FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ – FAPAC
ENGENHARIA CIVIL

RENAN GOMES DA SILVA

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO

UBÁ - MG

2013

RENAN GOMES DA SILVA

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Msc Israel Iasbik.

UBÁ - MG

2013

RENAN GOMES DA SILVA

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO

Dissertação apresentada à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá – FAPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Enoque Pereira da Silva

Érika Maria Carvalho Silva Gravina

Iracema Mauro Batista Iasbik

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Senhor Deus, que me deu forças e a honra de desfrutar filiação dos maiores mestres de minha vida, meus pais, Sr. Alair Gomes da Silva e Sra. Marta Aparecida Penha da Silva, aos quais enalteço e dedico toda glória de meu sucesso.

À minha irmã Caroline, à minha namorada Mariana pelo apoio nos momentos difíceis e a todos meus amigos e familiares que fizeram com que essa caminhada se tornasse mais amena em alguns momentos.

Agradeço aos mestres por todo conhecimento gentilmente compartilhado e a todos aqueles que contribuíram para mais esta conquista em minha vida.

Agradeço também ao meu orientador Israel Iasbik, que deu toda a assistência necessária para a realização deste trabalho.

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO

RESUMO

O crescimento do setor da construção civil no cenário nacional criou uma acirrada concorrência entre as empresas do ramo e, diante disto, estas se viram na necessidade de buscar tecnologias para a implementação de novos processos construtivos para se destacarem no mercado nacional. Muitos sistemas construtivos têm surgido, entretanto existem alguns como a alvenaria estrutural que muitas vezes não são empregados pelo fato de não se ter conhecimento econômico sobre este método. O objetivo deste trabalho é comparar economicamente a alvenaria estrutural com o sistema convencional. Para isso foram elaborados projetos e análises estruturais do edifício em estudo com ambos os métodos, o que deu subsídios para o levantamento de materiais e de mão de obra dos subsistemas que representam a maior parcela do custo global da obra. Todo o conteúdo aqui expresso foi baseado em dados e planilhas elaborados pelo próprio autor para a tomada de decisão entre qual método seria executado o empreendimento. Com a realização do estudo, observou-se que a construção em alvenaria estrutural apresentou uma grande economia de materiais e mão de obra empregados em relação ao sistema de concreto armado, gerando uma redução de custos de 38,6%, podendo concluir que para edifícios semelhantes ao edifício estudado a alvenaria estrutural se apresenta mais economicamente viável que o sistema convencional.

Palavras-Chave: Comparação Econômica. Alvenaria estrutural. Empreendimento.

CASE STUDY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF COSTS OF A BUILDING MASONRY STRUCTURAL AND REINFORCING CONCRETE

ABSTRACT

The growth of the construction sector on the national scene has created a fierce competition between companies in the industry and, before that, they found it necessary to seek technologies to implement new construction to excel in the domestic market processes. Many building systems have emerged, however there are some how structural masonry are often not used because of not having economic knowledge about this method. The objective of this study is to compare the economic structural masonry with conventional system. For this project and structural analysis of the building under study with both methods, which gave grants to the lifting of materials and workmanship of the subsystems that represent the largest portion of the overall cost of the works were produced. All content expressed here is based on data and worksheets prepared by the author for taking decision between which method would run the venture. With the completion of the study, it was observed that the structural masonry construction presented great savings in materials and workmanship employed in relation to the concrete system, generating a cost reduction of 38.6 %, and concluded that for buildings similar to the studied building structural masonry appears more economically viable than the conventional system.

Keywords: Economic Comparison. Structural masonry. Enterprise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACME. **Concreto armado é solução durável e econômica**. Brasília, mai. 2013. Disponível em: <http://www.mutua.com.br/associado/item/5796-concreto-armado-e-solucao-duravel-e-economica>. Acesso em: 28 set. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 6461**. Bloco Cerâmico para Alvenaria: verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 10837**. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. NBR 10837, Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 7171.** Bloco Cerâmico para Alvenaria. Rio de Janeiro, 1992.

ATAÍDE, C. A. V.. **Estudo comparativo entre o método das tensões admissíveis e os dos métodos dos estados limites para alvenaria estrutural.** 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado). Escola de engenharia de São Carlos. São Carlos, 2005.

BORDIN, V.. **O espaço conquistado pela alvenaria estrutural**. Curitiba, jun. 2010 Disponível em: < http://www.cimentoitambe.com.br/o-espaco-conquistado-pela-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 13 set. 2013.

