucro/remuneração

m² - metro quadrado

nº - número

R = taxa de riscos

S = taxa de seguros

VII = sete (número romano)

XIX = dezenove (número romano)

XX = vinte (número romano)

1. INTRODUÇÃO

Não obstante a previsão de custos de um empreendimento seja considerada tarefa dispendiosa, ela é necessária. A orçamentação de obras implica em análise técnica e detalhada de todos os serviços necessários à consecução do empreendimento, seguida por levantamento de quantidades de material e mão de obra, e conseguinte cotação de preços. Tratando-se de obra pública essa tarefa torna-se ainda mais complexa haja vista tem como pré requisito o conhecimento atualizado das legislações vigentes, bem como responsabilidade para com a sociedade e com o Erário.

Com o objetivo de mensurar a concorrência existente no mercado e obstar contratações de obras públicas desqualificadas, os orçamentos devem apresentar preços baixos, porém, compatíveis com a realidade econômica. Mister ampliar os estudos de custos de empreendimentos para auxiliar a escolha do sistema construtivo que se adeque à arquitetura determinada e que possua o menor valor.

O crescimento da aplicação da alvenaria estrutural tem sido associado a empreendimentos de moradia popular. Pretende-se a partir da metodologia estudo de caso, verificar se a opção por esse sistema é vantajosa considerando a variável custos. A análise dar-se-á na obra de prédio a ser utilizado como laboratórios e salas de aula em órgão público.

As estruturas pré-fabricadas, assim como a alvenaria estrutural, são moduladas e apresentam como principal vantagem sua rápida execução. Realizar-se-á investigação comparativa dos custos de um mesmo empreendimento executado em dois sistemas construtivos diferenciados. Primeiramente, em estrutura pré-fabricada e posteriormente em alvenaria estrutural.

2. OBJETIVO

A variável estrutura tem grande impacto no custo de um empreendimento, podendo, até mesmo inviabilizá-lo. De forma a contrapor sistemas modulares, que tenham como benefícios construtivos a redução de prazos e do consumo de materiais, esse estudo busca comparar os custos de um mesmo empreendimento para dois sistemas construtivos diferenciados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, o sistema construtivo mais utilizado no Brasil, é o sistema estruturado tradicional, composto por vigas, lajes e pilares em concreto armado moldado “in loco”. Porém a racionalização e industrialização na construção civil, em consequência dos desenvolvimentos tecnológicos e exigências do mercado por edificações mais qualificadas como custo mais baixo, promovem uma busca por sistemas alternativos que atendam essa demanda.

De acordo com CAVALHEIRO (1996), no campo das edificações no Brasil podem-se estabelecer duas formas básicas de construção: pelo Sistema Convencional, empregando estruturas reticuladas de concreto armado moldadas “in loco”, e pelos Sistemas Industrializados, norteados pela pré-fabricação dos seus elementos ou execução “in loco”, mas de forma mecanizada e racionalizada. A alvenaria estrutural e as estruturas pré-moldadas situam-se entre os sistemas industrializados, uma vez que são compostas basicamente de seus elementos modulares, feitos em usina, além disso, possuem sistemas construtivos racionalizados.

Para TAMBARA, 2006 apud SILVA, 2005 a economia da substituição de estruturas de concreto armado convencional por estruturas em alvenaria estrutural podem variar de 11% a 20%. Em relação às estruturas pré-moldadas segundo RAYDAN, gerente regional da ABCP em Minas Gerais, *"além de conseguir economia de 15% a 20% no custo, o pré-moldado é a solução para a falta de operários na construção, reduzindo em até 50% o volume de trabalhadores no canteiro de obra."* Dessa forma, deve-se comparar os dois sistemas em relação ao custo em busca da melhor solução para racionalização da construção utilizando sistemas industrializados.

3.1 Concreto pré-moldado

3.1.1 Histórico

Segundo VASCONCELLOS (2002), não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

SALAS (1988) considera a utilização dos pré-fabricados de concreto dividida em três etapas, quais sejam:

- 1) 1950 a 1970. Período marcado pela falta de edificações advindas da devastação da guerra que impingiu a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados, cujos componentes procediam do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção. Segundo FERREIRA (2003), utilizando uma filosofia baseada nos sistemas fechados, as realizações ocorridas no período do pós-guerra europeu na área de habitação criaram um estigma associando a construção pré-fabricada durante muitos anos à uniformidade, monotonia e rigidez na arquitetura, com flexibilidade "zero", onde a pré-fabricação com elementos "pesados" marcou o período. Além dessas questões, as construções massivas, sem uma avaliação prévia de desempenho dos sistemas construtivos, ensejaram o surgimento de muitas patologias.
- 2) 1970 a 1980. Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram, além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados. Neste contexto teve o início do declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção.

- 3) Pós 1980. Etapa caracterizada, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto¹, à base de componentes compatíveis, de origens diversas.

Pré-fabricados de concreto no Brasil

O Brasil não sofreu com as devastações decorrentes da Segunda Guerra Mundial, e, por conseguinte, não necessitou de reconstruções em grande escala, como ocorrido na Europa. VASCONCELOS (2002), afirma que a primeira grande obra em que se utilizou elementos pré-fabricados no Brasil, refere-se ao hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro.

A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com sucursal no Brasil, executou em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-fabricados. Dentre eles, pode-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo. Nesta obra, o canteiro de pré-fabricação teve que ser minuciosamente planejado para não alongar demasiadamente o tempo de construção.

O incremento da preocupação com a racionalização e a industrialização de sistemas construtivos remonta o fim da década de 50. Naquela época, na cidade de São Paulo, a Construtora Mauá, especializada em construções industriais, realizou vários galpões pré-moldados no próprio canteiro de obras. Em alguns foi utilizado o processo de executar as peças deitadas umas sobre as outras numa sequência vertical, separando-as por meio de papel parafinado, conforme Figura 1. Não era necessário esperar que o concreto endurecesse, para então executar a camada sucessiva. Esse procedimento economizava tempo e espaço no canteiro, podendo ser empilhadas até 10 peças. As fôrmas laterais subiam à medida que o concreto endurecia, reduzindo assim a extensão do escoramento.

¹ “a industrialização de componentes destinados ao mercado e não, exclusivamente, às necessidades de uma só empresa é conhecida como ciclo aberto” (BRUNA,1976).

Tal procedimento proporciona grande produtividade à execução das peças. Tão logo, terminava a primeira pilha de 10 peças, cada peça tornava-se, ao ser removida, a “semente” de uma nova pilha de 10 a ser “plantada” em outro lugar. Assim, multiplicava-se a produção de peças iguais.



Figura 1 - Peças pré-fabricadas separadas por papel parafinado (VASCONCELOS, 2002).

A construtora Mauá iniciou a pré-fabricação em canteiro com a fábrica do Curtume Franco-Brasileiro. A estrutura, extraordinariamente leve e original, tinha tesouras em forma de viga Vierendeel curva, conforme Figura 2.



Figura 2 - Galpão Industrial com vigas Vierendeel de concreto armado (VASCONCELOS, 2002).

Em relação à pré-fabricação de edifícios de vários pavimentos, com estrutura reticulada, acredita-se que a primeira tentativa, foi o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo - CRUSP da cidade universitária Armando Salles de

Oliveira, em São Paulo. Trata-se do conjunto residencial da USP de 1964, constituído de doze prédios com doze pavimentos, projetados pela Fundo de Construção da Universidade de São Paulo – FUNDUSP, para abrigar estudantes de outras cidades que ingressaram nas faculdades da universidade. Durante a execução, a empresa responsável pela obra pré-fabricada executou um trabalho perfeito, mas teve que resolver inúmeros problemas decorrentes da falta de treinamento dos operários, que nunca haviam trabalhado antes num processo construtivo tão diferente. Nesta obra, as peças foram fabricadas no canteiro de obra, onde existia espaço de sobra para a produção e armazenagem. Este foi um elemento altamente favorável, o que não acontece atualmente em obras situadas em centros populosos das cidades.

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA - ABCI (1980), a preocupação com a racionalização, ou com a industrialização propriamente dita, aparece de forma sistemática apenas no início da década de 60, e que experiências anteriores foram esporádicas e constituíram eventos atípicos e sem continuidade. Nesta época, premidos por um mercado em expansão, foram feitas, de forma não sistemática, algumas experiências com componentes pré-fabricados leves, podendo ser citados os painéis artesanais de concreto de Carlos Milan, os painéis de fibrocimento e os aglomerados de raspa de madeira.

Na segunda metade da década de 70, o banco BNH adotou novas diretrizes para o setor, reorientando sua atuação para o atendimento das camadas de menor poder aquisitivo passando a estimular, ainda que timidamente, a introdução de novas tecnologias, como a construção com elementos pré-fabricados de concreto. Conforme OLIVEIRA (2002), em busca de alternativas tecnológicas para a construção habitacional, o BNH e seus agentes patrocinaram a pesquisa e o desenvolvimento de alguns processos construtivos a base de componentes pré-fabricados e organizaram a instalação de canteiros experimentais, como o Narandiba, na Bahia, em 1978; o Carapicuíba VII, em São Paulo, em 1980; e o de Jardim São Paulo, em São Paulo, em 1981. Contudo, a construção destes edifícios apresentou muitos problemas patológicos e de ordem funcional,

acrescendo, em muito o custo da sua manutenção e, por isso, alguns tiveram até que ser demolidos.

No ano de 1983, a própria COHAB – SP, através de relatórios técnicos internos denunciava a situação precária das moradias. Após estudo detalhado, o IPT chegou à conclusão que a recuperação era inviável, técnica, operacional e economicamente, recomendando a demolição. Os motivos que levaram o IPT a esta conclusão estavam relacionados ao uso de material inadequado na confecção dos painéis, à execução extremamente deficiente das peças estruturais dos edifícios e à corrosão generalizada das armaduras dos elementos estruturais (pilaretes nas paredes e tirantes nas janelas).

Após fatos como estes, os pré-fabricados praticamente deixaram de existir na década de 80, retornando apenas na década de 90, devido principalmente ao desenvolvimento da cidade de São Paulo, que passou a receber grandes investimentos na área de serviços, que proporcionou um aumento na construção de shopping centers, flats e hotéis. Estes novos investimentos em obras necessitavam de grande velocidade de execução e venda. Conforme OLIVEIRA (2002), como estes tipos de edifícios comerciais e hoteleiros exigem mais requinte nos acabamentos de suas fachadas, a fim de valorizar o empreendimento, houve dessa maneira o ressurgimento em utilizar a tecnologia de painéis pré-fabricados de fachada para edifícios de múltiplos pavimentos que incorporam detalhes construtivos e revestimentos em seu acabamento: os chamados painéis arquitetônicos, que aumentam a velocidade de execução da construção e a qualidade estética do produto final.

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP (2005), a primeira empresa a colocar os painéis de fachada como produto de mercado foi a Stamp, que trouxe a tecnologia do Canadá e transformou a obra em uma linha de montagem de componentes. Isso em 1994, com as obras do Condominium Club Ibirapuera, em São Paulo, a partir de então vem crescendo sua utilização como alternativa ao emprego das alvenarias nas fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos.

Atualmente, verifica-se a introdução de diversos elementos pré-moldados nas obras. É cada vez mais crescente a utilização em edifícios comerciais, residenciais, hotéis, flats e até em edifícios industriais, conforme figura 3. A diversidade das peças e a facilidade de montagem colaboram para que a produtividade, a segurança e a qualidade sejam as grandes qualidades deste sistema construtivo.



Figura 3 - Detalhe de construção pré-fabricada em ambiente industrial (ABIC, 2005).

