



CLEISSON C .M . NEGOZZEKI
DELCIO LUNELLI

EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS COM USO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE
BLOCO DE CONCRETO

CURITIBA
2013



CLEISSON C .M . NEGOZZEKI

DELICIO LUNELLI

EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS COM USO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE
BLOCO DE CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação
em Gerenciamento e execução de Obras
apresentado para obtenção do grau de especialista.

Prof. Orientador: Mauricio Bianchini.M.Sc.

Prof.Co. Orientador: Patrícia Ribeiro da Silva
Brandão. M.Sc.

CURITIBA

2013

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que nos proporciona tudo nessa vida, aos nossos familiares que sempre nos apoiaram nesses momentos, nossos colegas de sala que nos auxiliaram em momentos de dúvidas.

Agradecemos ao professor Mauricio Bianchini que nos orientou neste trabalho e foi de extrema importância em todos os momentos e a Professora Patrícia Ribeiro da Silva Brandão por nos ter direcionado na execução do trabalho

FOLHA DE APROVAÇÃO

EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS COM USO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCO
DE CONCRETO

Por
CLEISSON C .M . NEGOZZEKI
DELICIO LUNELLI

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E EXECUÇÃO DE OBRAS,
DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A
SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 07 de Dezembro de 2013.

M.Sc. Mauricio Bianchini.

Professor Orientador

M. SC. Patrícia Ribeiro da Silvia Brandão

Prof.Co-orientador

M. SC. Fabiano Barreto Romanel

Prof.Co-orientador

RESUMO

Este trabalho consiste em uma análise de viabilidade econômica da alvenaria estrutural em blocos de concreto. Mostrar por meio de comparações financeiras, pelas vantagens e desvantagens do método, em que casos o uso do método é viável. Primeiramente fazendo uma apresentação do método, como deve ser sua execução, quais os requisitos que o método exige, mostrar os tipos de blocos, os tipos de argamassa e as manifestações patológicas possíveis. Posteriormente mostrar segundo normas de qualidade quais os procedimentos de controle de qualidade que são necessários para a obtenção de sucesso na execução. Então foi realizada uma comparação financeira para um edifício em estudo, na qual os itens que diferenciam a alvenaria estrutural do de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação são orçados e comparados.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural, comparação, método.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Coliseum de Roma em alvenaria estrutural.....	15
Figura 2 – Evidenciando a falta de pilares e vigas.....	18
Figura 3 – Os tipos de blocos de concreto com função estrutural.....	20
Figura 4 – Os tipos de blocos de concreto com função de vedação.....	21
Figura 5 (A e B) – Exemplificando os casos de modulação horizontal.....	23
Figura 6 – Início da modulação horizontal, exatamente como prevê o projeto.....	23
Figura 7 – Modulação vertical.....	25
Figura 8 – O Graute produzido “in loco”.....	27
Figura 9 – Escantilhão, essencial para deixar as paredes perpendiculares.....	28
Figura 10 – Execução da primeira fiada, faixa azul indicando local para passagem de tubulação elétrica.....	29
Figura 11 – As quatro formas de se fazer a junta.....	30
Figura 12 – Revestimento em gesso com milímetros de espessura.....	31
Figura 13 – Blocos trincados, fissurados ou quebrados.....	32
Figura 14 – Verga sob abertura de janela, preenchida com graute em seu interior..	37
Figura 15 – Fundação no caso desta obra em cravação de estacas pré-moldadas..	38
Figura 16 – Instalação elétrica passando entre os furos do bloco, com as faixas azuis indicando o local para passagem da tubulação.....	39
Figura 17 – Instalação hidráulica enterrada, que irá passar no chamado “bloco hidráulico”.....	40
Figura 18 – Instalação para telefone.....	41
Figura 19 – Planta projeto arquitetônico.....	43
Figura 20 - Planta modulação alvenaria estrutural.....	44
Figura 21 – Projeto estrutural para alvenaria de vedação.....	44
Figura 22– Gráfico comparativo dos sistemas.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Blocos de concreto segundo suas bases e alturas.....	20
Tabela 2 – Traços de argamassa recomendados de acordo com o tipo de argamassa.....	26
Tabela 3 – Composição orçamentária para compra e instalação das ferragens.....	46
Tabela 4 – Custo com ferragens para o método convencional.....	47
Tabela 5 – Custo com ferragens para alvenaria estrutural em blocos de concreto...	47
Tabela 6 – Composição orçamentária para formas com compensado resinado de 12 mm.....	48
Tabela 7 – Custo com formas no método convencional.....	49
Tabela 8 – Custo com formas para a alvenaria estrutural em blocos de concreto...	49
Tabela 9 – Composição orçamentária para concretagem $F_{ck}=25\text{Mpa}$	50
Tabela 10 – Composição orçamentária para concretagem $F_{ck}=40\text{Mpa}$	50
Tabela 11 – Composição orçamentária estrutural in loco $F_{ck}=30\text{Mpa}$	51
Tabela 12 – Custos com concretagem para o método convencional.....	51
Tabela 13 – Custos com concretagem para a alvenaria estrutural em blocos de concreto.....	52
Tabela 14 – Composição orçamentária para o chapisco.....	53
Tabela 15 – Composição orçamentária para os serviços de emboço e reboco.....	53
Tabela 16 – Custo para o revestimento interno, com chapisco, emboço e reboco...	54
Tabela 17 – Composição orçamentária para revestimento interno em gesso.....	54
Tabela 18 – Custo para o revestimento interno em gesso.....	55
Tabela 19 – Custo com revestimento nas áreas molhadas.....	55
Tabela 20 – Composição orçamentária para alvenaria em bloco de concreto.....	56
Tabela 21 – Composição orçamentária para alvenaria em bloco cerâmico.....	57
Tabela 22 - Custo com a alvenaria em blocos de concreto no método convencional.....	57
Tabela 23 - Custo com a alvenaria em blocos de concreto, no método alvenaria estrutural.....	57
Tabela 24 - Custo total dos serviços realizados nos dois sistemas	58

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Específicos.....	12
1.3. HIPÓTESE.....	12
1.4. JUSTIFICATIVAS	12
1.4.1. Tecnológicas	13
1.4.2. Econômicas	13
1.4.3. Sociais	14
1.4.4. Ecológicas.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	15
2.1. HISTÓRICO.....	15
2.2. CONCEITOS BÁSICOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL	16
2.3. ASPECTOS TÉCNICOS	17
2.4. COMO A ALVENARIA ESTRUTURAL RACIONALIZA A OBRA	17
2.5. BLOCOS DE CONCRETO	18
2.5.1. Resistência dos blocos.....	18
2.5.2. Tipos de blocos de concreto.....	19
2.5.3. Modulação	21
2.6. ARGAMASSAS.....	25
2.6.1. Tipos de argamassa.....	26
2.6.2. Concreto de preenchimento (Grouete)	27
2.7. MÃO-DE-OBRA	28
2.7.1. Execução	28