BONACHESKI, V.. **Alvenaria Estrutural**. 2006. 86 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso) – PUC Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MELO, R. T.. **Projeto de alvenaria estrutural pelas tensões admissíveis e estados limites.** 2009. 73 f. Dissertação (Monografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SABBATINI, F. H.. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - Formulação e Aplicação de uma Metodologia.** 1989. 207 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. **A cultura do concreto armado no Brasil: educação e deseducação dos produtores do espaço construído**. 2006. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de História da Educação.Universidade Católica de Goiânia, Goiânia, 2006. Disponível em: < http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca/acervo/santos_cultura/santos_cultura.htm>. Acesso em: 17 out. 2013

ANEXOS

1 INTRODUÇÃO

O enorme crescimento do setor da construção civil no cenário nacional criou uma acirrada concorrência entre empresas do ramo e diante disto estas se viram na necessidade de buscar novos métodos e processos construtivos, além do método convencional em concreto armado, e com isto minimizar custos, destacando-se cada vez mais no mercado. Dentre estas novas técnicas construtivas a execução de edificações em alvenaria estrutural vem se mostrando como uma boa opção.

A alvenaria estrutural vem se mostrando ao longo dos últimos anos como um excelente método construtivo, bem como seus altos índices de economia e produtividade, e também mostrar as vantagens que o mesmo trouxe ao empreendimento.

Dito por Sabbatini (1989) a alvenaria pode ter função estrutural, ou não. Tem como responsabilidade suportar a estrutura da construção a qual faz parte. Quando utilizada na engenharia, a alvenaria estrutural deve ser dimensionada por métodos de cálculos precisos.

> A alvenaria estrutural vem sendo utilizada pelo meio técnico brasileiro, atraída pela redução de custos proporcionada pelo sistema. A possibilidade de construir edifícios altos tem enterrado alguns velhos preconceitos, como o de usar a alvenaria somente em construções baixas. E as obras que envolvem prédios, sejam residenciais ou comerciais, se tornaram apenas um dos exemplos em que esse sistema pode ser empregado com sucesso. (BORDIN, 2010)[1].

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar e comparar os custos de execução de uma obra em alvenaria estrutural em relação ao concreto armado, ressaltando as vantagens e desvantagens da alvenaria em relação ao concreto armado, assim como a importância e a relevância de se analisar outras opções construtivas além do tradicional, explicando um pouco sobre o processo construtivo, particularidades, demonstrar as considerações em literaturas, ponderações, pontos de vista e abordagens para cada método construtivo.

[1] http://www.cimentoitambe.com.br/o-espaco-conquistado-pela-alvenaria-estrutural/

1.2 Justificativa

Teve-se como fundamento para a elaboração deste trabalho a importância de análise de outra opção construtiva além do método convencional conhecido como concreto armado, que pode gerar opções economicamente mais interessantes.

2 DESENVOLVIMENTO

Todo conteúdo aqui expresso é baseado em revisão de literaturas, normas da ABNT e no estudo de caso de um edifício hoteleiro, situado na cidade de Matias Barbosa do estado de Minas Gerais, onde foram desenvolvidos e analisados planilhas de custos do próprio autor deste trabalho, cujo o mesmo realizou alguns serviços na edificação além de considerações de engenheiros e outros empresários envolvidos no empreendimento .

Será adotado para análise detalhada deste trabalho um dos nove blocos da área de acomodações do hotel, conforme ilustra a (FIG. 1). Sendo cada bloco composto por oito apartamentos divididos em dois pavimentos, com uma área de 50,62 m² por apartamento que resulta em 404,96m² por bloco.

FIGURA 1 – Conjunto de três blocos presentes no local em estudo.

Foram apresentados dois esquemas para a execução dos blocos de acomodações do hotel, sendo um em alvenaria estrutural e o outro pelo método convencional em concreto armado. Então foi solicitado as equipes competentes todos os projetos, orçamentos e etapas de execução de cada processo construtivo.

Durante os levantamentos foram encontradas vantagens e desvantagens de ambos e após os estudos e análises dos resultados, obteve-se uma melhor visão de cada sistema construtivo, visões estas que serão explicadas sobre cada método a seguir.

2.1 Concreto armado

O sistema construtivo em concreto armado foi o primeiro a ser levantado como opção para o projeto, por ser um processo dominado pela empresa administradora do empreendimento, que tem vasta experiência na construção de grandes obras com este sistema, e como na maioria dos empreendimentos desta natureza, tornou-se tradição este método, e foi por muito tempo absoluto na construção civil.

> Embora não seja a única opção, o concreto armado é a técnica mais utilizada em todo o mundo para construção de estruturas. Esta solução surgiu da necessidade de mesclar a resistência à compressão e durabilidade da pedra com as características do aço. O resultado é um material que tem como vantagens poder assumir qualquer forma com rapidez e facilidade, além de proporcionar ao metal proteção contra a corrosão. (ACME, 2013)[2].