Outro destaque que pode ser mencionado refere-se aos banheiros pré-fabricados ou como são mais conhecidos, os “banheiros prontos”, que vem ganhando cada vez mais importância junto à construção industrializada. Um detalhe do içamento de um módulo do banheiro pode ser observado na figura 4.



Figura 4 - Detalhe de içamento do banheiro pré-fabricado (CORBIOLLI, 2001).

Ao lado das inovações do produto surgem também grandes avanços em relação aos materiais. A figura 5 mostra o exemplo de utilização de Painéis arquitetônicos de GFRC (concreto reforçado com fibra de vidro) (SERRA, 2005 apud CORBIOLLI, 2001). As peças são mais esbeltas e mais leves, dispensando equipamentos pesados para a montagem, além de terem um acabamento que não necessita de outros retoques.



Figura 5 - Painéis arquitetônicos de GFRC (concreto reforçado com fibra de vidro) (CORBIOLLI, 2001).

Os pré-fabricados de concreto tornaram-se fundamentais na construção civil por serem econômicos, já que não há desperdícios na sua execução e montagem.

Para se agregar a vantagem da velocidade na construção do edifício, ressalta-se que o processo deve ser cuidadosamente planejado e os intervenientes devidamente identificados. A construção do edifício não está baseada simplesmente na montagem dos elementos na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais e culturais.

3.1.2 Conceito

Segundo SERRA, 2005 apud REVEL, 1973 o termo pré-fabricação no campo da construção civil deve ser entendido como “fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final na obra”. Ele, ressalta ainda, que pré-fabricação, em seu sentido mais geral, aplica-se a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, a partir de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente escolhidos e utilizados, sendo, em seguida, estes elementos transportados à obra onde ocorre a montagem da edificação.

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 1985) - define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, que atende aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada; a matéria-prima dos elementos pré-fabricados deve ser ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização.

A pré-moldagem é caracterizada como um processo de construção em que a obra, ou parte dela, é moldada fora de seu local de utilização em definitivo e a pré-fabricação estaria diretamente ligada à produção em larga escala de peças pré moldadas. A utilização dessas estruturas busca reduzir os atrasos da construção civil, visto que apresentam maior produtividade e redução do desperdício de materiais. Esse sistema viabiliza uma redução do custo dos materiais das estruturas, como concreto e aço, e principalmente, em relação a fôrmas e armações. As peças geradas possuem maior controle tecnológico, devidos às exigências quanto à qualidade do produto. (EL DEBS, 2000).

3.1.3 Tipos de Concreto Pré-Moldado

Os elementos pré-moldados podem ser classificados de diversas formas, como por exemplo, quanto à seção transversal, quanto ao processo de execução, e quanto a sua função estrutural. (El DEBS, 2000).

1. Classificação quanto ao local de produção dos elementos:

O **pré-moldado de fábrica** é aquele executado em instalações permanentes distantes da obra. Já o **pré-moldado de canteiro** é executado em instalações temporárias nas proximidades da obra.

2. Classificação quanto à incorporação de materiais para ampliar a seção resistente no local da utilização em definitivo:

O **pré-moldado de seção completa** é aquele executado de forma que sua seção resistente é formada fora do local de utilização definitivo. Já o **pré-moldado de seção parcial** é aquele inicialmente moldado apenas com parte da seção resistente final, que é posteriormente completada na posição de utilização definitiva com concreto moldado no local, com forme exemplificado pela figura 6 a seguir:

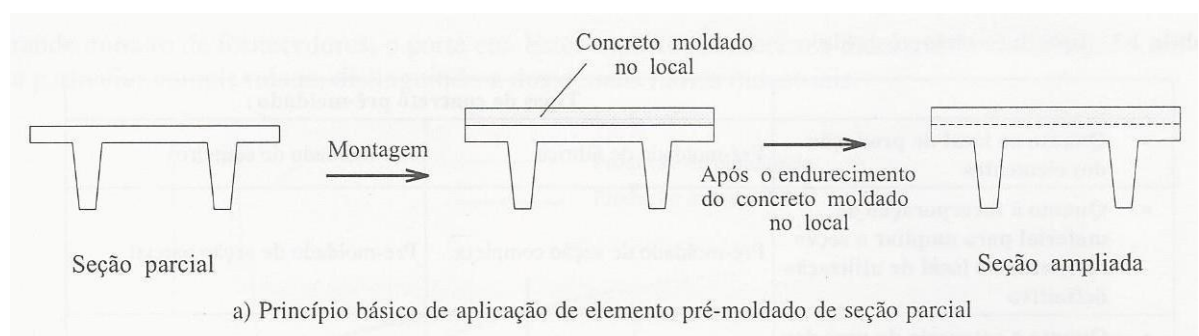


Figura 6- Pré-moldado de seção parcial (EL DEBS, 2000).

3. Classificação quanto à categoria do peso dos elementos:

Pode-se considerar que o elemento é um pré-moldado “pesado” quando necessitar de equipamentos especiais para transporte e montagem. Em contrapartida, o **pré-moldado “leve”** é aquele que não necessita de equipamentos especiais para transporte e montagem. Como valores referenciais tem-se que elementos leves pesam até 0,3 KN (30Kgf), elementos de peso médio pesam entre 0,3 e 5KN (30 a 500 Kgf.) e elementos pesados pesam acima de 5KN (500 Kgf.).

4. Classificação quanto ao papel desempenhado pela aparência

O **pré-moldado normal** seria aquele em que não há preocupação alguma em relação à aparência do elemento. Por outro lado o **pré-moldado arquitetônico** refere-se a qualquer elemento de forma especial ou padronizada que mediante acabamento, forma, cor ou textura contribui na forma arquitetônica ou em efeito de acabamento da construção.

A tabela 1, a seguir, apresenta o resumo da classificação dos elementos pré-moldados:

Tabela 1 – Resumo dos tipos de elementos pré-moldados

Tipos de elementos pré-moldados		
Quanto ao local de produção dos elementos	Pré-moldado de fábrica	Pré-moldado de canteiro
Quanto à incorporação de material para ampliar a seção resistente no local de utilização definitivo	Pré-moldado de seção completa	Pré-moldado de seção parcial
Quanto à categoria do peso dos elementos	Pré-moldado "pesado"	Pré-moldado "leve"
Quanto ao papel desempenhado pela aparência	Pré-moldado normal	Pré-moldado arquitetônico

3.2 Alvenaria estrutural

3.2.1 Histórico

O sistema construtivo em alvenaria estrutural é muito antigo, sendo utilizado desde que o homem começou a executar estruturas para as mais diversas finalidades utilizando blocos de diversos materiais, como argila, pedra e muitos outros. Várias são as construções que comprovam este fato e que podem ser vistas ou visitadas nas mais variadas localidades do mundo, cada uma delas com características próprias do local e da época em que foram erguidas. A figura 7 apresenta o complexo El Escorial que teve sua construção iniciada em 1563 na Espanha.



Figura 7 - El Escorial – Foto de Joaquim Nery – Publicada em 29 de março de 2011

A história da alvenaria estrutural se confunde com a história da própria engenharia, já que edificar usando blocos foi um dos primeiros métodos construtivos adotados pelo homem. Método que vem sendo utilizado desde os Persas e Assírios, 10 000 A.C, aponta CAMACHO (2006). Dentre as obras dessa fase da engenharia se destacam algumas que permanecem integras até o

presente momento como a pirâmide de Quéops no Egito (figura 8). Destaca-se que mesmo após 4.500 anos permanece estruturalmente intacta tendo apenas perdido parte do seu revestimento externo.



Figura 8 - Pirâmide de Quéops: Fonte: laboratório de mecânica computacional Imc-USP

Outras construções de destaque do passado foram feitas com blocos de pedras destaca-se as igrejas góticas, com estruturas que usam arcos e abóbodas (figura 9) o que permitiu que fossem vencidos grandes vãos, geometria necessária já que os blocos resistiam basicamente à compressão.



Figura 9 - Catedral de Reims. Fonte: www.minube.com, acesso em 18 de janeiro de 2015

Nesse período os blocos usados eram feitos de modo artesanal, constituídos por barro queimado ou pedra, trabalhando basicamente à compressão. Pedras eram mais usadas por possuir maior resistência mecânica que o bloco de barro produzido. O que restringia os possíveis usos dos materiais eram os projetos, que necessitavam ser feitos de modo coerente com estes materiais tão limitados e por isso o sucesso do arco gótico.

Com o passar dos anos melhores blocos e materiais foram encontrados projetados e testados, levando em conta teorias científicas e relacionando esforços solicitantes com esforços resistentes, através de fatores de segurança e buscando precisão científica para tornar o projeto econômico.

Entretanto, entre os séculos XIX e XX, as técnicas de projeto que, ainda não haviam evoluído do mesmo modo que os materiais tornaram as construções muito onerosas do ponto de vista construtivo e com grande perda de área útil. Isso fez com que a alvenaria estrutural da época não atendesse mais tão bem as demandas, já que os métodos empíricos começaram a produzir construções de baixa competitividade se comparadas com construções projetadas e construídas com concreto armado. Um exemplo dessa situação é o edifício Monadnock (figura 10) em Chicago, em que a parede do térreo tem 1,80 metros de espessura para uma construção de 16 pavimentos.



Figura 10 - Monadnock building. Informações obtidas no sítio eletrônico www.panoramio.com, acesso em 18/01/15

Com isso, a alvenaria estrutural entrou em declínio já que não apresentava vantagem em comparação com o concreto armado, que era de execução mais rápida, apresentava estruturas mais leves e consequentemente vantagem econômica.

A alvenaria estrutural só foi retomada após a segunda guerra mundial quando houve carência de aço e outros insumos da construção civil, o que prejudicava o uso do concreto armado. Na década de 50, o engenheiro Suíço Paul Haller projetou e construiu um edifício de 13 pavimentos em alvenaria não armada com paredes internas de 15 cm e paredes externas de 37,5 cm.

Outro marco importante da alvenaria estrutural moderna aconteceu em 1966, quando surgiu o primeiro código americano de alvenaria estrutural, o *Recommended building code requirements for Engineered Brick Masonry*.

A alvenaria estrutural, assim como em todo o mundo, foi usada em construções no Brasil desde o período colonial através de métodos como a taipa, o pau-a-pique, cantaria ou barro cozido. Técnicas rudimentares em que paredes tinham função estrutural, por isso a analogia com a alvenaria estrutural.

A taipa (figura 11) consiste em solo misturado com materiais como cal, sangue de boi, palha e outros materiais grosseiros materiais, estes usados para dar maior trabalhabilidade. O solo na época era compactado manualmente usando pilão, técnica essa que demandava pesado trabalho manual e resultava em paredes extremamente espessas.

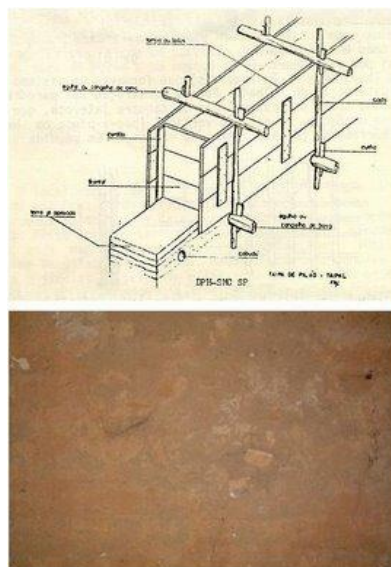


Figura 11 - Forma para construção da parede de taipa e seu aspecto depois de pronto.
 Imagem extraída do sítio eletrônico <www.historiadeindaiatuba.blogspot.com.br>, acesso em 18/01/15.