2.7.2. Juntas e acabamentos.....	29
2.8. REVESTIMENTOS.....	30
2.9. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO BLOCO	31
2.10. POSSIBILIDADES DE USO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	33
2.10.1. Edifícios comerciais.....	33
2.10.2. Estruturas mistas	33
2.10.3. Segmento de alto padrão	34
2.10.4. Segmento popular	34
2.11. DIMENSIONAMENTO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	35
2.11.1. Estabilidade	35
2.11.2. Juntas de dilatação	35
2.12. ELEMENTOS ESTRUTURAIS NAS PAREDES PORTANTES.....	36
2.13. FUNDAÇÃO	37
2.14. INSTALAÇÕES NA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	38
2.14.1. Instalações hidro- sanitárias e elétricas.....	38
2.14.2. Instalações telefônicas	40
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
4. VANTAGENS E DESVANTAGENS	45
5. COMPARAÇÃO FINANCEIRA ENTRE OS SISTEMAS.....	46
5.1. ETAPAS DA OBRA COMPARADAS	46
5.1.1. Custos com armaduras.....	46
5.1.2. Custos com formas	48
5.1.3. Custos com concretagem	49
5.1.4. Custos com revestimento interno	52
5.1.5. Custos com o revestimento em áreas molhadas	55
5.1.6. Custos com alvenaria	56
5.1.7. Comparação total	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

INTRODUÇÃO

Define-se alvenaria estrutural armada de blocos de concreto vazado como sendo :

Aquela construída com blocos vazados de concreto, assentado com argamassa na qual, certas cavidades são preenchidas com groute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração (ABNT NBR 10837 (1989))

Segundo Prudêncio Jr. (2002), este processo construtivo emprega paredes de blocos como elemento resistente, apresentando uma série de aspectos técnico-econômicos que o destaca principalmente em relação aos métodos tradicionais de construir. A principal vantagem reside no grande potencial de racionalização de todas as etapas de construção, através da otimização dos materiais e da mão-de-obra. Assim, mesmo sem o domínio da tecnologia necessária a alvenaria estrutural em blocos de concreto passou a ser empregada correntemente no Brasil.

Inserido neste contexto, o presente trabalho irá analisar o sistema construtivo de alvenaria estrutural em bloco de concreto, suas vantagens e desvantagens sobre o método de estrutura de concreto armado, e mostrar como é realizado o seu desenvolvimento, ou seja, suas fases de execução. Mostrar em que casos é viável o uso deste método por meio de comparações; qual é a economia em determinados materiais, em quanto tempo a obra pode ser realizada e qual é a economia que esta redução de tempo traz.

Também será enfatizado o desenvolvimento do método, como deve ser o projeto, de fundação, de revestimento, de esquadrias e os diferentes tipos de blocos de concreto que podem ser usados de acordo com o projeto.

Serão ressaltadas as normas de regulamentação do método, quais os materiais que podem ser usados e em que situações, segundo as normas, já que elas devem necessariamente ser respeitadas no momento do projeto e da execução.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação, qual apresenta menor custo e quais são as vantagens e desvantagem?

1.2. OBJETIVOS

A finalidade da pesquisa é compreender todas as fases de execução de obras de edificações pelo sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto.

O estudo visa, ainda, verificar as vantagens e desvantagens desse sistema em relação ao método de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação, bem como, as tecnologias empregadas para a obtenção de excelência na produção de edifícios.

1.2.1. Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo utilizando dois processos construtivos, alvenaria estrutural e alvenaria de bloco cerâmico e expor as vantagens e desvantagens para realização do mesmo, sob a análise da viabilidade econômica e construtiva.

Inicialmente será feita uma apresentação do método, como deve ser sua execução, quais os requisitos que o método exige, mostrar os tipos de blocos, os tipos de argamassa e as manifestações patológicas possíveis.

Posteriormente mostrar segundo normas de qualidade quais os procedimentos de controle de qualidade que são necessários para a obtenção de sucesso na execução.

1.2.2. Objetivos Específicos

Apresentar o processo construtivo da Alvenaria Estrutural e Alvenaria de Bloco Cerâmico, apresentar os dados orçamentários dos dois processos e comparar o custo do material empregado entre os dois métodos.

Mostrar como é realizado o seu desenvolvimento, ou seja, suas fases de execução, mostrar em que casos é viável o uso deste método por meio de comparações financeiras e técnicas; qual é a economia em determinados materiais; em quanto tempo a obra pode ser realizada e qual é a economia que esta redução de tempo traz.

1.3. HIPÓTESE

Adota-se a hipótese de que prédios habitacionais de até oito pavimentos em alvenaria estrutural apresentam custo menor quando comparado com estruturas em concreto armado e paredes em bloco cerâmico.

1.4. JUSTIFICATIVAS

A Alvenaria Estrutural é o um dos processos construtivos mais antigos que se tem conhecimento que desde a antiguidade vem sendo utilizada. Ao longo dos anos, este processo foi se aperfeiçoando e sendo inserido no mercado construtivo efetivamente como uma das alternativas mais viáveis e eficazes do ponto de vista de segurança e econômico (KALIL, 2007).

Portanto, um dos focos deste trabalho será abordar os aparentes resultados satisfatórios na execução de alvenaria de bloco estrutura e alvenaria bloco cerâmicos, viabilidade econômica e executiva de edificações, mostrando qual a melhor escolha entre os dois métodos executivos.

1.4.1. Tecnológicas

A alvenaria estrutural em blocos de concreto estruturais de alto desempenho permite a redução da utilização de fôrmas, armaduras e entulhos. Uma obra de alvenaria bem planejada se notabiliza pela total ausência de rasgos nas paredes para as instalações elétricas e hidro-sanitárias e pela inexistência de retrabalhos.

O aumento da demanda por obras e a necessidade de agilidade nos processos construtivos estimularam a procura por tecnologias que suportassem esse crescimento do mercado de forma ampla e sistemática. A partir disso foi consolidada a tecnologia da alvenaria estrutural com blocos de concreto (COELHO, 1998).

1.4.2. Econômicas

A execução de uma edificação, independente do seu porte, requer cada vez mais redução de custos e eliminação de desperdícios na produção. O projeto, constituindo uma das etapas iniciais do processo da construção e definindo as características da edificação, influencia decisivamente na exequibilidade da obra e no desempenho do ambiente construído, já que é nessa fase que as características da edificação são definidas e os aspectos relacionados aos seus custos e qualidades são considerados (RAUBER, 2005).

Segundo Ramalho Corrêa (2003), nos custos usuais, o acréscimo de custo para produção da alvenaria estrutural compensa com folga a economia que se obtém com a retirada dos pilares e vigas. Entretanto, é necessário que se atente para alguns detalhes importantes para que a situação não se inverta, passando a ser a alvenaria um processo mais oneroso para a produção da estrutura. Porém para a execução de alvenaria estrutural gera a necessidade de profissionais qualificados coisa que em nossa região a quantidade desses profissionais ainda é baixa, o que pode onerar economicamente o empreendimento.