No cenário atual, o que é visto, é a absoluta predominância do concreto armado. Ao longo de muitos anos, este método é empregado e com isso foram criadas raízes que fazem com que apesar de muitas vezes não ser a escolha mais barata, acabe se tornando a opção construtiva na maioria dos empreendimentos, além de sua tradição o concreto armado conta com a vantagem de captação de mão de obra, pois é fato que na sua grande maioria os profissionais hoje atuantes dominam o método construtivo e, muitas vezes estes, por possuírem baixo nível educacional, se negam a aprender e a se capacitarem em outras técnicas construtivas.

As estruturas em concreto armado representam hoje a grande parte das obras no país, trata-se da execução de estruturas compostas por concreto e aço, em uma estrutura convencional como será estudado neste trabalho, parte-se da execução as etapas de infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.

> O concreto armado é um processo construtivo inventado na Europa em meados do século XIX. Ele consiste na combinação do concreto – uma pasta feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, conhecida desde a antiguidade – com uma armadura de aço. A novidade está justamente na reunião da propriedade de resistência à tração do aço com a resistência à compressão do concreto, que permite vencer grandes vãos e alcançar alturas extraordinárias, além disso, o concreto é um material plástico, moldável, ao qual é possível impor os mais variados formatos. Inicialmente empregado apenas em embarcações e tubulações hidráulicas, a partir de fins do século XIX o concreto armado passa a ser utilizado também nas edificações. (SANTOS, 2006)[3].

A infraestrutura é executada na etapa inicial de fundação da obra, ou seja, tudo aquilo que fica abaixo do solo, neste caso foi acusado no relatório de sondagem do solo a cravação de estacas protendidas, por se tratar de um local de solo úmido. Além das estacas é realizado ainda nesta etapa parte dos blocos de coroamento.

A mesoestrutura é implantada entre a fundação e o início da estrutura de fato, esta etapa é feita logo após a infraestrutura entre o solo e o nível zero de acesso, neste caso, parte dos blocos de coroamento, vigas baldrame e lajes de fundação.

A super-estrtura é a edificação propriamente dita, toda parte a vista da construção, composta por pilares, vigas e lajes de estrutura.

O dimensionamento das etapas mencionadas acima deve atender todas as normas e índices de segurança, afim de que se anule a possibilidade de ruína da mesma, daí a importância de um engenheiro qualificado, tanto na parte de execução, quanto para o dimensionamento da estrutura.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), nas estruturas de concreto armado, o estado limite último de instabilidade é atingido sempre que, ao crescer a intensidade do carregamento e, portanto, das deformações, há elementos submetidos à flexo-compressão em que o aumento da capacidade resistente passa a ser inferior ao aumento da solicitação.

A estrutura em concreto armado apresentou vantagens ante a alvenaria estrutural, como a possibilidade de remoção de paredes, separação de execução das partes hidráulica e elétrica, a utilização de artefatos pré-moldados, como vergas e contravergas e como mencionado anteriormente, a enorme facilidade em captação de mão de obra em relação a outros métodos, que diante ao tamanho crescimento do setor imobiliário no país o grande gargalo tornou-se a alta escassez de profissionais do ramo, ponto bastante considerável para considerações prévias para a execução de qualquer empreendimento.

Entretanto o empecilho maior que seria encontrado para o impedimento deste método em estudo aconteceu na parte de fundação do hotel, como a já dito o solo do local apresenta

lençol freático muito próximo a superfície, devido ao aterro feito no local de lagos do terreno, e na sondagem de solo foi apontada a cravação de estaca protendida, a principal dificuldade na execução da mesma é a entrada de um bate-estaca para cravação das estacas na área dos blocos, devido à dificuldade de locomoção de equipamentos de grande porte nas áreas de uso do resort, além do custo que seria mais elevado, tanto nesta etapa de fundações, quanto em outros pontos que serão mostrados nos resultados deste trabalho.

Deve-se alertar que toda a parte de dimensionamento da estrutura em concreto armado foi feita de forma prévia pelos engenheiros responsáveis da administradora do empreendimento, e com base nestes dados, todos os levantamentos necessários.

A planta baixa dos blocos tipo, em anexo, ilustra como ficariam dispostas a divisões das acomodações e locação dos blocos de coroamento, pilares e vigas.

2.2 Alvenaria estrutural

Após deparar-se com alguns problemas que traria o processo em concreto armado, a opção sugerida foi a execução em alvenaria estrutural, o que foi um desafio para todos os envolvidos no projeto por ser a primeira obra na qual todos se envolveriam com a aplicação de tal método.

A alvenaria estrutural é um processo construtivo no qual as paredes têm função estrutural, resistindo à aplicação de cargas verticais e laterais. Tais cargas verticais são devidas ao peso próprio da estrutura e à sobrecarga, sendo que as cargas laterais devem-se à atuação do vento e a um possível desaprumo da edificação. A transmissão das cargas até a fundação se dá pelas paredes, que passam a desempenhar uma nova função, diferente da alvenaria convencional, a qual é utilizada como elemento de vedação. A remoção de qualquer parede fica sujeita à análise e execução de reforços.