Outra técnica rudimentar era o pau-a-pique (figura 12) que diferia da taipa por usar o barro como vedação assentado sobre uma armação de madeira e recebendo posterior acabamento. Esse método é mais pratico que a taipa por não demandar compactação do solo.



Figura 12 - casa de pau-a-pique. Imagem extraída do sítio eletrônico
 <www.itanhaemvirtual.com.br> acesso em 18/01/15.

A cantaria (figura 13) é outro método construtivo antigo, consiste em blocos de pedra conformados e assentados peça por peça, que em função do peso dos

blocos, mostrava-se pouco produtivo e oneroso, já que os blocos eram conformados de forma artesanal.



Figura 13 - Casa em cantaria. Imagem extraída do sítio eletrônico
<http://ilhagraciosa.blogspot.com.br> > acesso em 12/01/15.

A alvenaria estrutural moderna teve influência da revolução industrial que concebeu conceitos até então novos como modulação, racionalização e produção em série, o que enseja economia de tempo, de material e de mão de obra (TAUIL, 3ª edição).

No caso do Brasil, notaram-se maiores avanços a partir da década de 50, com a transferência de tecnologia americana para o nosso País. Mas a metodologia em comento só ganhou força a partir de 1966 com a construção de um conjunto de edifício de quatro pavimentos em São Paulo, o “Central Parque da Lapa” (figura 14), que ainda contou com a construção de quatro edifícios de doze pavimentos, no início da década de 70.

O uso do método construtivo alvenaria estrutural foi incentivado pelo governo para tentar sanar o problema do déficit habitacional (TAUIL, 3ª edição). O sucesso dessa tecnologia em prédios populares, de até quatro andares, criou um estigma que fez com que engenheiros evitassem construir grandes edifícios usando essa tecnologia. Essa mentalidade provinciana somente começou a ser superada quando uma construtora paulista contratou o engenheiro americano

Green Ferver como consultor para auxílio na obra dos quatro edifícios de doze pavimentos do “Central Parque da Lapa”.



Figura 14 - Conjunto habitacional “central parque da lapa” In: Associação brasileira de construção industrializada.

Um marco importante do desenvolvimento da alvenaria estrutural no Brasil é o Edifício Murity (figura 15), situado na cidade de São José dos Campos, que com seus 16 pavimentos o colocam entre os maiores construídos neste país na década de 70.



Figura 15 – Murity. Extraída do sítio eletrônico <www.comunidade-da-construcao.com.br> acesso em 12/01/2015.

Segundo CAMACHO (2006), as pesquisas na área de alvenaria estrutural realizadas no Brasil começaram no final da década de 70 em São Paulo e início da década de 80 no Rio Grande do Sul. O interesse pelas pesquisas aponta a

necessidade do domínio da tecnologia que se mostrou eficiente e promissora para a maior parte das exigências atuais da construção civil.

3.2.2 Conceito

A alvenaria é, segundo TAUIL e NESE, 2010 “*o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso*”. A abordagem realizada por esses autores em relação ao aspecto funcional das alvenarias engloba vedação de espaços, resistência a carregamentos gravitacionais e impactos, isolamento térmico e acústico e ainda impedir a entrada de vento e chuva nos ambientes.

A alvenaria, como processo construtivo na elaboração de estrutura, desenvolveu-se inicialmente do empilhamento puro e simples de tijolos e blocos. Geralmente, não se utilizam pilares e vigas, pois as paredes possuem também a função de distribuir as cargas uniformemente ao longo das fundações. O princípio básico da alvenaria estrutural é a transmissão de tensões através de tensões de compressão. Evidentemente pode-se admitir tensões de tração em determinadas peças, porém, devem ser restritas a pontos específicos e não devem possuir valores muito elevados. Caso a tração ocorra de forma generalizada ou com valores elevados a estrutura pode ser viável, porém economicamente inadequada, conforme apresentado por Ramalho e Corrêa.

Dessa forma, a alvenaria estrutural é definida por Kalil (2010) como:

um sistema construtivo que através de peças industrializadas dimensionadas para seguirem um padrão, são ligadas por argamassa tornando esse conjunto em uma estrutura sem armaduras. Essas peças ou blocos podem ser moldados em cerâmica, concreto ou em material sílico-calcáreo.

3.2.3 Tipos de Alvenaria Estrutural

De acordo com a norma NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto de 1989, modificada pela NBR 15961-1, Alvenaria estrutural - Blocos de concreto – parte 1: projeto, em 2011, a alvenaria estrutural pode ser classificada em três categorias: não-armada, aquela onde os blocos são assentados com argamassa podendo conter armaduras com finalidade construtiva ou de amarração; armada, quando as paredes são formadas por blocos assentados com argamassa e as cavidades são preenchidas continuamente com graute, uma espécie de concreto líquido; e parcialmente armada, quando algumas paredes são construídas segundo as recomendações da alvenaria armada, e as demais de acordo com as da alvenaria estrutural não-armada.

Chamados também de processos construtivos de alvenaria estrutural, SABBATINI (2012) estabelece para essas três classificações:

Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural Não Armada (PCAE-NA) ou Auto Suporte - São PCAE que empregam como estrutura suporte paredes de alvenaria sem armação. Os reforços metálicos são colocados apenas com finalidades construtivas (em cintas, vergas, contravergas, na amarração entre paredes e nas juntas horizontais com a finalidade de evitar fissuras localizadas).

Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural (PCAE) – São específicos modos de se construir edifícios que se caracterizam por:

- Empregar como estrutura suporte paredes de alvenaria e lajes enrijecedoras;
- Serem dimensionados segundo métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável;
- Ter um alto nível de organização de produção de modo a possibilitar projetos e construção racionais.

Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada (PCAE-PA)

- São PCAE que empregam como estrutura suporte paredes de alvenaria sem

armação e paredes com armação. Estas últimas se caracterizam por terem os vazados verticais dos blocos preenchidos com graute (um micro-concreto de grande fluidez) envolvendo barras e fios de aço. Os PCAE-PA são dimensionados como os PCAE-NA, porém, quando no dimensionamento surgem trechos da estrutura com solicitações que provoquem tensões acima das admissíveis, estes trechos são dimensionados como alvenaria armada.

Segundo TAUIL e NESE (2010), as alvenarias estruturais podem ser divididas em três tipos:

1. Alvenaria não armada: aquelas que não recebem graute e a armação não funciona como reforço estrutural, tem a função apenas de evitar futuras patologias, como em vergas de portas, vergas e contravergas de janelas e reforços em aberturas, conforme figura abaixo:

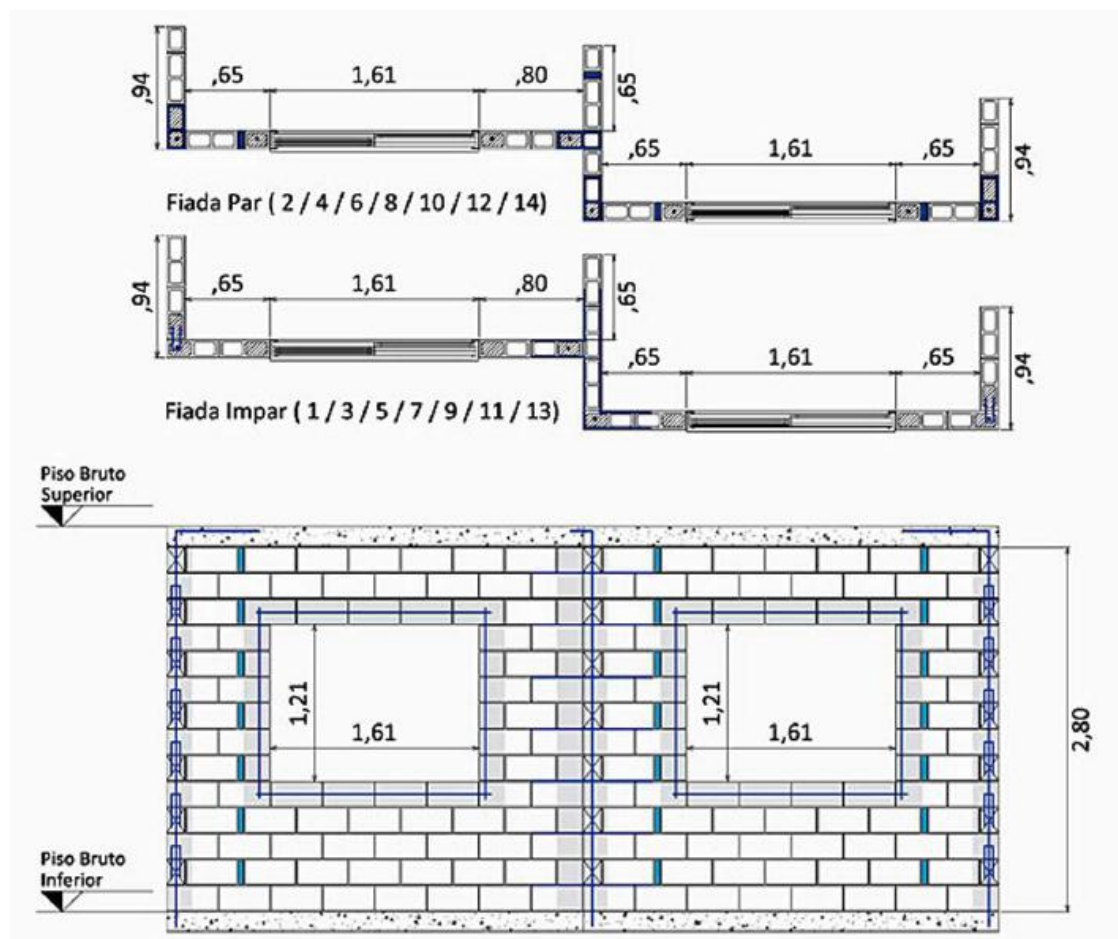


Figura 16 - Alvenaria Estrutural não armada – Fonte Tauil e Nese, 2010.

2. Alvenarias armadas ou parcialmente armadas: são aquelas que possuem algum reforço, segundo as exigências estruturais. Esse ocorrerá por meio de fios, barras e telas introduzidos nos blocos que posteriormente deverão ser grauteados, como pode ser percebido pela figura 17 a seguir.