1.4.3. Sociais

Atualmente o segmento de habitação popular está em evidência no Brasil, com muitas construtoras voltando-se para este ramo, devido à grande demanda gerada pela oferta de financiamento à baixas taxas de juros e possibilidade de subsídios, aliado ao elevado déficit habitacional. Para tais empreendimentos é fundamental que se utilize um sistema de alta produtividade e com custo adequado, devido às suas características de grande número de unidades e curto prazo para execução

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2007, o déficit habitacional no país é de 7,2 milhões de moradias, com a particularidade de que 28,5% deste índice estão concentrados nas regiões metropolitanas.

Os novos processos construtivos vêm sendo utilizados como um recurso que ajuda a minimizar o quantitativo de mão de obra ou suprir a falta dela no mercado, tendo em vista que nos últimos cinco anos, ocorreu uma grande demanda na construção civil, principalmente no mercado imobiliário que foi incentivado por programas governamentais, facilidade de crédito junto a instituições bancárias, crescimento da renda econômica, taxas e prazos acessíveis para pagamento de imóveis, entre outros.

1.4.4. Ecológicas

As justificativas ecológicas se coadunam com uma nova tendência do mundo moderno: *o ecologicamente correto*. É neste item deve-se justificar o trabalho sob essa perspectiva.

Vilató e Franco (2000) dizem que umas das vantagens da alvenaria estrutural é a execução de obras que causam menos impacto ao meio ambiente, por ter um processo quase industrializado é reduzida produção de resíduos sólidos e menor utilização das formas de madeira, além de evitar a produção de entulhos, já que para a instalação de tubulações, não necessita executar cortes nas paredes, pois já é previamente estudado em projeto.

2.REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. HISTÓRICO

O uso de alvenaria como sistema estrutural é empregado há centenas de anos, desde as grandes civilizações, que utilizavam essa técnica na construção de suas habitações, como exemplos pode-se citar. O Coliseu, a Muralha da China, o Farol de Alexandria e até mesmo as pirâmides egípcias foram construídas utilizando esse método; porém somente no ano de 1889 com a construção do edifício Monadnock, em Chicago, nos Estados Unidos, com 16 andares, 65 m de altura e parede de 1,80 m de espessura, foi utilizada a alvenaria como conhecemos hoje. Embora de forma não racionalizada, devido a falta de métodos de dimensionamento que emprega-se hoje, se fossem dimensionadas pelos métodos atuais, essas paredes teriam espessura inferior a 30 cm. (FRANCO, 2009)



Figura 1 – Coliseum de Roma em alvenaria estrutural.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Coliseu_de_Roma.

Segundo Ramalho Corrêa (2003), no Brasil, somente na década de 80 a alvenaria estrutural atingiu seu auge, quando várias empresas, interessadas em tornar esse método mais vantajoso, começaram a investir em pesquisas para torná-lo mais viável, nos dias atuais com a comprovação das grandes vantagens do uso desta técnica, houve um aumento significativo do seu uso.

2.2. CONCEITOS BÁSICOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Prudêncio Jr. (2002), alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes, compostos por unidade de alvenaria, unidos por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas além do seu peso próprio e devem apresentar basicamente as seguintes funções:

- Resistência às forças do vento;
- Resistência a cargas verticais;
- Apresentar bom desempenho contra a ação do fogo ;
- Isolar acústica e termicamente o ambiente;
- Proporcionar estanqueidade a água da chuva e ao ar.

Porém, a alvenaria estrutural não deve ser considerada unicamente pelo seu comportamento, segundo a engenheira calculista Heloisa Martins Maringoni, a modulação e a racionalização do projeto são as essências de uma obra feita em alvenaria estrutural, e é exatamente a presença da integração entre os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico das edificações que gera uma economia em torno de 25% a 30% no custo total da obra segundo o arquiteto Carlos Alberto Tauil, membro do conselho da ABCI Associação Brasileira da Construção Industrializada (Téchne ,2012).

2.3. ASPECTOS TÉCNICOS

De acordo com a norma brasileira NBR 10837 (ABNT, 1989) a alvenaria estrutural de blocos de concreto é classificada em três categorias: alvenaria estrutural não armada de blocos vazados de concreto, alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto e estrutura de alvenaria parcialmente armada com blocos de concreto, nesse trabalho se enfatizara alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto que é aquela constituída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, naqual certas cavidades são preenchidas continuamente com groute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtivas ou de amarração.

2.4. COMO A ALVENARIA ESTRUTURAL RACIONALIZA A OBRA

Em obras de estruturas de concreto armado tradicional, os serviços necessitam ser realizados por diferentes equipes e profissionais especializados: montagem de fôrmas, montagem e colocação das armaduras e concretagem. Depois, ainda devem ser executadas as alvenarias de vedação.

Já a alvenaria estrutural é mais racional, pois quase toda a estrutura é alvenaria auto portante, conforme fica evidente na figura 2 não são necessários pilares e vigas , a laje de concreto, mesmo quando moldada in loco, utiliza uma fôrma plana e uma armadura muito fácil de ser colocada, ou seja, o número de profissionais especializados diminui. A obra só vai necessitar do acabamento, que será facilitado, pois não há interfaces entre a estrutura e a vedação. Outro detalhe importante é que a alvenaria estrutural não permite alterações nas paredes já executadas, como, por exemplo, aberturas para passagem de dutos. Então, o sistema construtivo praticamente obriga o construtor a integrar projetos desde o início (MACHADO, 2006).



Figura 2 - Evidenciando a falta de pilares e vigas.

Fonte: O Autor/2013

2.5. BLOCOS DE CONCRETO

2.5.1. Resistência dos blocos

De acordo com Araújo Coelho (1998), em blocos de concreto existe uma regra muito simples e eficiente para uma primeira estimativa da resistência de bloco necessária em um edifício.

Consiste em considerar 1 MPa de resistência de bloco de 14 cm de espessura para cada pavimento. Cabe lembrar que a resistência mínima exigida pelas normas brasileiras é de 4,5 MPa. Assim, para um prédio de 16 pavimentos seria necessário um bloco de concreto de resistência à compressão de 16 MPa. Os blocos devem:

- a) bloco estrutural de concreto;
- atender a NBR 6136 e NBR 10837.

- possuir resistência mínima: 4,5 MPa.

- b) bloco sem função estrutural de concreto;

- atender a NBR 7173.

- resistência média de 2,5 MPa e individual de 2,0 MPa no mínimo.

c) Bloco sem fundo simples para alvenaria sem função estrutural que não possui norma definida, chamados “Bloco de concreto comum“. Uma das características do bloco de concreto vazado, ou seja, sem fundo, aproveitam-se os furos para a passagem das instalações e para a aplicação do graute (concreto de alta plasticidade). Não tendo fundo, há também uma grande economia de argamassa de assentamento.