Segundo Bonacheski (2006), a alvenaria é um sistema construtivo que utiliza peças industrializadas, ligadas por argamassa, tornando o conjunto monolítico. Pode moldar-se em cerâmica, concreto e sílico-calcáreo.

A alvenaria estrutural surgiu como uma boa opção para o empreendimento por ser executa sob um radier reforçado, sem a necessidade de fundações profundas, além das lajes que passaram a ser pré-moldadas, gerando grande economia, tanto na compra de matérias quanto na execução dos serviços pela mão de obra. Pelo fato da laje ser composta em parte por isopor, todo o escoramento foi reduzido, além de grande redução de concreto e aço em

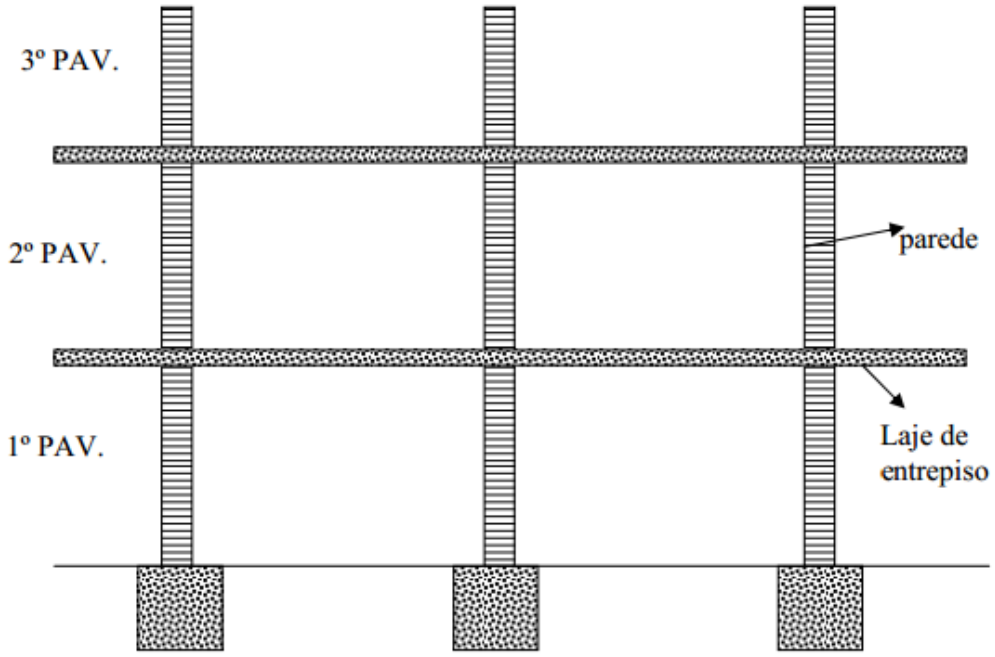
comparativo com a laje maciça exigida pela estrutura em concreto armado, dentre outras vantagens daí em diante observadas e agregadas ao modal.

No Brasil, com a abertura de novas fábricas de materiais assim como o desenvolvimento de pesquisas com a parceria de empresas do ramo (cerâmicas, concreteiras, etc.), fizeram com que a cada dia mais construtores se interessassem pelo sistema.

Na criação de uma edificação em alvenaria estrutural é de suma importância o entrosamento entre Arquiteto e Engenheiro Calculista, objetivando o melhor empreendimento sem deixar deficiência em outras funções importantes, como: vedação, instalações hidráulicas, elétricas, telefônicas, isolamento térmico e acústico.

O projeto arquitetônico em alvenaria estrutural será mais econômico conforme as repetições em que as paredes forem coincidentes nos demais pavimentos, conforme mostra a (FIG. 2).

FIGURA 2 – Planta de corte de esquema de execução da alvenaria estrutural.



Fonte: BONACHESKI, 2006, p. 5

As maiores vantagens da alvenaria estrutural segundo Bonacheski (2006) em relação aos processos tradicionais são:

- Economia de madeira para fôrmas;
- Redução de concreto e ferragens;
- Redução na mão de obra de carpintaria e armação;

- Facilidade no treinamento da mão de obra;
- Maior rapidez e facilidade na execução;
- Menor número de funcionários;
- Maior resistência ao fogo;
- Isolamento térmico e acústico;

As desvantagens da alvenaria estrutural de acordo com Bonacheski (2006) são:

- As paredes portantes não podem ser removidas sem ser substituída por outro elemento com mesma função;
- Depois de executada, a estrutura arquitetônica não pode ser modificada;
- Restrição no projeto arquitetônico;
- Os vãos livres são limitados;
- Colocação de juntas de controle e dilatação a cada 15m.