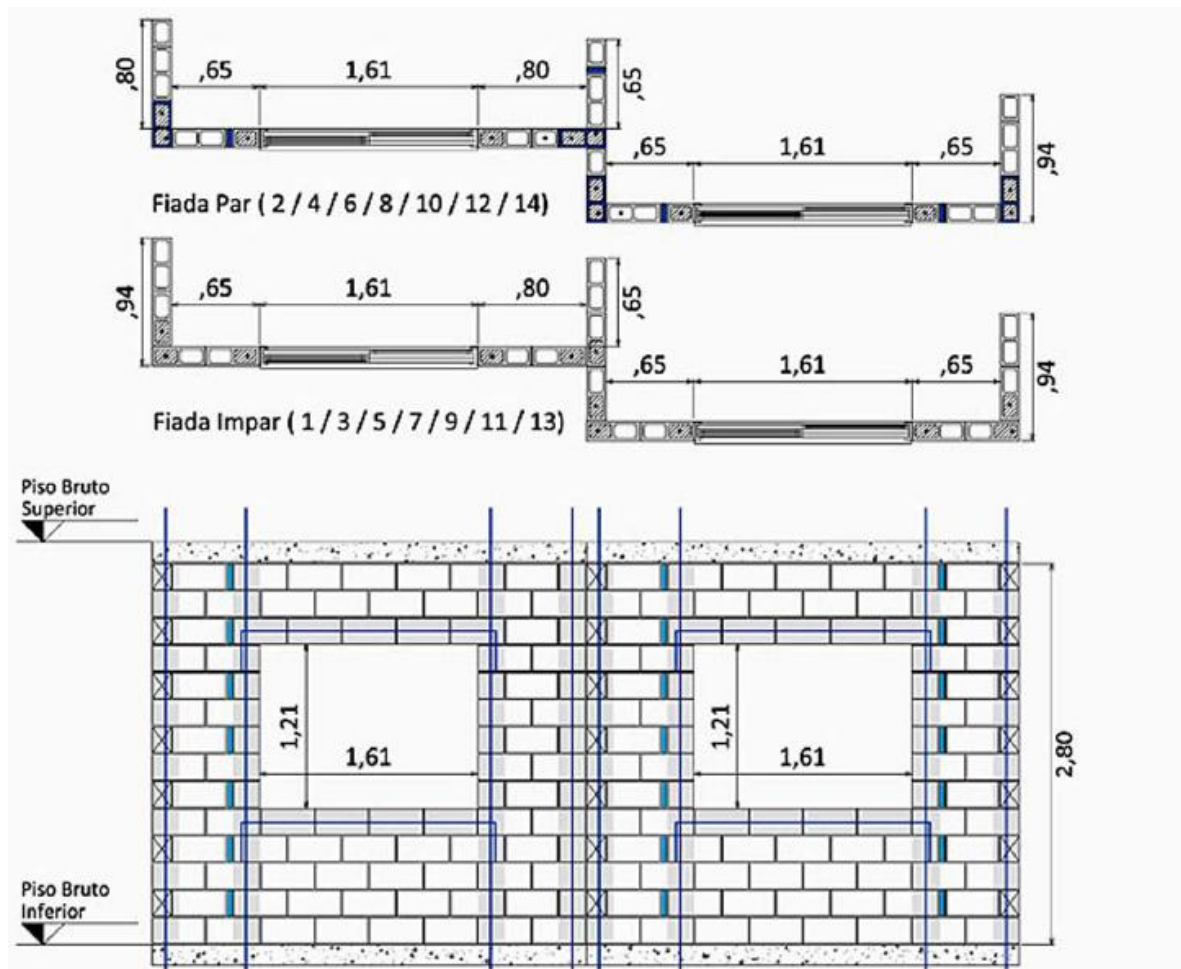


Figura 17 - Alvenaria armada ou parcialmente armada – Tauil e Nese, 2010.

3. Alvenaria protendida: aquela que possui armadura pré-tensionada que submete a alvenaria a esforços de compressão, como representado na figura 18. O procedimento de execução envolve fixar a espera da barra ou cabo de protensão nas fundações, levantar a parede encaixando os furos dos blocos na barra, realizar furos necessários nos blocos canaleta, conectar e proteger os trechos de emenda, seguir dessa forma até a última fiada, após 14 dias de execução da alvenaria e com as barras já engraxadas deve-se aplicar a protensão com um torquímetro, por último é feita a medição e grauteamento. Ressalta-se, no entanto, que como o custo desse tipo de alvenaria é muito elevado ela é pouco utilizada.

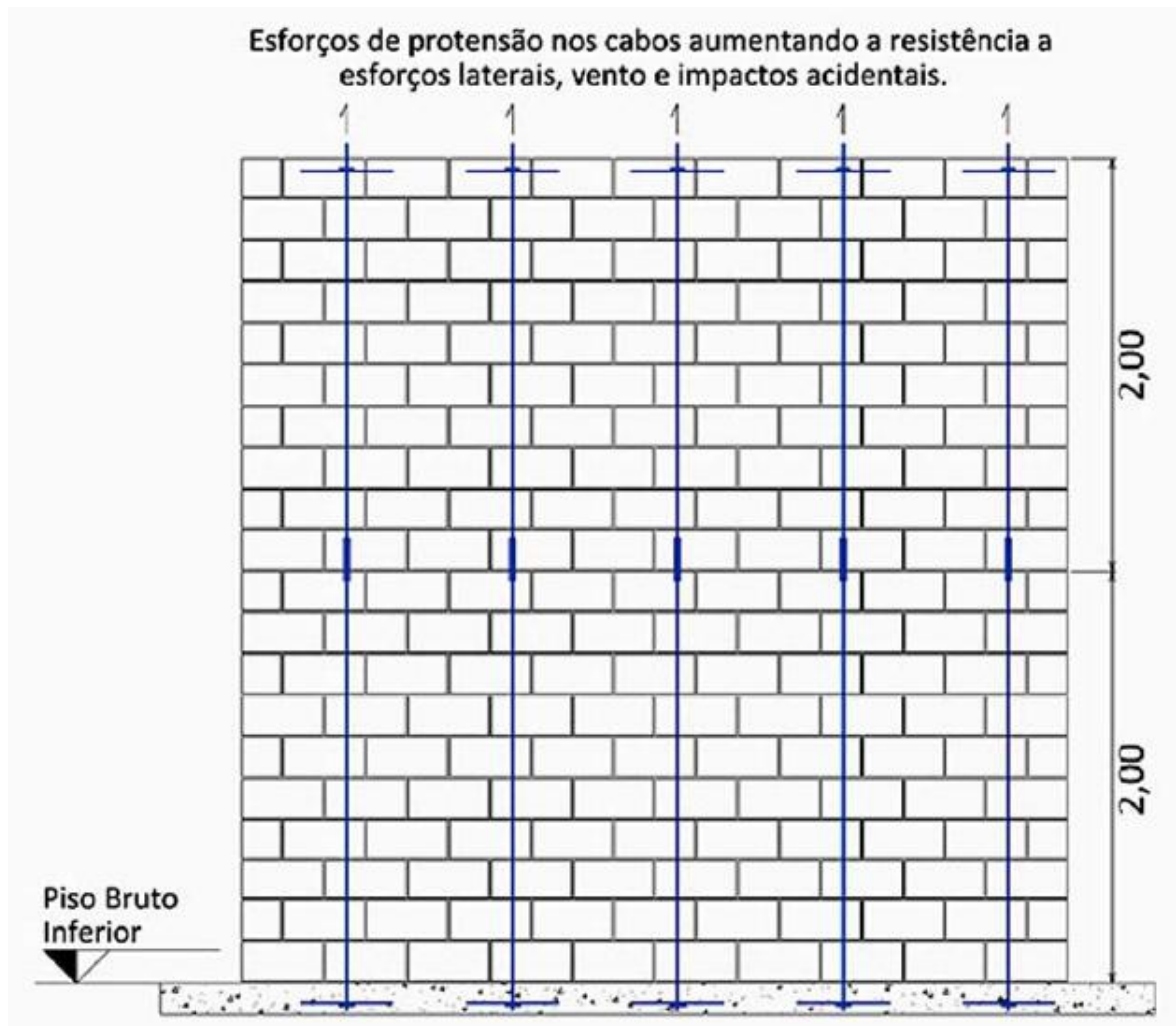


Figura 18- Alvenaria protendida - Tauil e Nese, 2010.

Segundo Ramalho e Corrêa em Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural os principais componentes da alvenaria estrutural são: blocos ou unidades graute e armadura.

3.2.4 Classificação das unidades componentes da Alvenaria Estrutural

As unidades mais utilizadas no Brasil são em concreto, as cerâmicas e sílico-calcárias. Além disso, as unidades podem ser classificadas quanto à forma, divididas em maciça ou vazadas, denominadas tijolos e blocos respectivamente. São maciças as unidades que possuem índices de vazios de no máximo 25% da área total, caso excedido esse limite são vazadas. Classificam-se também as alvenarias quanto à aplicação, podem ser de vedação ou estrutural. Em relação às resistências mínimas a serem resistidas à compressão pelos blocos, em relação à área bruta, é estabelecido pela NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural de forma a obedecer aos seguintes limites:

$f_{bk} > 6 \text{ MPa}$: blocos em paredes externas sem revestimento;

$f_{bk} > 4,5 \text{ MPa}$: blocos em paredes internas ou externas com revestimento.

Assim, só podem ser utilizados blocos de concreto com resistência característica de no mínimo 4,5 MPa. Porém, a NBR 7171 - Bloco Cerâmico para Alvenaria determina que para os blocos portantes cerâmicos a resistência mínima deve ser de 4 MPa.

3.3 Orçamento

3.3.1 Conceito

Segundo MATTOS, 2006 a orçamentação consiste no processo de determinação de um orçamento, o qual envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de diversos itens precedendo a efetiva construção do produto. Um orçamento mal feito pode culminar em prejuízos quanto a custos e prazos. Nessa etapa são determinados os custos prováveis de uma obra.

A realização de uma orçamentação para obras públicas torna-se ainda mais complexa visto que devido à concorrência envolvida nos processos licitatórios, as empresas participantes devem contemplar todos os custos no preço final, garantirem o lucro e serem competitivas na licitação.

Um orçamento é realizado somando-se os custos diretos e os custos indiretos e finalmente adicionando os impostos e o lucro.

As principais utilidades do orçamento são:

- a) Levantar os materiais e serviços;
- b) Obter índices para acompanhamento;
- c) Dimensionar equipes;
- d) Possibilitar revisão de valores e índices;
- e) Realizar de simulações;
- f) Gerar cronogramas físico e financeiro; e
- g) Análiser a viabilidade econômico-financeira;

Para realizar um orçamento, estão envolvidas três etapas:

- **Estudo das condicionantes (condições de contorno)**

Inicialmente, ocorre a leitura e interpretação do projeto e especificações técnicas. Posteriormente, faz-se a leitura e interpretação do edital e finalmente, é realiza-se uma visita técnica ao local da obra para tirar duvidas, levantar dados, fotografar,

avaliar as vias de acesso e disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra.

- **Composição de custos**

Nessa etapa identifica-se os serviços integrantes da obra, levanta-se os quantitativos, discrimina-se os custos diretos (aqueles diretamente associados aos serviços de campo) e indiretos (aqueles que não estão diretamente associados aos serviços de campo, porém, são necessário a execução), além disso, realiza-se a cotação de preços. Ainda nessa fase são definidos os encargos sociais e trabalhistas. As composição de custos, no caso de obras públicas, deve ser preferencialmente referenciada por órgãos oficiais como SINAPI e SICRO.

- **Fechamento do orçamento**

O construtor, baseado na concorrência, risco do empreendimento, entre outros fatores deve definir a lucratividade que deseja obter na obra. Calcular o BDI.

Para construção de um orçamento, MATTOS estabelece o seguinte padrão:

- Mão de obra: visto que a produtividade e os encargos sociais e trabalhistas afetam diretamente a composição de custo.
- Material: uma vez que o preço dos insumos cotados devem ser próximos aos que serão comprados, deve-se estar atento para computar as perdas e reaproveitamentos que impactam diretamente o custo. Além disso, deve-se considerar os impostos a serem pagos.
- Equipamentos: custo horário e a produtividade
- Custos indiretos: pessoal e despesas gerais
- Imprevistos

3.3.2 Orçamento para obras públicas

De acordo com TISAKA, o orçamento a ser elaborado para obra pública deverá conter, de modo fiel e transparente, todos os serviços e/ou materiais a serem aplicados na obra, de acordo com o projeto básico e outros projetos complementares referentes ao objeto da licitação. Deverá também ser elaborado a partir do levantamento dos quantitativos físicos do projeto e da composição dos custos unitários de cada serviço, obedecidas rigorosamente as Leis Sociais e Encargos Trabalhistas e todos os demais Custos Diretos, devidamente planilhados.

É necessário observar na administração pública:

- Cumprimento às regras da Lei nº 8666/93;
- Publicação de editais;
- Divulgação via Internet;
- Atendimento às condições do Edital;
- Não há negociação;
- Decisão pelo menor preço.