2.5.2. Tipos de blocos de concreto

Muitos blocos diferentes podem ser utilizados em uma edificação de alvenaria estrutural. A NBR 6136/1994 faz uma designação dos blocos tomando como base a largura, por exemplo M-10, M-12, M-15 e M-20, referindo-se às larguras 9, 11,5, 14 e 19 cm respectivamente. Entretanto, segundo a norma, os comprimentos padronizados serão sempre de 19 e 39 cm e as alturas de 9 e 19 cm. Usualmente, a largura é igual ao módulo longitudinal, mas para o caso dos blocos de módulo 20 cm, pode-se encontrar larguras de 14 ou 19 cm. A padronização adotada, em especial quanto ao comprimento, é adequada à largura de 19 cm, mas revela-se inadequada à largura de 14 cm.

É mais fácil encontrar blocos de modulação longitudinal em múltiplos de 15 e 20 cm. Para a largura de 14 cm, é também freqüentemente encontrado um bloco especial de 34 cm, que consiste em um módulo de 15 somado a um módulo de 20 cm. A tabela 1 mostra blocos designados na norma de acordo com sua base e altura.

Tabela 1 – Blocos de concreto segundo suas bases e alturas.

Designação	Dimensões (mm)				
	largura	altura	comprimento	Parede transversal	Parede longitudinal
M-20					
M-15	190	190	390	25	32
M-12 e M-10 somente vedação	190	190	190	-	-
	140	190	390	25	25
	140	190	190	-	-
	115	190	390	15	15
	115	190	190	-	-
	90	190	390	15	15
	90	190	190	-	-

Fonte: www.forumdaconstrucao.com.br

As dimensões padronizadas dos blocos admitem tolerâncias de 2 mm para mais e para menos na largura e 3 mm para mais e para menos na altura e no comprimento.

Na alvenaria estrutural como foi citado anteriormente, existem os blocos estruturais conforme mostra-se na figura 3

Blocos de concreto estruturais

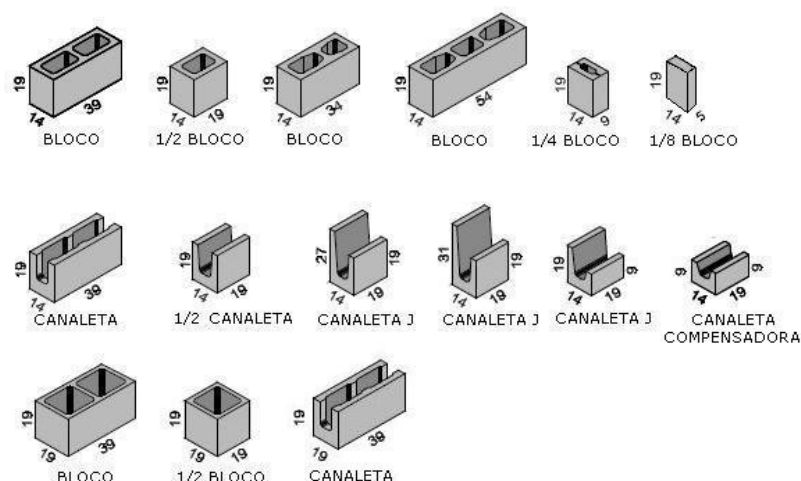


Figura 3 – Os tipos de blocos de concreto com função estrutural.

Fonte: http://www.gai.com.br/produtos_ver.php?id=12

Resistência; $4,5 \text{ MPa} < F_{ck} < 10,0 \text{ MPa}$, Taxa de absorção; $< 10\%$,

Consumo = $12,5 \text{ pç/m}^2$

E na figura 4 exemplificam-se os blocos de vedação sem função estrutural

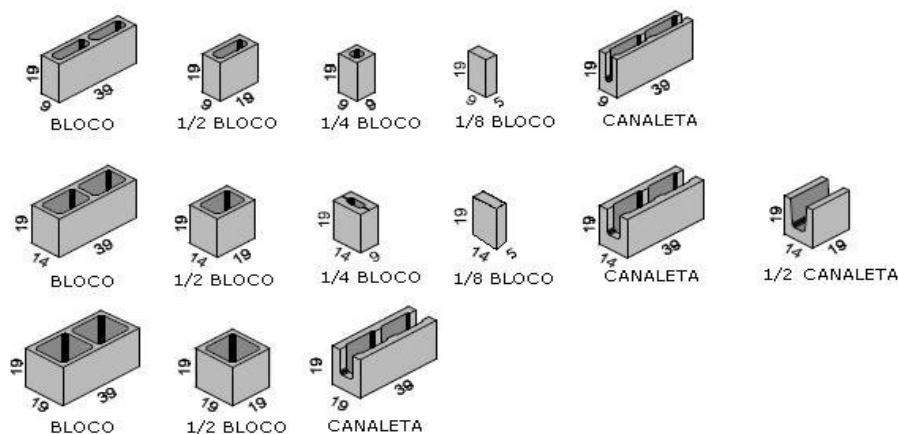


Figura 4 – Os tipos de blocos de concreto com função de vedação.

Fonte: http://www.gai.com.br/produtos_ver.php?id=11

Resistência: $f_{ck} > 2,5 \text{ MPa}$, Taxa de Absorção: $< 10\%$

2.5.3. Modulação

Na acepção de Araújo Coelho (1998), os detalhes construtivos fornecidos pelo projetista devem conter todas as informações necessárias para a confecção das alvenarias estruturais. As medidas modulares dos blocos são uma das principais exigências, pois são de fundamental importância para a racionalização da construção. Todas as dimensões horizontais precisam ser fornecidas em múltiplos da metade do comprimento do bloco, enquanto que na vertical as medidas devem ser fornecidas em múltiplos da altura nominal do bloco. O projeto deve ser modulado objetivando, assim, facilitar sua execução e até no que diz respeito à utilização de outros produtos padronizados além de minimizar o custo da construção.

2.5.3.1. Modulação Horizontal

Segundo Ramalho Corrêa (2003), considerando-se as juntas mais comuns, que são de 01 cm, tem-se que os comprimentos reais dos principais blocos serão seus comprimentos nominais, acrescido de 1 cm.

Então, as dimensões reais de uma edificação entre faces dos blocos, ou seja, sem se considerar os revestimentos, serão sempre determinadas pelo número de módulos e juntas que se fizerem presentes no intervalo. Os blocos que são colocados em cantos e bordas estarão paralelos ou perpendiculares, isto será definido de acordo com o comprimento das peças. No caso da dimensão entre blocos de canto ou borda for um número par vezes o módulo, os blocos se apresentaram paralelos. Em caso contrário, ou seja, se a dimensão for um número ímpar vezes o módulo, os blocos estarão perpendiculares. A figura 5 exemplifica os dois casos, onde M é o comprimento real do bloco e J a espessura de uma junta.

De acordo com Ramalho Corrêa (2003) , caso o projetista não possa utilizar o módulo e a largura do bloco iguais, será necessário prever a utilização de blocos especiais para a solução de cantos e bordas. Assim, para esses casos é imprescindível a utilização do bloco especial no qual um dos furos é especialmente adaptado para a dimensão da largura do bloco, enquanto o outro é um furo com as dimensões normais. Outra possibilidade é a utilização de um bloco especial de três furos. Esse bloco teria de apresentar os furos das extremidades com as dimensões normais e o furo do meio com a dimensão adaptada à largura das unidades. Assim, além de não ser comum a sua produção, esse bloco normalmente apresentaria dificuldades de instalação, pois seria muito pesado. A figuras 5 e 6 exemplificam o início da modulação horizontal, com o bloco de três furos fazendo a interseção entre paredes, neste caso não foi necessária a utilização de blocos especiais nos cantos.