Dessa forma, esse método proporciona uma melhor organização do canteiro de obras, eliminando etapas construtivas como execução de pilares e vigas, obtendo-se também um tempo e custo reduzidos para a execução do empreendimento. Por isso, a aplicação desse método construtivo está sendo utilizada por diversas construtoras, buscando sempre a qualidade tecnológica associada à alvenaria estrutural.

2.2.1 Métodos de Cálculo

Por falta de uma norma específica para o cálculo da alvenaria estrutural em blocos cerâmicos, para o cálculo destas estruturas também se utiliza a NBR 10837, que aborda as normas para alvenaria estrutural em blocos de concreto.

Segundo os preceitos da NBR 10837 (ABNT, 1989), que adota o Método das Tensões Admissíveis para o dimensionamento das peças estruturais de alvenaria.

Neste este processo, as tensões oriundas das solicitações acidentais e permanentes da estrutura, não devem ultrapassar as tensões admissíveis dos materiais. Estas tensões admissíveis serão consideradas a partir dos parâmetros de resistência dos prismas, que se trata de um conjunto formado por dois blocos estruturais unidos por argamassa, material que deverá ser fabricado para resistir a mesma tensão dos blocos especificado em projeto, no caso deste projeto em analise o valor de 7Mpa.

De acordo com Melo (2009), as tensões solicitantes não podem ultrapassar os valores das tensões de ruptura ou escoamento dos materiais divididos pelo coeficiente de segurança, sendo assim temos a tensão admissível.

A fórmula a seguir de acordo com Melo (2009), o procedimento é demonstrado pelas equações a seguir:

$$S \leq Rd$$

$$Rd = Rk/\gamma$$

Onde:

- S é máxima tensão solicitante;
- Rd é máxima tensão admissível;
- Rk é tensão de ruptura ou de escoamento do material;
- γ é o coeficiente de segurança.

Os valores adotados para os coeficientes dependem da ação pela qual estará solicitando.

De acordo com Melo (2009), a segurança estrutural não esta ligada apenas ao coeficiente de segurança, mais também com fatores que minoram as tensões admissíveis, ou seja nos valores adotados para as tensões de ruptura ou de escoamento do material que está diretamente ligado as tensões admissíveis, já devem ser dimensionadas com margem de segurança, segundo recomendações do fabricante do material por exemplo. O parâmetro que demonstra as tensões admissíveis da alvenaria estrutural é a resistência de prisma, que significa a ruptura de dois blocos unidos por argamassa, podendo ser influenciados pela resistência da argamassa e da parede.

Porém, este critério é criticado por alguns especialistas, devido ao fato de não ser probabilístico e sim determinístico, além de não apresentar os coeficientes de segurança para os matérias e ações solicitantes.

Segundo Melo (2009), por ser probabilístico o método dos estados limites viabiliza um melhor dimensionamento, tanto na segurança como na economia. Ocorre devido à capacidade de identificar quais os requisitos que a estrutura atende melhor. Assim, o dimensionamento dos elementos estruturais têm suas resistências características minoradas e ações majoradas com coeficientes probabilísticos.

A fórmula a seguir de acordo com Melo (2009) mostra o procedimento de modo simplificado:

$$Rd - Sd \geq 0$$

Sendo:

- $Rd = Rk/\gamma m$: resistência de cálculo;
- $Sd = S\ (\gamma f \times Fk)$: solicitação de cálculo;
- γm e γf: coeficientes de ponderação;
- Rk e Fk: valores característicos de resistência e ação.

> Neste método, o nível de segurança de uma estrutura é determinado pela capacidade que ela possui de suportar as várias ações que vierem a solicitá-la durante sua vida útil, sem atingir qualquer estado limite último ou estado limite de serviço. Os estados limites últimos estão relacionados ao esgotamento da capacidade resistente da estrutura, ou seja, ao colapso. Estes deverão ter uma probabilidade de ocorrência pequena, pois pode resultar em perda de vidas humanas (ATAÍDE, 2005, p. 17).

2.2.2 Propriedades Mecânicas

A Os blocos devem resistir à compressão mínima de acordo com os valores indicados na tabela 3 da NBR 7171"Bloco Cerâmico para Alvenaria" transcrita abaixo pela tabela 1, descrita abaixo:

TABELA 1 –Resistência à compressão do bloco.

Tipo		Resistência à compressão na área bruta (Mpa)
De vedação	A	1,5
	B	2,5
Portante	C	4,5
	D	7,0
	F	10,0