Além disso, também afeta o orçamento a escolha do tipo de contratação a ser concretizado. Nos termos da lei de licitações e contratos 8.666/93 tem-se as seguintes possibilidades:

- Empreitada por preços unitários;
- Empreitada por preço global;
- Empreitada integral;

E segundo a lei 12.462:

- I - empreitada por preço unitário;
- II - empreitada por preço global;
- III - contratação por tarefa;
- IV - empreitada integral; ou

V - contratação integrada.

Também é necessário dar especial atenção aos acórdãos, decretos e leis que estabelecem diretrizes para a elaboração de orçamentos.

De acordo com o acórdão 2622/2014 do Tribunal de Contas da União (TCU), foram determinados índices para cálculo do Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), segundo a fórmula a seguir:

$$BDI = \frac{(1 + AC + S + R + G)(1 + DF)(1 + L)}{(1 - I)} - 1$$

Em que:

AC= taxa de administração central

S = taxa de seguros

R = taxa de riscos

G = taxa de garantias

DF = taxa de despesas financeiras

L = taxa de lucro/remuneração

I = taxa de incidência de impostos (PIS, COFINS, ISS)

O BDI é a bonificação, benefício ou lucro, correspondente à remuneração do empreendimento associada ao risco de sua realização.

No caso de obras públicas, conforme determinado pelo Decreto 7.983/2013 no terceiro artigo, “in verbis”:

Art. 3º O custo global de referência de obras e serviços de engenharia, exceto os serviços e obras de infraestrutura de transporte, será obtido a partir das composições dos custos unitários previstas no projeto que integra o edital de licitação, menores ou iguais à mediana de seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - Sinapi,

excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de construção civil.

Parágrafo único. O Sinapi deverá ser mantido pela Caixa Econômica Federal - CEF, segundo definições técnicas de engenharia da CEF e de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Dessa forma, para realizar um orçamento de obras públicas é necessário realizar o levantamento de quantitativos de acordo com os projetos, cadernos de especificações e cadernos de encargos. Em seguida, proceder à cotação de preços conforme determinação do Decreto 7.983/2013. Finalmente, deve-se calcular e aplicar o BDI referente à obra, de acordo com a fórmula do acórdão 2622/2013 e os limites aceitos para esse valor.

4. MÉTODO

Passa-se ao estudo de caso comparando-se os custos de uma mesma obra ora construída em concreto pré-moldado, ora em alvenaria estrutural e concreto armado.

Selecionou-se uma obra pública federal com fins educacionais. Esse edifício será construído em anexo a outro já existente, de forma a aumentar o número de salas e laboratórios dessa unidade. Essa obra foi escolhida, pois engloba os dois sistemas construtivos em análise. Assim, o orçamento que compõe o processo licitatório possui preços com mesma data base dos insumos necessários à estrutura.

Uma vez que as características arquitetônicas são muito distintas nos dois blocos, não seria um comparativo válido contrapor o custo por área de obra de do bloco principal em relação ao de apoio. Como a transposição do bloco em alvenaria estrutural para pré-moldado envolveria um novo projeto estrutural, além de cotação específica das peças dimensionadas, e a transposição do bloco em alvenaria estrutural implicaria apenas em novo projeto, visto que os insumos podem ser reaproveitados da cotação pré-existente, optou-se por transpor o primeiro bloco, de concreto pré-moldado para alvenaria estrutural.

Realizou-se parceria com o escritório Serranegra Engenharia Ltda., responsável pelo projeto de alvenaria estrutural, para elaborar a solução alternativa em alvenaria estrutural e concreto armado para o sistema previamente determinado como em pré-moldado.

Saliento ainda que o estudo em análise não avaliará o impacto do novo dimensionamento da estrutura na fundação, nem mesmo possíveis alterações para determinação do acabamento. O comparativo estará restrito às fase de estrutura e fundação da edificação.

Considerando a premissa que o orçamento base foi realizado para uma obra pública seguindo as determinações da Lei 8.666/93 – Lei de Licitações e Contratos da Administração Públicas, o orçamento a ser realizado em relação à nova proposta também deverá seguir as mesmas determinações.

Inicialmente realizou-se o levantamento de quantitativos, segundo a nova estrutura, valendo-se de planilha de Excel. Posteriormente, lançou-se no software RMOrc, o mesmo adotado pelo órgão público em seus orçamentos. Em seguida montou-se um mapa de coleta de preços em que foram adotados todos os preços já existentes no processo. Nos casos de inexistência de algum item no mapa de coleta base, fez-se estudo como determinado no Decreto 7.983/2013, e posteriormente reajustou-se o valor encontrado conforme o INCC, para a data base do orçamento já existente.

5. ESTUDO DE CASO

Para estudo de caso selecionou-se obra pública federal com fins educacionais. Foram omitidos alguns dados de forma preservar a Universidade em questão, bem como os envolvidos no processo de licitação, porém esses elementos não afetarão o estudo. Segundo o memorial descritivo de arquitetura, o empreendimento em questão:

tem o objetivo geral de atender às crescentes demandas de espaço físico verificada (...), principalmente resultantes da ampliação das vagas decorrentes da adesão (...) ao Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI). É uma edificação destinada às atividades práticas e laboratoriais do ensino de graduação (...). Conforme apresentado na figura 19 esse prédio será anexado a um prédio já existente, portanto vamos nomeá-lo anexo.



Figura 19 - Localização da obra no Campus

No bloco principal estão situadas as salas de aula e laboratórios, já no bloco de apoio, o qual será conectado ao prédio existente estão localizadas as escadas, elevadores e passarelas de conexão. Como premissa arquitetônica tem-se o

primeiro bloco em concreto pré-moldado e o segundo em alvenaria estrutural, conforme figura 20 a seguir.



Figura 20 - Maquete da obra

A obra desse anexo possui área de 4.777,12 m² distribuídos em cinco pavimentos e dois blocos. Essa edificação será composta pelos seguintes ambientes:

Primeiro pavimento (pavimento térreo):

Saguão

02 sanitários, feminino e masculino, com 8,70m² cada.

01 sanitário masculino para PNE 2,97m².

01 sanitário feminino para PNE 3,02m².

01 DML 3,12m².

01 sala técnica 4,46m².

01 copa para os funcionários, com 34,04m².

08 laboratórios de preparação de aula, com 33,37 m² cada, destinadas a dar suporte às práticas didáticas. Serão dotadas de instalações elétricas, hidrossanitárias, lógica, gás, ar comprimido etc., assim como indicado em projeto.

01 sala controlada de escaninhos, com 33,37m², destinada a armazenar os pertences dos alunos durante as práticas que não possibilitem a entrada de materiais externa aos laboratórios.

02 laboratórios de aulas práticas, com 67,5m² e 91,5m² respectivamente, separados por divisórias retráteis conforme indicado em planta e dotados de instalações elétricas, hidrossanitárias e de lógica de acordo com as indicações em planta.

Segundo, terceiro, quarto e quinto pavimentos.

02 sanitários, feminino e masculino, com 8,70m² cada.

01 sanitário masculino para PNE 2,97m²

01 sanitário feminino para PNE 3,02m²

01 DML 3,12m²

01 sala técnica 4,46m²

05 laboratórios de aulas práticas com 67,5m² e capacidade para 38 alunos cada.

02 laboratórios de aulas práticas com 91,5m² e capacidade para 48 alunos cada.

O processo licitatório iniciado em 2014, publicado em regime de empreitada por preço global, engloba apenas a etapa de fundação e estrutura. Neste sentido, o estudo comparativo ora realizado teve como escopo apenas essa etapa. O orçamento da obra prevê um custo total de R\$ 7.351.770,19 (sete milhões, trezentos e cinquenta e um mil, setecentos e setenta reais e dezenove centavos), correspondente ao bloco em alvenaria estrutural e ao bloco em pré-moldado, conforme proposta inicial do projeto arquitetônico (Anexo I).

De acordo com o memorial descritivo da obra temos que:

A proposta arquitetônica constitui-se numa nova tipologia construtiva para as edificações da Universidade, concebida como um meta-projeto que se fundamenta no uso de soluções construtivas industrializadas e moduladas. Essa estratégia tende a reduzir significativamente o tempo de construção, garantindo a utilização racional dos materiais, diminuindo a geração de resíduos e, conseqüentemente, reduzindo o impacto ambiental da fase de construção. Graças à precisão dimensional propiciada pela pré-fabricação e

pela modulação estrutural, obtém-se uma coordenação dimensional de todos os elementos subsequentes à estrutura portante.

[...]

Na parte destinada às práticas laboratoriais – o pavilhão de laboratórios - adotou-se o sistema estrutural em concreto pré-fabricado (pilares, vigas e lajes alveolares protendidas), gerando pavimentos corridos sem vigas nos eixos intermediários da estrutura favorecendo, assim, a livre disposição de instalações e divisões internas. Isso propicia uma grande flexibilidade no uso dos laboratórios, pois estes podem ser agrupados de acordo com o tamanho das turmas, conforme a necessidade das diversas disciplinas ministradas [...].

Entende-se que há racionalização e modulação quando adotados ambos os sistema construtivos, pré-moldado e alvenaria estrutural, dessa forma, atende essas premissas arquitetônicas. Além disso, em ambos ocorre a redução nos quantitativos de materiais, madeira principalmente, e consequentemente geram menos resíduos. Ressalta-se ainda, que como já existe um bloco em alvenaria estrutural a ser construído, pode-se manter o cronograma estabelecido para obra. Porém, nova concepção com o bloco principal em alvenaria perde-se a flexibilidade solicitada no memorial descritivo.

Para realizar um estudo comparativo completo e mais próximo à realidade, é necessário realizar três análises:

Inicialmente, será comparado o custo da estrutura pré-moldada segundo as premissas arquitetônicas e projetos utilizados na licitação, ou seja, com flexibilidade e sem vedação em relação ao custo da estrutura em alvenaria estrutura sem flexibilidade, porém com vedação.

Posteriormente, para segunda análise será calculado o custo da perda da flexibilidade, visto que, foi disponibilizada por uma empresa de pré-moldados uma proposta comercial, caso não fosse necessária à flexibilização. A empresa propôs a utilização de vigas em eixos intermediários ou uma nova faixa de pilares. Esse custo será chamado de custo da flexibilização. Assim, será possível comparar o

custo da estrutura pré-moldada sem flexibilidade e sem vedação à alvenaria estrutural sem flexibilização, porém com vedação.

Finalmente, como não temos o projeto executivo arquitetônico com as definições de acabamento e as especificações das alvenarias ou fechamentos a serem instalados, utilizaremos nessa terceira análise, vedação em blocos de concreto não estrutural. Esses blocos são mais baratos que os estruturais e já estão cotados na planilha da administração. Justifica-se ainda essa utilização, pois, ambos os sistemas teriam o mesmo aspecto final estético, térmico e acústico além demandarem os mesmos serviços para acabamento.

Ressalta-se que não foram feitas alterações nos blocos de apoios e nas instalações. Essa planilhas não foram anexadas, pois não impactam no estudo a ser realizado.

5.1 Primeira Comparação

Proposta inicial (licitada):

A tabela 2 apresenta o quadro resumo da obra conforme licitação. Esse valor engloba a administração local, as etapas de terraplanagem, fundação e estrutura bem como as instalações para os dois blocos da obra: principal e de apoio. O custo total previsto na licitação para esse empreendimento foi de R\$7.351.770,19 (sete milhões trezentos e cinquenta e um mil, setecentos e setenta reais e dezenove centavos). A planilha de serviços detalhada referente à estrutura e fundação encontra-se no Anexo III. É apresentado pela tabela 2 a seguir, o resumo do custo da obra, separada a parcela referente ao material, mão de obra e LDI, bem como o custo pela área da obra.