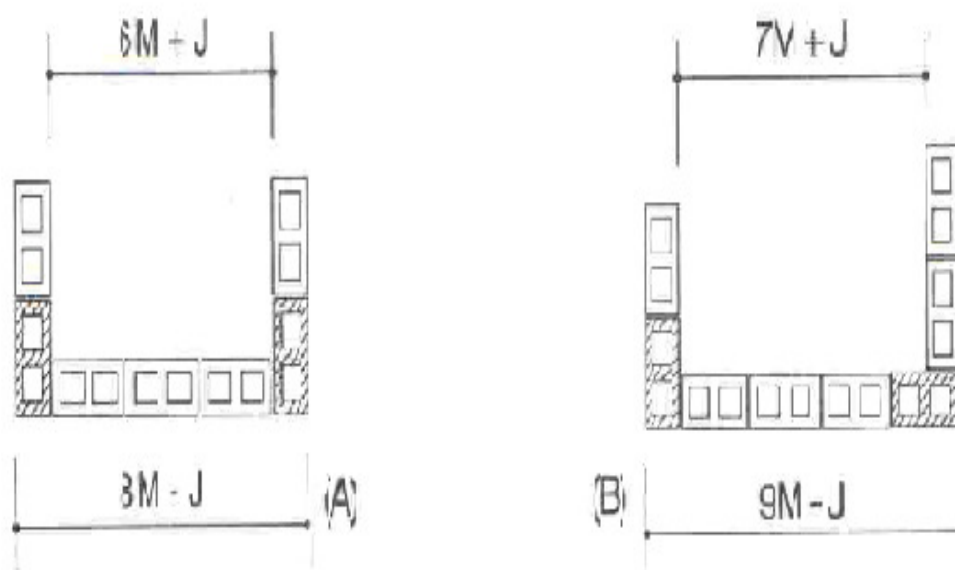


Figura 5 (A e B) – Exemplificando os casos de modulação horizontal.

Fonte: RAMALHO e tal 2003)



Figura 6 - Início da modulação horizontal, exatamente como prevê o projeto.

Fonte: O Autor (2013).

2.5.3.2. Modulação Vertical

Segundo Prudêncio Jr. (2002), a modulação vertical raramente provoca mudanças significativas no arranjo arquitetônico. Existem basicamente duas formas de se realizar essa modulação. A primeira é aquela em que a distância modular é aplicada de piso a teto. Assim, paredes de extremidades terminaram com um bloco J que tem uma das suas laterais com uma altura maior que a convencional, de modo a acomodar a altura da laje. Já as paredes internas terão sua última fiada composta por blocos canaleta comuns. Em casos em que não se pretenda ou não se possa utilizar blocos J, mesmo nas paredes externas poderão ser utilizados apenas blocos canaletas convencionais, realizando-se a concretagem da laje com uma forma auxiliar convenientemente posicionada. A figura 6 apresenta a modulação vertical, com blocos canaletas, com meio bloco e com o bloco de vedação mais comum (14x19x39).

A segunda possibilidade de modulação vertical que pode ser utilizada é a aplicação da distância modular de piso a piso. Nesse caso, a última fiada das paredes externas será formada por blocos J com uma das suas laterais com a altura menor que a convencional, de forma a também propiciar a acomodação da espessura da laje. Já as paredes internas apresentaram, em sua última fiada, blocos compensadores, para permitir o ajuste da distância de piso a teto que não estará modulada. Ocorre, pois os blocos canaleta comuns poderão ser cortados no canteiro, por meio de uma ferramenta adequada, se transformando em blocos canaleta J e em blocos compensadores, isso evidencia que eles podem ser obtidos com relativa facilidade conforme ilustra a figura 7 (Prudêncio Jr. ,etal, 2002)



Figura 7 – Modulação vertical

Fonte; O Autor/2013

2.6. ARGAMASSAS

De acordo com Araújo Coelho (1998), outro fator importante para o sucesso da construção em alvenaria estrutural é a argamassa, a experiência e a literatura têm mostrado que, conforme o fornecedor, as argamassas apresentam falta de uniformidade, além de inadequada condição de aderência. Muitas vezes, o construtor adquire uma determinada argamassa com a expectativa de atingir certa resistência indicada pelo fabricante. Quando os corpos de prova de argamassa são levados para o laboratório, percebe-se que a resistência alcançada está muito abaixo da desejada, e com o agravante de um alto coeficiente de variação na resistência, o que traduz a sua falta de qualidade. Pela NBR 10837/2000, que regulamenta o cálculo de alvenaria com blocos de concreto, a resistência mínima da argamassa é de 5Mpa.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), ela é responsável por uma boa resistência da estrutura, estanqueidade nas juntas dos blocos e em manter a aderência dos elementos utilizados. Uma boa argamassa deve, em última análise, permitir;

- a) Deslizar, facilmente, sobre os blocos, quando ela é lançada através da colher do pedreiro.
- b) Aderir bem aos panos de paredes.
- c) Permanecer plástica.
- d) Assegurar boa aderência.
- e) Apresentar boa resistência à compressão.
- f) Manter sua durabilidade.

Um traço de argamassa prático para assentamento de blocos de concreto com função estrutural é cimento 1, cal hidratada 0,25 e areia 3,5. E para blocos de concreto com função de vedação é cimento 1, cal hidratada 0,5 e areia 4,5.

2.6.1. Tipos de argamassa

A norma americana em argamassas, ASTM-C-270, especifica quatro tipos de argamassa mista, M, S, N e O. A tipo M é recomendada para alvenarias que terão contato com o solo, possui durabilidade e boa resistência à compressão. A argamassa tipo S, é recomendada a alvenarias sujeitas aos esforços de flexão. A argamassa tipo N, é recomendada para o uso geral em alvenarias sem contato com o solo, possui boa durabilidade. E a argamassa tipo O, é recomendada para uso em paredes internas, onde a tensão de compressão não exceda 0,70 MPa. A tabela 2 mostra os traços recomendados pela norma americana e as resistências desejadas para estas argamassas.

Tabela 2 – Traços de argamassa recomendados de acordo com o tipo de argamassa.

Tipo de argamassa	Traço em Volume			Resistência média esperada (MPa)
	Cimento	Cal	Areia	
M	1	0-1/4	*	17,2
N	1	0-1/2		12,4
S	1	1		5,2
O	1	2		2,4

* De 2,25 a 3 vezes o volume de cimento e cal.