Fonte: NBR 7171, ABNT, 1992, p. 5

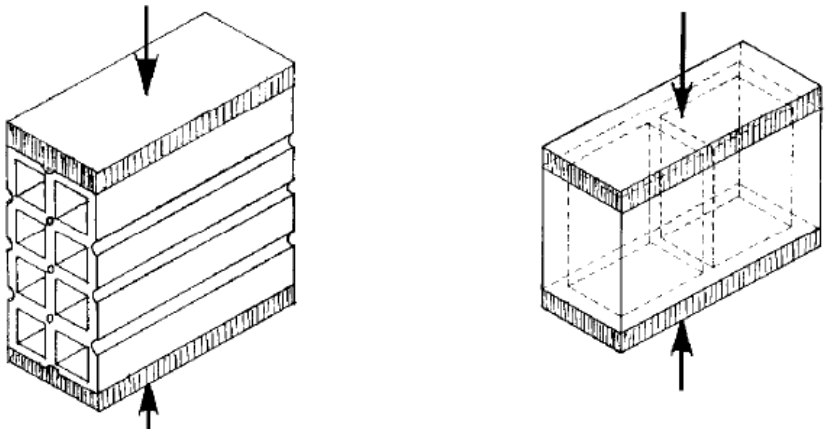
O ensaio de resistência à compressão destes blocos deve seguir método prescrito e especificado na NBR 6461 “Bloco Cerâmico para Alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão”.

De acordo com a NBR 6461, (ABNT, 1983), a execução de ensaio deve ser feito atendendo as medições entre dois pontos, com aproximação de ± 1mm no comprimento, largura e a altura dos blocos utilizados no preparo do corpo-de-prova.

Para os blocos de vedação, os corpos-de-prova devem ser preparados da seguinte forma, segundo NBR 6461 (ABNT, 1983):

> a) Cobrir com uma pasta de cimento uma placa de metal ou de vidro recoberta com uma folha de papel umedecida ou uma leve camada de óleo;
> b) Aplicar a face destinada ao assentamento sobre esta pasta, exercendo sobre o bloco uma pressão manual suficiente para fazer refluir a pasta interposta, de modo a reduzir a sua espessura a cerca de 2 ou 3 mm; logo que a pasta esteja endurecida, retirar com espátula as rebarbas existentes;
> c) Passar em seguida à regularização da face oposta, após proceder como indicado nas alíneas ‘a e b’ deve-se obter assim, um corpo-de-prova com duas faces de trabalho devidamente regularizadas e tanto quanto possível paralelas
> d) Após o endurecimento das camadas da pasta, numerar e imergir 05 corpos-de-prova em água potável durante 24h (NBR 6461, ABNT, 1983, p. 2).

FIGURA 3 – Corpos de prova.



Fonte: NBR 6461, ABNT, 1983, p. 2

Conforme a NBR 6461, (ABNT, 1983), para o ensaio, devem-se retirar os corpos-de-prova da água e enxugá-los, medir as dimensões das faces de trabalho. Determina ainda, que se deve proceder ao ensaio de compressão, regulando a máquina de ensaio, de forma que a carga se aumente progressivamente, chegando a aproximadamente 500 N/s.

Quanto aos resultados, indica que no certificado de ensaio devem constar:

> a) O valor médio de cada uma das dimensões dos blocos médios;
> b) Definição da face destinada ao assentamento;
> c) O limite de resistência para cada corpo-de-prova, expresso em MPa, que é obtido dividindo-se a carga máxima , em N, observada durante o ensaio, pela média das áreas brutas das duas faces de trabalho em mm² (NBR 6461, ABNT, 1983, p. 3).

Como ressalta a NBR 7171 (ABNT, 1992), a inspeção dos lotes de bloco deve ser feita no local pelo comprador e vendedor, considerando as suas dimensões, desvio em relação ao esquadro e planeza das faces. Os blocos cerâmicos especiais podem ser fabricados em formato e especificações acordadas entre as partes, mas nos quesitos não especificados devem prevalecer as condições da NBR 7171.

2.2.3 Execução

A execução do bloco de acomodações do hotel partiu da marcação da obra e nivelamento do platô, que após a devida compactação com rolo compactador foi feita a parte de carpintaria de fôrmas para concretagem do radier, em seguida foi executada toda a parte de instalação e passagem de tubulações para o escoamento de esgoto, logo após foi feito o espalhamento de pedra brita 01 em toda a área do bloco para drenagem, em seguida foi feita a colocação de lona para isolamento entre o concreto e a brita de drenagem, a armação de toda armadura em aço conforme prescrição dos projetos estruturais, também em anexo neste trabalho, e por fim a concretagem do radier, a execução seguiu esquema conforme ilustra a (FIG. 03) e (FIG. 04).

FIGURA 3 – Execução do radier.

FIGURA 4 – Preparação para concretagem do radier.

Nesta etapa foi utilizado o concreto usinado com resistência de 20 MPa , deixando devidamente marcado e exposto verticalmente as emendas dos aços para os grautes que de acordo com o projeto estrutural, também em anexo neste trabalho, cada graute deverá conter uma barra de aço com Ø 10.0mm.