Tabela 2- Quadro resumo do custo da obra em pré-moldado

Item	Obra	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	Custo Direto Material + Mão de Obra	LDI	Custo Final da Obra	Área (m2)	Total (R\$) / m2
01	Administração da Obra	179,310.89	456,916.40	636,227.29	158,385.21	794,612.50	4,777.12	166.34
02	Terraplenagem, fundações e estrutura	4,941,652.67	520,084.37	5,461,737.04	1,053,950.33	6,515,687.37	4,777.12	1,363.94
05	Instalações	19,302.58	13,907.23	33,209.81	8,260.51	41,470.32	4,777.12	8.68
Total Geral		5,140,266.14	990,908.00	6,131,174.14	1,220,596.05	7,351,770.19	4,777.12	1,538.95

Esse custo é o somatório do custo das etapas da obra, relacionados na tabela 3, extraídas do processo licitatório, essa planilha apresenta a análise dos custos inclusive o preço por m² e o percentual do custo de cada item no total da obra, bem como o percentual acumulado.

Tabela 3 - Análise de custos da obra em pré-moldado

Item	Obra	Total Geral			
		Custo da Etapa	Custo / m2	%	% Acumul.
01	Instalação do Canteiro	237,697.44	49.76	3.23	3.23
02	Implantação da Obra	33,949.55	7.11	0.46	3.69
03	Movimento de Terra	32,347.07	6.77	0.44	4.13
06	Fundações Indiretas / Profundas	394,550.14	82.59	5.37	9.50
07	Fundações Diretas / Superficiais	513,655.68	107.52	6.99	16.49
08	Estrutura	5,221,708.56	1,093.07	71.03	87.52
09	Alvenarias	207,090.32	43.35	2.82	90.33
11	Impermeabilizações	109,950.05	23.02	1.50	91.83
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA	41,470.32	8.68	0.56	92.39
35	Limpeza / Bota Fora	2,436.00	0.51	0.03	92.42
38	Desmobilização da Obra	2,805.83	0.59	0.04	92.46
50	Administração Local	497,675.96	104.18	6.77	99.23
52	EPI e Ferramentas	28,061.76	5.87	0.38	99.61
53	Equipamentos	7,777.32	1.63	0.11	99.72
54	Despesas Diversas	12,205.56	2.56	0.17	99.89
55	Serviços Técnicos	8,388.63	1.76	0.11	100.00
Total Geral		7,351,770.19	1,538.95	100.00	100.00

Proposta em alvenaria estrutural:

A nova concepção estrutural encontra-se no Anexo II e foi realizada pelo escritório Serranegra Engenharia, mesmo escritório que elaborou o projeto do bloco de apoio em alvenaria estrutural. Essa será a base para elaboração do novo orçamento. A estrutura foi concebida em lajes em concreto armado com altura de 20 cm na parte interna do prédio. Essa altura em relação ao pré-moldado é 18 cm menor, visto que as lajes alveolares previam altura de 32 cm e capeamento de 6 cm. Para as lajes em balanço utilizou-se altura de 12 cm. Os vãos entre as alvenarias foram 7,61cm e os blocos utilizados para as paredes estruturais foram da família de 20 cm e de 14 cm para paredes não estruturais. Foram utilizadas vergas sob as janelas. Em relação às fundações observa-se um alívio de tensões, consequentemente redução no número de estacas, e nas dimensões dos blocos, a transmissão dos esforços da estrutura se dá por meio de cintas, diferente do ocorrido na outra concepção.

Para realização desse novo orçamento utilizou-se o mesmo software, RMOrc e baseou-se nas premissas orçamentárias indicadas pela Caderno de Encargos de Orçamentos referente à obra. A partir dos quantitativos fornecidos pelo escritório Serranegra Engenharia e os levantamentos realizados, foram geradas as planilhas orçamentárias. A planilha de serviços que sofrerá maior alteração refere-se à estrutura e fundações e encontra-se no Anexo IV. Ressalta-se que as composições de custo utilizadas foram às contidas no processo licitatório. Assim, como no orçamento original foram geradas as tabelas 4 e 5 com o resumo de custos e a análise de custos para essa nova concepção.

Tabela 4 - Resumo de custos (Alvenaria Estrutural)

Item	Obra	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	Custo Direto Material + Mão de Obra	LDI	Custo Final da Obra	Área (m2)	Total (R\$) / m2
01	Administração da Obra	198,192.32	456,916.41	655,108.73	162,677.31	817,786.04	4,777.12	171.19
02	Terraplenagem, fundações e estrutura	1,919,668.45	942,883.94	2,862,552.39	689,598.57	3,552,150.96	4,777.12	743.58
05	Instalações	19,302.58	13,907.23	33,209.81	8,239.61	41,449.42	4,777.12	8.68
Total Geral		2,137,163.35	1,413,707.58	3,550,870.93	860,515.49	4,411,386.42	4,777.12	923.44

Tabela 5 - Análise de Custos (Alvenaria Estrutural)

Item	Obra	Total Geral			
		Custo da Etapa	Custo / m2	%	% Acumul.
01	Instalação do Canteiro	237,577.50	49.73	5.39	5.39
02	Implantação da Obra	33,704.07	7.06	0.76	6.15
03	Movimento de Terra	32,335.76	6.77	0.73	6.88
06	Fundações Indiretas / Profundas	280,861.27	58.79	6.37	13.25
07	Fundações Diretas / Superficiais	289,624.85	60.63	6.57	19.81
08	Estrutura	2,167,939.30	453.82	49.14	68.96
09	Alvenarias	642,126.70	134.42	14.56	83.52
11	Impermeabilizações	103,124.21	21.59	2.34	85.85
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA	41,449.42	8.68	0.94	86.79
35	Limpeza / Bota Fora	2,434.80	0.51	0.06	86.85
38	Desmobilização da Obra	2,804.16	0.59	0.06	86.91
50	Administração Local	497,431.04	104.13	11.28	98.19
52	EPI e Ferramentas	44,258.74	9.26	1.00	99.19
53	Equipamentos	7,773.66	1.63	0.18	99.37
54	Despesas Diversas	12,199.72	2.55	0.28	99.64
55	Serviços Técnicos	15,741.22	3.30	0.36	100.00
Total Geral		4,411,386.42	923.44	100.00	100.00

5.2 Segunda Comparação

De acordo com proposta enviada por uma das empresas de pré-moldado contatadas, temos que a estrutura com a flexibilização custaria 3% mais do que uma estrutura sem flexibilização. Foi sugerido um aumento do número de pilares ou a utilização de vigas nos eixos intermediários. Porém, a proposta não atendia a demanda do órgão licitante.

Dessa forma, para realizar o estudo, aplicou-se um desconto de 3% no custo do serviço de pré-moldado. Esse valor foi alterado na composição de custo da estrutura pré-moldada e conseqüentemente na planilha de serviços (Anexo V). Assim gerou-se uma nova planilha resumo (tabela 6) e outra planilha de análise de custos (tabela 7).

Tabela 6 – Resumo de custos (Pré-moldado sem flexibilização)

Item	Obra	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	Custo Direto Material + Mão de Obra	LDI	Custo Final da Obra	Área (m2)	Total (R\$) / m2
01	Administração da Obra	179.310,89	456.916,40	636.227,29	158.385,21	794.612,50	4.777,12	166,34
02	Terraplenagem, fundações e estrutura	4.820.164,55	520.084,37	5.340.248,92	1.033.253,03	6.373.501,95	4.777,12	1.334,17
05	Instalações	19.302,58	13.907,23	33.209,81	8.260,51	41.470,32	4.777,12	8,68
Total Geral		5.018.778,02	990.908,00	6.009.686,02	1.199.898,75	7.209.584,77	4.777,12	1.509,19

É possível observar na tabela 7, que se comparado à tabela 3, apenas o tem 08 Estrutura teve o custo alterado pela modificação na concepção e premissas arquitetônicas referentes à flexibilização.

Tabela 7 - Análise de custos (Pré-moldado sem flexibilização)

Item	Obra	Total Geral			
		Custo da Etapa	Custo / m2	%	% Acusou.
01	Instalação do Canteiro	237.697,44	49,76	3,30	3,30
02	Implantação da Obra	33.949,55	7,11	0,47	3,77
03	Movimento de Terra	32.347,07	6,77	0,45	4,22
06	Fundações Indiretas / Profundas	394.550,14	82,59	5,47	9,69
07	Fundações Diretas / Superficiais	513.655,68	107,52	7,12	16,81
08	Estrutura	5.079.523,14	1.063,30	70,46	87,27
09	Alvenarias	207.090,32	43,35	2,87	90,14
11	Impermeabilizações	109.950,05	23,02	1,53	91,67
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA.	41.470,32	8,68	0,58	92,24
35	Limpeza / Bota Fora	2.436,00	0,51	0,03	92,28
38	Desmobilização da Obra	2.805,83	0,59	0,04	92,31
50	Administração Local	497.675,96	104,18	6,90	99,22
52	EPI e Ferramentas	28.061,76	5,87	0,39	99,61
53	Equipamentos	7.777,32	1,63	0,11	99,71
54	Despesas Diversas	12.205,56	2,56	0,17	99,88
55	Serviços Técnicos	8.388,63	1,76	0,12	100,00
Total Geral		7.209.584,77	1.509,19	100,00	100,00

5.3 Terceira Comparação

Para realizar a terceira comparação foi necessário levantar os quantitativos referentes às alvenarias necessárias para vedação. Como explicado anteriormente, foram utilizados blocos de concreto para que o acabamento a ser utilizado demandasse os mesmos serviços e dessa forma a edificação ficou com o mesmo com as mesmas condições térmicas e acústicas. Como esses blocos não teriam função estrutural utilizou-se blocos não estruturais, os quais apresentam menor custo.

Posteriormente, a partir da planilha de serviços montada (Anexo VI) foi possível exportar a tabela 8, com o resumo de custos da edificação construída em estrutura pré-fabricada, sem que fosse necessária a flexibilização e com vedação em blocos de concreto.

Tabela 8 - Resumo dos custos (Pré-moldado sem flexibilização e com vedação)

Item	Obra	Material (R\$)	Mão de Obra (R\$)	Custo Direto Material + Mão de Obra	LDI	Custo Final da Obra	Área (m ²)	Total (R\$) / m ²
01	Administração da Obra	181.675,26	456.916,40	638.591,66	159.096,13	797.687,79	4.777,12	166,98
02	Terraplenagem, fundações e estrutura	5.012.386,82	595.616,85	5.608.003,67	1.090.746,15	6.698.749,82	4.777,12	1.402,26
05	Instalações	19.302,58	13.907,23	33.209,81	8.269,13	41.478,94	4.777,12	8,68
	Total Geral	5.213.364,66	1.066.440,48	6.279.805,14	1.258.111,41	7.537.916,55	4.777,12	1.577,92

Foi gerada a partir desse novo orçamento a tabela 9, contendo a análise de custos para essa nova situação. O valor final encontrado, referente ao somatório dos serviços e da administração para essa obra caso construída em pré-moldado deduzido o custo de flexibilização e somado o custo das alvenarias de vedação foi R\$ 7.537.916,55 (sete milhões quinhentos e trinta e sete mil novecentos e dezenove mil reais e cinquenta e cinco centavos).