Fonte: Prudêncio Jr. ,e tal, (2002)

2.6.2. Concreto de preenchimento (Groute)

Segundo Prudêncio Jr. ,e tal, (2002),o concreto de preenchimento trata-se de concreto com agregado miúdo destinado ao nucleamento, preenchimento dos vazios em locais específicos, com finalidade de enrijecimento local, proporcionando a integração da armadura com a alvenaria e também é conhecido como micro concreto *groute*. Os locais são indicados no projeto estrutural. É importante testar o desempenho do *groute*.na resistência de prismas, tendo seus vazios por ele preenchidos. Deve possuir resistência entre 20 e 30 MPa e *slump* 20 ± 3 cm. Sua composição consiste em areia, pedrisco e cimento, o traço deve ser testado. O diâmetro máximo do agregado deve ser menor que 1/4 da menor espessura da parede do bloco (100 % passando na peneira 12,5 mm). A critério da fiscalização podem ser utilizados aditivos com finalidade de expansão, para evitar que a retração por secagem comprometa o caráter monolítico da célula nucleada. O preparo dele deve ser feito em betoneira e nunca manual, o ideal é que seja usinado. O preenchimento vertical dos vazios dos blocos com o micro concreto *groute* é feito nos espaços especialmente projetados para receberem em esse *groute*, podendo ser providos de armadura. O preenchimento horizontal dos vazios-caneletas com o *groute* também é muito utilizado, principalmente nos vãos de janelas e portas.



Figura 8 – O groute produzido *in loco*.

Fonte: O Autor/2013

2.7. MÃO-DE-OBRA

Segundo Prudêncio Jr. (2002), também é necessária para esta técnica a adequação da mão-de-obra. Pode-se minimizar um pouco este problema com o uso de ferramentas especiais. Para executar alvenaria são comuns o nível de bolha e o fio de prumo para se verificar a horizontalidade e verticalidade das paredes, algo tão importante na alvenaria estrutural quanto na de vedação. O uso de escantilhões, exemplificado na figura 9, contribui para ajustar a posição relativa de paredes perpendiculares e estabelecer referências para o lançamento das fiadas, e o uso da bisnaga para inserir a argamassa nos estreitos perfis dos blocos, são procedimentos que facilitam o trabalho dos operários.



Figura 9 – Escantilhão, essencial para deixar as paredes perpendiculares.

Fonte: O Autor/2013

2.7.1. Execução

De acordo com Araújo Coelho (1998), para assentamento dos blocos, cuidados especiais devem ser tomados pelos executantes, uma vez que, em hipótese alguma, a primeira fiada poderá ficar sem estar bem nivelada e alinhada, por ser considerada a mais importante. Os blocos de cantos deverão

ser assentados em primeiro lugar e, normalmente, até uma altura de quatro fiadas, tendo-se o cuidado de sempre deixar escalonado, e em cada fiada, conferir a prumada, além da verificação do nivelamento e alinhamento de cada bloco. Antes de o bloco ser assentado, coloca-se argamassa nas faces verticais e horizontais do bloco pertencente à fiada inferior. Neste caso, não deverá ser espalhada, ao mesmo tempo, em muitos blocos. Os blocos deverão ser seguros nas suas paredes divisórias até que sejam colocados em sua posição definitiva.



Figura 10 - Execução das primeiras fiadas, faixa azul indicando local para passagem de tubulação elétrica.

Fonte: O Autor/2010

2.7.2. Juntas e acabamentos

Segundo Araújo Coelho (1998), o excesso de argamassa que aparecem nas juntas ao ser colocado cada bloco, com a colher, o pedreiro deverá retirar. Enquanto as juntas estiverem molhadas, deverão ser feitos os acabamentos através de moldes apropriados, confeccionados para cada tipo de junta escolhida. Estas podem ser junta tomada (fig.11a), junta frisada em “U”

arredondada (fig.11b), junta frisada em “V” (fig.11c) ou junta frisada em “U” reta (fig.11d).

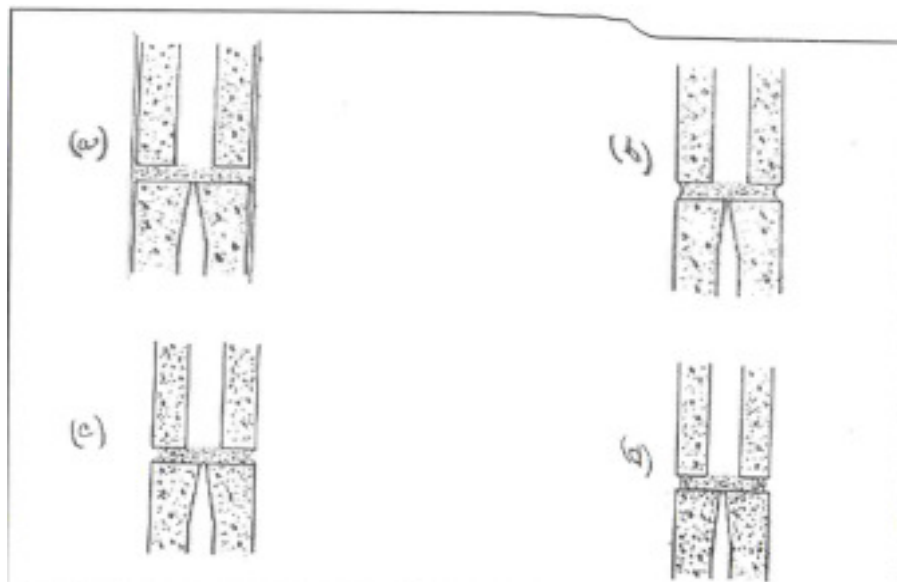


Figura 11 – Os quatro jeitos de fazer a junta.

Fonte; ARAÚJO Coelho (1998)..

2.8. REVESTIMENTOS

Este é um dos diferenciais da alvenaria estrutural em bloco de concreto. É possível eliminar o lento, caro e irregular processo convencional de chapisco, emboço e reboco. Por não possuir o contato do bloco com pilares e vigas, na alvenaria estrutural existe uma regularidade muito maior da parede, isso propicia a aplicação do gesso com regularizador da parede. A experiência têm mostrado rebocos internos com aplicação de gesso com espessuras de 1 cm , e com o reboco de argamassa tradicional, encontramos de 5 à 6 cm como mostra a figura 12 (MACHADO, 2006).

Por outro lado, para aplicação deste gesso é necessária uma mão-de-obra mais especializada do que o reboco com argamassa, pois encarece o sistema.

Nas áreas úmidas, devido aos mesmos motivos citados acima, é possível aplicar o azulejo diretamente na parede, neste caso eliminando qualquer camada regularizadora.



Figura 12 – Revestimento em reboco com 5 cm de espessura.