> O graute é uma mistura de materiais, os mesmos utilizados para produzir concreto convencional, porém as diferenças estão no tamanho do agregado (mais fino, 100% passando na peneira 12,5 mm) e na relação água/cimento. É aplicado nos vazados dos blocos com 2 objetivos: o primeiro seria proporcionar a integração da armadura com a alvenaria, no caso de alvenaria estrutural armada ou em armaduras apenas de caráter construtivo. O segundo objetivo seria o fato de aumentar a resistência da parede sem a necessidade de aumentar a resistência da unidade. Cabe salientar que o graute deve proporcionar um desempenho estrutural compatível com a alvenaria armada e ainda assegurar a aderência à armadura vertical e horizontal além de protegê-las contra corrosão (BONACHESKI, 2006, p. 21).

A partir daí deu-se inicio a execução da alvenaria estrutural, o bloco padrão empregado no projeto de alvenaria estrutural foi o bloco cerâmico 14x19x29 (LxAxC em centímetros) com resistência à compressão de 7Mpa, como indicado em projeto, em anexo, a (FIG. 05) mostra como se deu a execução.

FIGURA 5 – Execução das paredes em alvenaria estrutural.

FIGURA 6 – Montagem das lajes treliçadas sobre as paredes portantes.

Os projetos competentes foram elaborados por Sinhoroto Engenharia, empresa sediada em Juiz de Fora - MG, especializada em projetos estruturais e arquitetônicos. Os projetos foram executados a partir da análise de situação do solo e distribuição de cargas no mesmo. Todos os projetos e esquemas de cargas estarão anexados neste trabalho.

Para a determinação da resistência dos blocos e do volume de graute necessário no aumento da resistência das paredes mais solicitadas, foi elaborado o projeto estrutural do edifício conforme as prescrições da NBR 10837 (ABNT, 1989), nos quais foram considerados os carregamentos verticais e os carregamentos horizontais.

2.3 Resultados e Discussões

Neste capitulo serão apresentados os dados e planilhas de orçamentos referentes ao concreto armado e a alvenaria estrutural, que levaram os diretores a escolha pelo método construtivo em alvenaria estrutural. Assim como analisar e discutir os resultados obtidos.

Tabela 2 – Planilha de custos em concreto armado por bloco.

Descriminação de Itens		**Preço por Bloco**
Mobilização de Obra		
Mobilização de Funcionários e Ferramentas	R$	2.000,00
Movimento De Terra		
Movimento De Terra Para Fundações		
Locação De Obra e Estacas	R$	6.490,42
Regularização Manual De Valas	R$	693,25
Infraestrutura		
Arrasamento E Corte De Cabeça De Estaca	R$	908,00
Mesoestrutura		
Cintas De Fundação e Blocos de Coroamento		
Forma / Desforma	R$	8.845,49
Armação Ca50 / Ca60	R$	5.273,66
Lançamento de concreto usinado em vigas de fundações	R$	8.806,69
Lajes De Fundação		
Forma / Desforma do Beiral	R$	630,08
Armação Ca50 / Ca60	R$	4.983,62
Colocação de Lona	R$	868,66
Lançamento de concreto usinado em lajes de fundações	R$	8.432,44
Preparação de saídas de esgoto	R$	5.510,00
Superestrutura		
Pilares e Vigas		
Forma/Desforma de Pilares e Vigas	R$	39.705,12
Armação Ca50 / Ca60	R$	14.132,14
Concretagem manual de Pilares (fachada da varanda)	R$	17.745,75
Lajes		
Escoramento de Lajes	R$	15.519,30
Forma/Desforma Beiral de lajes	R$	1.505,56
Forma/Desforma laje maciça (Varanda do 2º pavimento)	R$	1.275,02
Armação Ca50 / Ca60	R$	8.693,83
Lançamento de concreto usinado bombeado em lajes	R$	12.721,82
Preparação de saídas de esgoto	R$	5.510,00
Alvenaria Convencional de Vedação		
Alvenaria Em Tijolos Cerâmicos Furados, (incluso argamassa)	R$	20.230,65
Custo total por Bloco Tipo em Concreto Armado	**R$**	**190.481,49**

Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 – Planilha de custos em alvenaria estrutural por bloco.

Descriminação de Itens		Preço por Bloco
Mobilização de Obra		
Mobilização de Funcionários e Ferramentas	R$	2.000,00
Movimento De Terra		
Movimento De Terra Para Fundações		
Nivelamento Manual do Plator	R$	750,00
Estrutura		
Preparação de saídas de esgoto c/ proteção de tubos	R$	5.890,00
Espalhamento de pedra brita	R$	8.472,00
Colocação de Lona	R$	735,00
Laje De Fundação		
Armação CA50/CA60 + espaçadores	R$	8.120,50
Forma / Desforma do Beiral	R$	512,85
Lançamento de concreto usinado em lajes de fundações	R$	11.707,20
Alvenaria Estrutural		
Alvenaria em Bloco Cerâmico Estrutural 14x19x29, incluindo passagem de conduites e argamassa	R$	12.511,40
Execução de colunas de grout (**alvenaria + armação + concretagem**)	R$	6.637,50
Execução de canaletas (**alvenaria + armação + concretagem**)	R$	3.352,38
Lajes		
Escoramento de laje pré-moldada	R$	12.788,25
Forma/Desforma Beiral de lajes	R$	1.399,16
Montagem de treliças e travamento de isopor	R$	8.865,08
Armação Ca50 / Ca60 (**negativos + nervuras de travamento**)	R$	5.548,50
Lançamento de concreto usinado bombeado em lajes	R$	9.642,18
Preparação de saídas de esgoto	R$	3.420,00
Alvenaria Convencional de Vedação		
Alvenaria Em Tijolos Cerâmicos Furados	R$	15.210,00
Custo total por Bloco Tipo em Alvenaria Estrutural	**R$**	**117.562,00**