Tabela 9 - Análise de Custos (Pré-moldado sem flexibilização e com vedação)

Item	Obra	Total Geral			
		Custo da Etapa	Custo / m2	%	% Acumul.
01	Instalação do Canteiro	237.733,50	49,77	3,15	3,15
02	Implantação da Obra	33.954,29	7,11	0,45	3,60
03	Movimento de Terra	32.360,08	6,77	0,43	4,03
06	Fundações Indiretas / Profundas	394.598,19	82,60	5,23	9,27
07	Fundações Diretas / Superficiais	513.697,67	107,53	6,81	16,08
08	Estrutura	5.221.905,72	1.093,11	69,28	85,36
09	Alvenarias	389.835,43	81,60	5,17	90,53
11	Impermeabilizações	109.962,04	23,02	1,46	91,99
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA	41.478,94	8,68	0,55	92,54
35	Limpeza / Bota Fora	2.436,40	0,51	0,03	92,57
38	Desmobilização da Obra	2.806,00	0,59	0,04	92,61
50	Administração Local	497.752,72	104,20	6,60	99,21
52	EPI e Ferramentas	31.020,74	6,49	0,41	99,62
53	Equipamentos	7.778,64	1,63	0,10	99,73
54	Despesas Diversas	12.207,56	2,56	0,16	99,89
55	Serviços Técnicos	8.388,63	1,76	0,11	100,00
Total Geral		7.537.916,55	1.577,92	100,00	100,00

6. RESULTADOS

6.1 Primeira Comparação

A partir dos dados obtidos foram extraídos das tabelas 3 e 5 o custo referente a cada macroatividade para estrutura pré-moldada e Alvenaria Estrutural respectivamente. Ao compararmos os valores contidos na tabela 10, é possível observar que para os itens Alvenarias, EPI e Ferramentas e Serviços Técnicos a alvenaria estrutural apresentou custos mais elevados, porém em todos os outros itens o pré-moldado mostrou-se mais caro. Em relação ao custo final do empreendimento temos que caso o sistema construtivo da edificação em pré-moldado (sem vedação) seja substituído por alvenaria estrutural, de forma a perder a flexibilidade a economia será de 40% o equivalente a R\$ 2.940.383,77.

Tabela 10 - Comparativo entre custo em Pré-Moldado e em Alvenaria Estrutural

Item	Obra	Pré-Moldado	Alvenaria Estrutural	Comparativo	
				Diferença do custo	Diferença %
01	Instalação do Canteiro	237,697.44	237,577.50	119.94	0%
02	Implantação da Obra	33,949.55	33,704.07	245.48	1%
03	Movimento de Terra	32,347.07	32,335.76	11.31	0%
06	Fundações Indiretas / Profundas	394,550.14	280,861.27	113,688.87	29%
07	Fundações Diretas / Superficiais	513,655.68	289,624.85	224,030.83	44%
08	Estrutura	5,221,708.56	2,167,939.30	3,053,769.26	58%
09	Alvenarias	207,090.32	642,126.70	-435,036.38	-210%
11	Impermeabilizações	109,950.05	103,124.21	6,825.84	6%
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA	41,470.32	41,449.42	20.90	0%
35	Limpeza / Bota Fora	2,436.00	2,434.80	1.20	0%
38	Desmobilização da Obra	2,805.83	2,804.16	1.67	0%
50	Administração Local	497,675.96	497,431.04	244.92	0%
52	EPI e Ferramentas	28,061.76	44,258.74	-16,196.98	-58%
53	Equipamentos	7,777.32	7,773.66	3.66	0%
54	Despesas Diversas	12,205.56	12,199.72	5.84	0%
55	Serviços Técnicos	8,388.63	15,741.22	-7,352.59	-88%
Total Geral		7,351,770.19	4,411,386.42	2,940,383.77	40%

6.2 Segunda Comparação

Após aplicarmos a economia proposta pela empresa de pré-moldado equivalente a 3% em relação a esse serviço ao valor cotado e em seguida lançarmos na composição de custo e na planilha orçamentária o valor encontrado para essa nova planilha é de R\$ 7.209.584,77 .

Como o valor da planilha original era de R\$7.351.770,19 calculamos a diferença e chamamos esse valor de custo da flexibilização. Esse custo foi de R\$ 142.185,42 o que representa aproximadamente 2% Conforme demonstrado na tabela XXX a seguir.

Tabela 11 - Custo da Flexibilização

Planilha de pré-moldado com flexibilização	Planilha de pré-moldado sem flexibilização	Custo da Flexibilização	
7,351,770.19	7,209,584.77	142,185.42	2%

Esse valor foi deduzido da planilha orçamentária e temos como novo valor para o empreendimento 7.209.584,77. Dessa forma, se compararmos a diferença do da obra construída em alvenaria estrutural ao pré-moldado sem a flexibilização e sem alvenarias, temos uma economia de 39%, equivalente a R\$2.940.383,77. Observa-se que ainda que haja uma economia com a retirada da flexibilização esse redução à diferença do custo ao adotar o sistema em alvenaria estrutural é mais vantajosa.

Assim como observado na tabela 10, ocorre na tabela 11 um custo mais elevado para concepção em Alvenaria Estrutural nos itens Alvenarias, EPI e Ferramentas e Serviços Técnicos, porém, em todos os outros itens o Pré-moldado mostrou-se mais caro.

Tabela 12 - Comparativo entre custo em Pré-Moldado sem flexibilização e em Alvenaria Estrutural

Item	Obra	Pré-Moldado Sem Flexibilização	Alvenaria Estrutural	Comparativo	
				Diferença do custo	Diferença %
01	Instalação do Canteiro	237.697,44	237.577,50	119,94	0%
02	Implantação da Obra	33.949,55	33.704,07	245,48	1%
03	Movimento de Terra	32.347,07	32.335,76	11,31	0%
06	Fundações Indiretas / Profundas	394.550,14	280.861,27	113.688,87	29%
07	Fundações Diretas / Superficiais	513.655,68	289.624,85	224.030,83	44%
08	Estrutura	5.079.523,14	2.167.939,30	2.911.583,84	57%
09	Alvenarias	207.090,32	642.126,70	-435.036,38	-210%
11	Impermeabilizações	109.950,05	103.124,21	6.825,84	6%
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA	41.470,32	41.449,42	20,90	0%
35	Limpeza / Bota Fora	2.436,00	2.434,80	1,20	0%
38	Desmobilização da Obra	2.805,83	2.804,16	1,67	0%
50	Administração Local	497.675,96	497.431,04	244,92	0%
52	EPI e Ferramentas	28.061,76	44.258,74	-16.196,98	-58%
53	Equipamentos	7.777,32	7.773,66	3,66	0%
54	Despesas Diversas	12.205,56	12.199,72	5,84	0%
55	Serviços Técnicos	8.388,63	15.741,22	-7.352,59	-88%
	Total Geral	7.209.584,77	4.411.386,42	2.940.383,77	39%

6.3 Terceira Comparação

A partir dos dados obtidos extraímos das tabelas 3 e 9 o custo referente a cada macroatividade para estrutura Pré-moldada sem flexibilização com vedação e a Alvenaria Estrutural respectivamente e geramos a tabela comparativa 13. É possível observar que para os itens Alvenarias, EPI e Ferramentas e Serviços Técnicos a alvenaria estrutural apresentou custos mais elevados, porém em todos os outros itens o pré-moldado mostrou-se mais caro. Temos que caso o sistema construtivo da edificação em Pré-moldado sem flexibilização com vedação seja substituído por alvenaria estrutural a economia será de 41% o equivalente a 2.940.383,77.

Tabela 13 - Comparativo entre custo em Pré-Moldado sem flexibilização com vedação e em Alvenaria Estrutural

Item	Obra	Pré-Moldado Sem Flexibilização e Com Vedação	Alvenaria Estrutural	Comparativo	
				Diferença do custo	Diferença %
01	Instalação do Canteiro	237.733,50	237.577,50	156,00	0%
02	Implantação da Obra	33.954,29	33.704,07	250,22	1%
03	Movimento de Terra	32.360,08	32.335,76	24,32	0%
06	Fundações Indiretas / Profundas	394.598,19	280.861,27	113.736,92	29%
07	Fundações Diretas / Superficiais	513.697,67	289.624,85	224.072,82	44%
08	Estrutura	5.221.905,72	2.167.939,30	3.053.966,42	58%
09	Alvenarias	389.835,43	642.126,70	-252.291,27	-65%
11	Impermeabilizações	109.962,04	103.124,21	6.837,83	6%
27	Instalações Elétricas, de Cabeamento Estruturado e SPDA	41.478,94	41.449,42	29,52	0%
35	Limpeza / Bota Fora	2.436,40	2.434,80	1,60	0%
38	Desmobilização da Obra	2.806,00	2.804,16	1,84	0%
50	Administração Local	497.752,72	497.431,04	321,68	0%
52	EPI e Ferramentas	31.020,74	44.258,74	-13.238,00	-43%
53	Equipamentos	7.778,64	7.773,66	4,98	0%
54	Despesas Diversas	12.207,56	12.199,72	7,84	0%
55	Serviços Técnicos	8.388,63	15.741,22	-7.352,59	-88%
	Total Geral	7.537.916,55	4.411.386,42	2.940.383,77	41%

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os custos do empreendimento são impactados pelas etapas de construções, dessa forma, é necessário listar as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas construtivos, alvenaria estrutural e concreto pré-moldado de forma a identificar em quais etapas ocorreram reduções ou aumentos de custos.

6.1 Fundações:

Em relação às fundações diretas observa-se uma economia de 44% e nas fundações indiretas a economia é de 29% da alvenaria estrutural em relação ao pré-moldado.

No caso das estruturas de concreto pré-moldado as cargas das lajes são conduzidas para as vigas, as quais transferem os esforços, somados aos dos seus carregamentos específicos (paredes de vedação e eventuais reações de vigas secundárias), para os pilares e, por fim, de forma pontual para as fundações. Assim, as cargas distribuídas e concentradas dos prédios comuns acabam, no caso de fundações em sapatas, por se distribuírem em pequenas superfícies, originando no solo tensões relativamente elevadas.

Já nas estruturas em alvenaria estrutural as paredes, por serem resistentes, absorvem os esforços e assim, todas as cargas acabam por se distribuírem em superfícies maiores, nesse caso, cintas ou vigas baldrame que possuem seções reduzidas devido ao aproveitamento da rigidez da parede que é resistente, assim a capacidade resistente das estacas é mais bem aproveitada resultando em baixas tensões no solo. Dessa forma o quantitativo de materiais necessários para execução dessa etapa é reduzido e consequentemente o custo também.

6.2 Fôrmas

No caso da estrutura pré-moldada a utilização de fôrmas é bastante reduzida, principalmente para execução da estrutura, visto que as lajes, pilares e vigas geralmente só precisam ser montadas. Porém, em estruturas que possuem seção parcial, nas quais são necessários elementos compostos, por vezes é necessária a utilização de algumas fôrmas. Essas também podem estar presentes nas fundações, assim como em estruturas convencionais e de alvenaria estrutural.

Na alvenaria estrutural as fôrmas podem inexistir, dispensando-se totalmente o uso da madeira, a não ser quando a opção é pela execução de lajes moldadas “in loco”, como utilizado nesse estudo de caso. Porém, ainda assim, há um ganho da redução do escoramento, pelo aproveitamento das paredes como apoio parcial das formas. Numa obra comum de concreto armado a madeira corresponde a quase 50 % do preço do concreto empregado, ou seja, cerca de 12 % do custo total.

Esses dois sistemas construtivos são vantajosos em relação aos sistemas convencionais. Porém não é possível mensurar a diferença do custo entre eles visto que as estruturas pré-moldadas são entregues na obra apenas para montagem. O custo das fôrmas já está para esse serviço embutido no valor da estrutura.

Ressaltamos que essa possibilidade de reaproveitamento de fôrmas das estruturas pré-moldadas e da redução de fôrmas devido à redução ou até mesmo eliminação das vigas e pilares é um diferencial de ambas a estruturas, principalmente no que tange a diminuição do entulho de construção gerado. Esse valor também é computado no valor da obra. Além disso, é uma melhoria ambiental a ser avaliada e incentivada.