Fonte: O Autor/2013

2.9. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO BLOCO

Segundo Prudêncio Jr. (2002), fissura causada por tração é uma manifestação patologia que pode ser encontrada com freqüência. Pode ocorrer junto a aberturas, onde o fluxo de tensões acaba sendo desviado, ou em posições em que efeitos externos provocam as referidas trações. Nesse segundo caso, uma das manifestações patológicas mais preocupantes porque ocorre junto à laje de cobertura. Efeitos térmicos provocam aumento e diminuição das dimensões dessa laje, levando a movimentações que podem afetar seriamente a alvenaria. É necessário proteger a laje de variações muito expressivas de temperatura, reduzir as dimensões utilizando juntas de concretagem e providenciar uma separação entre a laje e as alvenarias que lhe dão suporte. Além disso, é necessário pensar na junta que existirá entre a parede e a laje, do ponto de vista estético e na vedação. Assim, providenciar um detalhe de fachada que disfarce a existência da fissura e um material elástico que garanta a estanqueidade. Também é possível a retração dos blocos ou da argamassa, por exemplo, se a cura for deficiente, o seu

desempenho futuro certamente será prejudicado, podendo fissurar excessivamente. Também não se pode deixar os blocos armazenados sob sol e chuva e assentá-los ainda úmidos. As fissuras se distribuirão por toda a edificação. É claro que isso nada tem a ver com o aspecto estrutural em si, mas é uma manifestação patológica significativa. O mesmo pode ocorrer com a argamassa se a aderência não for suficiente. A ligação entre os blocos não é suficiente e as fissuras vão aparecer.

É fundamental realizar os testes de resistência com os lotes de blocos, pois existe a possibilidade de conter blocos já fissurados, como mostra na figura 13, ou blocos sem a resistência esperada. Caso estes blocos sejam aplicados, existe uma grande probabilidade de manifestações patológicas, principalmente se eles forem aplicados na primeira fiada, onde fica concentrada grande parte da carga.



Figura 13 – Blocos trincados, fissurados ou quebrados.

Fonte: O Autor/2013

2.10. POSSIBILIDADES DE USO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

2.10.1. Edifícios comerciais

Para Ramalho e Corrêa (2003), algo que é pouco citado é a possibilidade de executar a técnica em edifícios comerciais, desde que se utilizem paredes mais resistentes e lajes mais espessas para conseguir vencer vãos maiores. Isso dará maior liberdade ao arranjo arquitetônico, permitindo inclusive que esse arranjo possa ser modificado posteriormente, desde que não sejam alteradas as paredes estruturais.

2.10.2. Estruturas mistas

Segundo Araújo Coelho (1998), também pode ser viável a adoção de estruturas mistas, com concreto armado e alvenaria estrutural. Nesses casos há duas alternativas principais, uma é fazer a estrutura do subsolo até o térreo em concreto armado, e a partir do 1º andar subir com alvenaria estrutural até 15 pavimentos, conhecido como associação na vertical. A outra é usar estruturas realmente mistas, com alvenarias estruturais e estruturas de concreto armado trabalhando lado a lado num mesmo pavimento, o que é não é muito recomendável se considerar muitos pavimentos, porque a alvenaria estrutural e o concreto armado têm rigidez e comportamento diferentes. Se a alvenaria utilizada juntamente com o concreto for suficientemente armada para ter características elásticas semelhantes, é perfeitamente possível chegar a três ou quatro pavimentos com essa associação que costuma-se chamar de horizontal.

Convém frisar, há a necessidade de mesclar a alvenaria estrutural com a estrutura convencional em concreto armado, para que haja uma perfeita adequação ao projeto arquitetônico ou por qualquer outro motivo como, por exemplo, quando há falta de recursos construtivos no processo de alvenaria estrutural. Assim, há casos em que o projeto arquitetônico preconiza a existência de garagens no subsolo ou térreo, ou seja a estrutura de concreto

armado no até o térreo e a alvenaria estrutural a partir do 1º pavimento. O ideal seria não existir a estrutura de concreto armado tradicional no processo construtivo da alvenaria estrutural, o que nem sempre é possível devido ao projeto arquitetônico.

2.10.3. Segmento de alto padrão

Para o segmento de alto padrão hoje já é possível encontrar empreendimentos residenciais com alvenaria estrutural cujas construtoras oferecem várias opções de planta aos compradores. Isso acontece, pois na fase de projeto há uma definição de quais serão as paredes estruturais e liberadas para modificações. O projetista define a estrutura de suporte do edifício, e o restante são apenas divisórias que podem ser executadas com alvenaria não-estrutural ou painéis de gesso acartonado. Na teoria é possível modificar o posicionamento de paredes estruturais, pavimento por pavimento, mas seu custo é mais elevado do que a primeira medida descrita, então não é muito usada por ser inviável economicamente (TECHNE, 2012).

2.10.4. Segmento popular

É a forma mais usada da alvenaria estrutural, onde as edificações têm no máximo quatro pavimentos, a alvenaria tem função estrutural e de vedação, é feita apenas uma opção de planta por edifício. É possível ser feita com fundações superficiais, não é necessário elevador, baixando o custo e tornando acessível às classes populares, não é possível modificações nas paredes, e se torna viável devido principalmente ao baixo custo e à velocidade de execução (Techne, 2012).

2.11. DIMENSIONAMENTO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo a (ABNT-NBR 8798, 1995) ,na alvenaria estrutural, o peso de cada bloco é transmitido para outros localizados em posições inferiores, e estes, por sua vez, descarregam na fundação. São responsáveis pela sustentação de 80% de todo o peso. Os blocos que compõem as alvenarias portantes, apesar de suportar toda a carga vertical, necessitam de amarrações visando às tensões horizontais. A maior densidade apresentada por esses blocos em relação aos tijolos convencionais faz com que o próprio peso mantenha a sustentação. Por outro lado, os blocos, por serem mais pesados que os tijolos convencionais e pelo fato de terem que se sustentarem uns aos outros, apresentam uma boa resistência a compressão. Para a escolha de um ou outro bloco, bem como sua largura deve ser considerada a qualidade do terreno, o perfil da edificação, cargas laterais e cisalhamento, altura da edificação e etc.

2.11.1. Estabilidade

As lajes devem se apoiar, no mínimo em $\frac{2}{3}$ da espessura das paredes externas, a espessura mínima das paredes não portantes é 9 cm, e a espessura mínima das paredes portantes é 14 cm, a esbeltes máxima para as paredes portantes é 20 e para as não portantes é 28. Onde o índice de esbeltes é definido através da divisão da altura da parede, sobre a espessura efetiva da parede (PRUDÊNCIO JR., 2002).

2.11.2. Juntas de dilatação

A distância entre as juntas de dilatação não deverá ultrapassar 20m, devem ser previstas onde se conhece a máxima variação de temperatura ou máxima expansão devido à umidade e sua espessura não deverá ultrapassar 2,5 cm (RAMALHO CORRÊA, 2003).

2.12. ELEMENTOS ESTRUTURAIS NAS PAREDES PORTANTES

A incorporação de elementos estruturais às paredes portantes são de fundamental importância, dentre estes elementos, os mais evidentes numa alvenaria estrutural são as vergas, as vigas, as cintas e os pilaretes (RAMALHO CORRÊA, 2003)..