Fonte: Próprio autor.

Pode-se perceber analisando as tabelas 2 e 3, que o método em alvenaria estrutural mostrou-se mais econômico em relação ao concreto armado. A economia começou a partir da fundação levando vantagem em todos os pontos de comparação nesta etapa, a alvenaria estrutural apresentou um maior gasto considerável apenas na armação do aço das lajes de fundação, aonde o custo elevado ficou em R$ 3.136,88, devido ao reforço necessário para o radier de fundação, que teve a função de distribuir as cargas uniformemente ao solo. Entretanto devido à necessidade de cravação de estacas protendidas no solo úmido do local, esta etapa teria um custo para o método em concreto armado a quantia de R$ 51.442,31, já a mesma etapa quando executada para receber uma edificação em alvenaria estrutural apresentou um custo de R$ 35.437,55, uma diferença de 31,12% nesta etapa.

Outra fase do método em alvenaria estrutural que também apresentou economia ante ao concreto armado foi a execução de lajes, que enquanto para o concreto armado geraria um custo de R$ 45.225,53, a alvenaria estrutural apresentou o valor de R$ 41.663,17, uma diferença de 7,87%.

Porém a fase que apresentou a maior diferença entre os dois métodos para a execução do empreendimento foi a parte de superestrutura da edificação entre pilares, vigas e vedações, utilizados para o processo em concreto armado. Em comparação apenas a alvenaria estrutural, que suportou todas as cargas da edificação, foi encontrada uma economia de 58,92%, sendo o custo de execução de R$ 91.813,66 para o concreto armado, contra o valor de R$ 37.711,28 apresentado pela a alvenaria estrutural.

Entre todas as etapas o concreto armado apresentou um custo de R$ 190.481,49, já a alvenaria estrutural atingiu o valor de R$ 117.562,00 para a execução do empreendimento, uma diferença total de R$ 72.919,49 por bloco tipo. Isto representa uma economia de custos de 38,6% em cada edificação.

3 CONCLUSÃO

Dentre os diversos sistemas construtivos existentes, a alvenaria estrutural tem conquistado seu lugar no mercado devido a sua racionalização e economia em determinadas situações.

Com a realização do estudo de caso e análise das planilhas de custos pode-se perceber que mesmo com algumas dificuldades encontradas na alvenaria estrutural, como a escassez de mão-de-obra treinada e a falta de experiência por parte dos empreendedores na execução deste método construtivo, este se mostrou mais econômico em todas as etapas do empreendimento. O projeto em alvenaria estrutural apresentou uma grande economia de materiais e mão-de-obra empregada em relação ao sistema em concreto armado, gerando uma redução de custos final significativa de 38,6%, o que representa neste projeto uma economia de R$ 72.919,49 por bloco, quando multiplicado por nove, o numero total de blocos do hotel, está redução pode chegar a R$ 656.275,41.

O estudo demonstra a necessidade de estudar outros métodos construtivos além do tradicional concreto armado, havendo assim uma necessidade constante dos profissionais de construção civil se atualizarem quanto às novas tecnologias e a implantações de novas técnicas, materiais e métodos construtivos que podem contribuir em muito para o aumento da economia das atividades. Com a revisão de bibliografia podemos destacar a importância na mudança de alguns pensamentos pré-conceituosos e ultrapassados de que tais métodos não são seguros ou não são compensatórios devido à dificuldade de implantação. Este estudo de caso comprova que, em muitos casos, a opção pelo método em alvenaria estrutural pode ser um excelente negócio.

A alvenaria estrutural se mostrou como a melhor opção diante de diversos impasses que seriam gerados pelo processo em concreto armado. Por se tratar de um hotel, as desvantagens da alvenaria estrutural em relação ao concreto armado foram minimizadas, pois os apartamentos possuem arquiteturas simples e os andares são idênticos, tornando maiores as vantagens e com isso inviabilizando o método convencional.

Pode-se concluir que para este estudo de caso e para edifícios semelhantes a alvenaria estrutural se apresenta mais economicamente viável que o sistema convencional em concreto armado.