6.3 Armadura

As estruturas pré-moldada apresentam as armações posicionadas nas peças durante a execução nas fábricas, antes da montagem. Apenas as armações para realização de ligações (figura 21) e as telas para capeamento das lajes serão necessárias. Assim apresenta um baixo custo com material e com mão de obra para execução desse serviço.

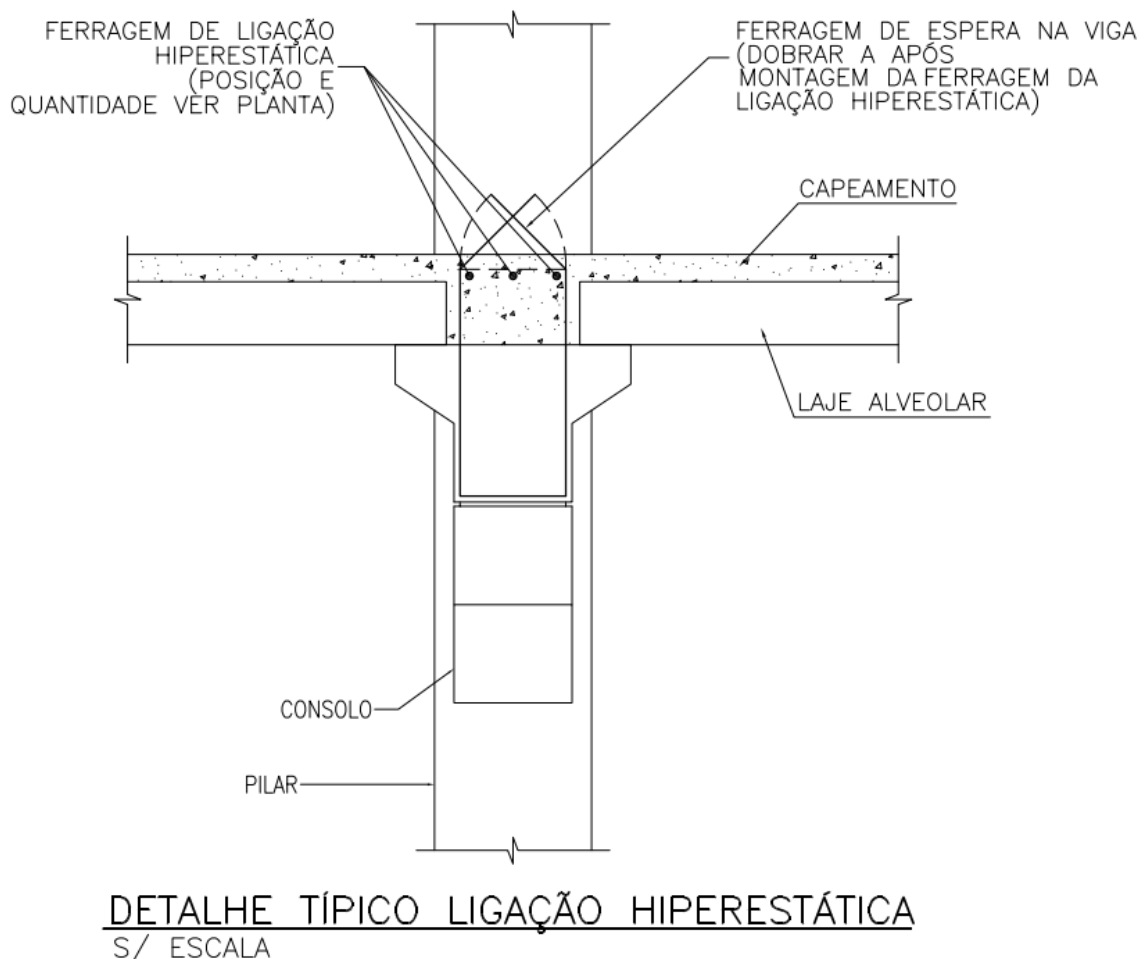


Figura 21 - Ligações hiperestáticas - Fonte: Precon Engenharia

Na alvenaria estrutural as armaduras podem ser apenas construtivas e de amarração, ou seja, apresentam baixo quantitativo comparada a estruturas convencionais. Quando necessárias, geralmente são retas, sem ganchos ou

dobras, na sua grande maioria. Geralmente envoltas por graut, estão localizadas embaixo das janelas, sob as portas e ao lado dos vãos, além disso, quando necessário para acréscimo de resistência. Como a quantidade de aço necessária é baixa o valor do material é reduzido e o custo associado a esse serviço também, visto que será necessário menos corte e dobra, além da mão de obra.

O item 33 SERVIÇOS TÉCNICOS referente à Controle tecnológico do concreto e Ensaio de aço, apresentou para a alvenaria estrutural o aumento de 88% em relação ao pré-moldado. Essa diferença porém, não representa o aumento real ocorrido, visto que o concreto e aço orçados para a estrutura pré-moldada incluem apenas o capeamento das lajes, as fundações, telas e ligações hiperestáticas. Como a empresa de pré-moldado não disponibiliza em sua proposta comercial os quantitativos de aço e concreto utilizados para fabricação de suas peças não é possível comparar o aumento real ocorrido.

6.4 Mão de Obra:

A Alvenaria Estrutural não exige mão de obra especializada devido à simultaneidade das etapas de execução, a qual induz à polivalência do operário através de relativamente fácil treinamento, na medida em que o pedreiro executa a alvenaria, ele próprio, por exemplo, pode colocar a ferragem e eletrodutos nos vazados dos blocos, podendo ainda deixar instaladas peças pré-moldadas como vergas, peitoris, marcos, etc. Para a etapa de montagem das estruturas, porém os operários representam um custo direto da obra e não é responsabilidade da empresa fabricantes de blocos. As unidades que a compõem, os blocos, são de fácil transporte e assentamento, além disso as paredes desempenham, simultaneamente, as funções de vedação e de estrutura, absorvendo as cargas permanentes e acidentais, tendo melhoria acústica, em geral, como consequência das unidades mais resistentes empregadas.

As Estruturas pré-moldadas possuem rápida execução, ainda que seja necessária mão de obra especializada, essa etapa é de responsabilidade da empresa de pré-moldado contratada e portanto não representa um adicional nos custos. Para montagem são necessários equipamentos especiais, devendo ainda ser facilitado o acesso na obra para que seja possível a execução.

O custo de EPI e ferramentas para alvenaria estrutural apresentou aumento nos comparativos variando de 43% a 58%, esse custo é decorrente do aumento da mão de obra necessária para executar as alvenarias. Entende-se, no entanto, que esse comparativo, assim como os serviços técnicos, não pode ser avaliado de forma correta visto que o custo da mão de obra necessária para a fabricação de pré-moldados não é explicitado, esse, encontra-se embutido no valor do serviço.

Sabe-se porém, que a produção em série das estruturas pré-moldadas e sua montagem demanda menor número de operários que a montagem das alvenarias, conseqüentemente o custo de EPI e ferramentas é menor no primeiro sistema construtivo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como uma das principais vantagens citadas por EL DEBS, 2000 a redução dos prazos de obra não foram avaliados nesse estudo de caso. Sabe-se que um aumento do prazo implica em maior custo indireto, devido à necessidade da administração local por período estendido. Porém, como parte dessa obra já seria executada em alvenaria estrutural, o cronograma computava a execução do bloco de apoio para o prazo determinado. Dessa forma, foi possível aumentar o número de operários sem alterar o número de meses necessários para execução da obra.

Entende-se ainda que por ser um empreendimento público, que tende a ter um período de execução maior que empreendimentos particulares, a redução de prazos não seria fator limitador que impedisse a substituição.

A principal consequência da alteração dos sistemas construtivo é a perda da flexibilização. Essa representa a maior limitação construtiva da alvenaria estrutural, pois as paredes não podem ser remanejadas ou removidas pelo usuário após sua execução o que não ocorreu na estrutura pré-moldada, a qual permite total flexibilização.

Pode-se citar como exemplos de edifícios que utilizam a alvenaria estrutural como sistema construtivo, sem que sejam prejudicados pela ausência de flexibilidade temos: o Laboratório de Aquacultura, localizado no Campus Pampulha da UFMG em Belo Horizonte; a escola de Zootecnia da UFMG, localizada em Montes Claros; e a Escola de Arquitetura da PUC, localizada no Campus da PUC bairro Coração Eucarístico em Belo Horizonte.

Além das vantagens proporcionadas pelo pré-moldado como economia de aço concreto e madeira, além da modulação e industrialização promovidas pela utilização de estruturas Pré-moldadas, a Alvenaria Estrutural apresenta maior simplicidade das técnicas envolvidas, a manutenção dos prazos e liberação de mais frentes de serviço, já que as paredes possuem dupla função (vedação e

sustentação) e principalmente, o custo reduzido em aproximadamente 40%, a substituição dos sistemas mostra-se altamente vantajosa.

8. CONCLUSÕES

A partir dos comparativos realizados para as fases de terraplenagem, fundação e estrutura do empreendimento temos que a economia da substituição do sistema estrutural especificado, Pré-moldado por Alvenaria Estrutural varia de 39% a 41%.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7171 - Bloco Cerâmico para Alvenaria*. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto*. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural*. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado*. Rio de Janeiro, 2001.

CAMACHO, J. S. *Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural*, 2006. Disponível em: <http://pontocad.com/wp-content/uploads/2010/11/Projeto_de_edificios_de_alvenaria_estrutural.pdf>. Acesso em 07 jan. 2015.

CAVALHEIRO, O. P. *ALVENARIA ESTRUTURAL* Tão antiga e tão atual. Disponível em: < <http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/cavalheiro1.pdf> > Acesso em: 17 jan. 2015.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. *Pré-moldado é alternativa para construção*. Minas Gerais, 2012.

EL DEBS, M. K. *Concreto pré-moldado: Fundamentos e Aplicações*. 1. Ed: São Carlos: EECS-USP, 2000. 1 v. 441 p.

KALIL, S. B. *Alvenaria Estrutural*. - *Curso de Graduação*. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: PUC-RS, 2010.

MATTOS, A. D. *Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos*. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2006. 281 p.

OLIVEIRA, L. A. *Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios*. Dissertação (mestrado em construção civil e urbana) -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: 2002. 191p.

SABBATINI, F. H. *Alvenaria Estrutural Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico*. Brasília: CEF, 2002. 37 p.

SALAS, S. J. *Construção Industrializada: pré-fabricação*. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.

SERRA, S. M. B., FERREIRA, M. de A., PIGOZZO, B. N. *Evolução dos Pré-fabricados de Concreto*. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. v.1, p. 10, 2005.

TAUIL, C. A., NESSE, F. J. M. *Alvenaria Estrutural*. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2010. 1 v. 183 p.

TAMBARA, F. S. *Levantamento e Listagem de Procedimentos e Influências da Alvenaria Estrutural*. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS: 2006. 145p.

VASCONCELOS, A. C. *O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações*. São Paulo: Studio Nobel, 2002. v III. p. 347.

10. ANEXOS

ANEXO I – Proposta Inicial do Projeto Arquitetônico

ANEXO II – Nova concepção em Alvenaria Estrutural

ANEXO III – Planilha de serviços referentes à proposta inicial em Pré-moldado

ANEXO IV – Planilha de serviços referentes à proposta em Alvenaria Estrutural

ANEXO V – Planilha de serviços referentes à proposta em Pré-moldado sem flexibilização

ANEXO VI – Planilha de serviços referentes à proposta em Pré-moldado sem flexibilização com vedação