Segundo o mesmo autor as vergas são elementos estruturais posicionados nos vãos destinados a janelas e portas. Estas são executadas com blocos, do tipo canaletas, escorados por baixo ou também podem ser pré-moldadas. Após, coloca-se a armação horizontal. No entanto, na existência de um vão maior, haverá necessidade, além da fiada das canaletas com armação horizontal e estribos, de uma outra fiada de blocos, de tal forma que estes, assentados sobre os bordos das canaletas, permitam que os estribos passem pelos seus espaços vazios. Ela é um elemento estrutural sujeito à incidência de momento fletor, tem a finalidade de absorver as reações das lajes e as cargas distribuídas por elas às paredes.

Ainda cita que as vigas são elementos estruturais, projetadas para receberem cargas, são normalmente horizontais, podendo também ser inclinadas. O cálculo das vigas é baseado no mesmo princípio em que se baseia o concreto armado, pelo fato de que quando a viga esta cheia, ela torna-se um material homogêneo.

Segundo Ramalho Correa (2003) as cintas de amarração são elementos estruturais apoiados sobre as paredes, com a função de distribuir e uniformizar as cargas atuantes sobre as paredes de alvenaria. São aplicadas em paredes onde exista duas ou mais aberturas, funcionando como uma verga contínua. Sua utilização ainda auxilia no contraventamento e amarração das paredes.

Os chamados “pilaretes” são projetados para serem executados em posições estratégicas, como elementos portante de cargas verticais. As armações verticais são colocadas nos vazios dos blocos e os estribos serão colocados e apoiados em cada bloco assentado (RAMALHO CORRÊA, 2003).



Figura 14 – Verga sob abertura de janela, preenchida com groute em seu interior.

Fonte: O Autor/2013

2.13. FUNDAÇÃO

O tipo de fundação depende do empreendimento, clima, solo e geografia. A seleção deve considerar segurança, estabilidade e durabilidade, além do alinhamento necessário para a produção das paredes. (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Em Curitiba já observamos, alvenaria estrutural com estacas escavadas, com estacas pré-moldadas cravadas conforme figura 15,



Figura 15 - Fundação no caso desta obra em cravação de estacas pré-moldadas.

Fonte: O Autor/2013

2.14. INSTALAÇÕES NA ALVENARIA ESTRUTURAL

2.14.1. Instalações hidro- sanitárias e elétricas

De acordo com Araújo Coelho (1998) as medidas modulares dos blocos são imprescindíveis para a racionalização das instalações hidro-sanitárias e elétricas. Observa-se, ainda, que as tubulações pertencentes às instalações serão executadas de acordo o tipo do material e da estrutura, ou seja, cada caso requer um estudo separado. Tais instalações devem ser muito bem planejadas antes de tudo, pois ao serem executadas nas alvenarias estruturais, diferem das executadas nas estruturas tradicionais, uma vez que se faz necessária a sua execução a partir da implantação da fundação. E sendo indicada a do tipo radier as tubulações devem ser terminadas antes da concretagem do radier, o mesmo ocorrendo na fase de execução de lajes de impermeabilização. Ao ser iniciada, a alvenaria de blocos portantes ou autoportantes, as tubulações devem ser convenientemente locadas, de tal forma a atenderem os pontos previstos em projeto. Contudo, o ideal é serem previstas alvenarias não portantes, a fim de que seja facilitada a execução

dessas instalações. Os blocos têm aberturas para passagem de eletrodutos em seu interior, permitindo que as instalações elétricas sejam feitas sem quebras de parede conforme figura 16.



Figura 16 – Instalação elétrica faixas azuis indicando o local para passagem para não groutear.

Fonte: O Autor/2013

Nos locais onde ficam as caixas e quadros de luz, bem como os pontos de utilização para torneiras, chuveiros, etc, os blocos são marcados e serrados previamente e, depois de assentados, são encaixados os acessórios. Não é aconselhável abrir rasgos horizontais nas alvenarias para as instalações hidráulicas e elétricas, uma vez possível que as mesmas sejam feitas pelo piso, pelo forro ou, quando não, em canaletas preenchidas com *groute*. Nas alvenarias executadas com blocos de concreto celular, as paredes hidráulicas deverão exercer apenas a função de vedação, devendo ser executadas após a conclusão de toda a alvenaria autoportante. As tubulações devem estar embutidas nas paredes de tal modo que seja possível um recobrimento mínimo de 1,5 cm, não considerando o revestimento. Nas alvenarias estruturais, executadas com blocos dotados de aberturas para passagem de tubulações, os tubos de queda e colunas de ventilação, face ser possível os diâmetros permitidos por normas serem embutidos nessas aberturas conforme figura 17 ,

devem ser projetados *shaft* sem locais estratégicos, de tal forma que possam envolver essas tubulações (KALIL, 2007)..



Figura 17 – Instalação hidráulica enterrada.

Fonte: O Autor/2013

2.14.2. Instalações telefônicas

Conforme Araújo Coelho (1998), as caixas de distribuição da linha telefônica, geralmente são localizadas no térreo das edificações, as de distribuição, situadas em cada um dos demais pavimentos, bem como as tubulações que as interligam, devem constar nos projetos telefônicos, como sendo executados em shafts, normalmente posicionados no hall de entrada dos prédios. As normas telefônicas, em edifícios de grande porte, com elevado número de pontos telefônicos, preconizam que a tubulação da prumada deve ser substituída por um poço de elevação. O poço de elevação consiste em numa série de cubículos alinhados e dispostos verticalmente, interligados através de abertura na laje



Figura 18 – Instalação para telefone.

Fonte: O Autor/2013

3.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo deste trabalho é apresentar dois processos tecnológicos de construção (alvenaria estrutural de blocos de concreto e de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação), que tem como metas mostrar novos conhecimentos e/ou informar conhecimentos existentes nos métodos construtivos que serão abordados.

Para alcançar os objetivos definidos, a escolha do estudo de caso foi o de um Edifício de oito andares considerado para a classe B, com apartamentos de três quartos com 90 m² de área útil cada apartamento. Foram orçados os insumos diferentes entre os dois métodos construtivos, ou seja, que não eram comuns, possibilitando demonstrar o estudo comparativo de modo real para ambas as construções de estudo.

As informações foram obtidas a partir de coleta de dados da construtora pelo projeto estrutural, arquitetônico, hidráulico e elétrico de cada construção do estudo de caso, bem como os insumos para composição da planilha orçamentária. Os preços dos insumos foram obtidos em planilhas do Sistema de Preços Custo e Índices (SINAPI) e na Secretaria Estadual de Obras Publicas (SEOP) do ano corrente (2013). As informações obtidas estão na planilha de parametrização de custos, elaborada pela empresa X, que faz análise comparativa de orçamento entre os dois métodos estruturais propostos neste trabalho.

Após as análises realizadas nas duas obras de diferentes portes, pode – se concluir qual método estrutural tem maior viabilidade econômica e construtiva

Seguem as plantas baixa e a modulação dos dois métodos analisados, onde existe um projeto arquitetônico na figura 19, outro projeto de modulação executado em bloco estrutural na figura 20 e outro projeto estrutura executado em alvenaria de vedação na figura 21.

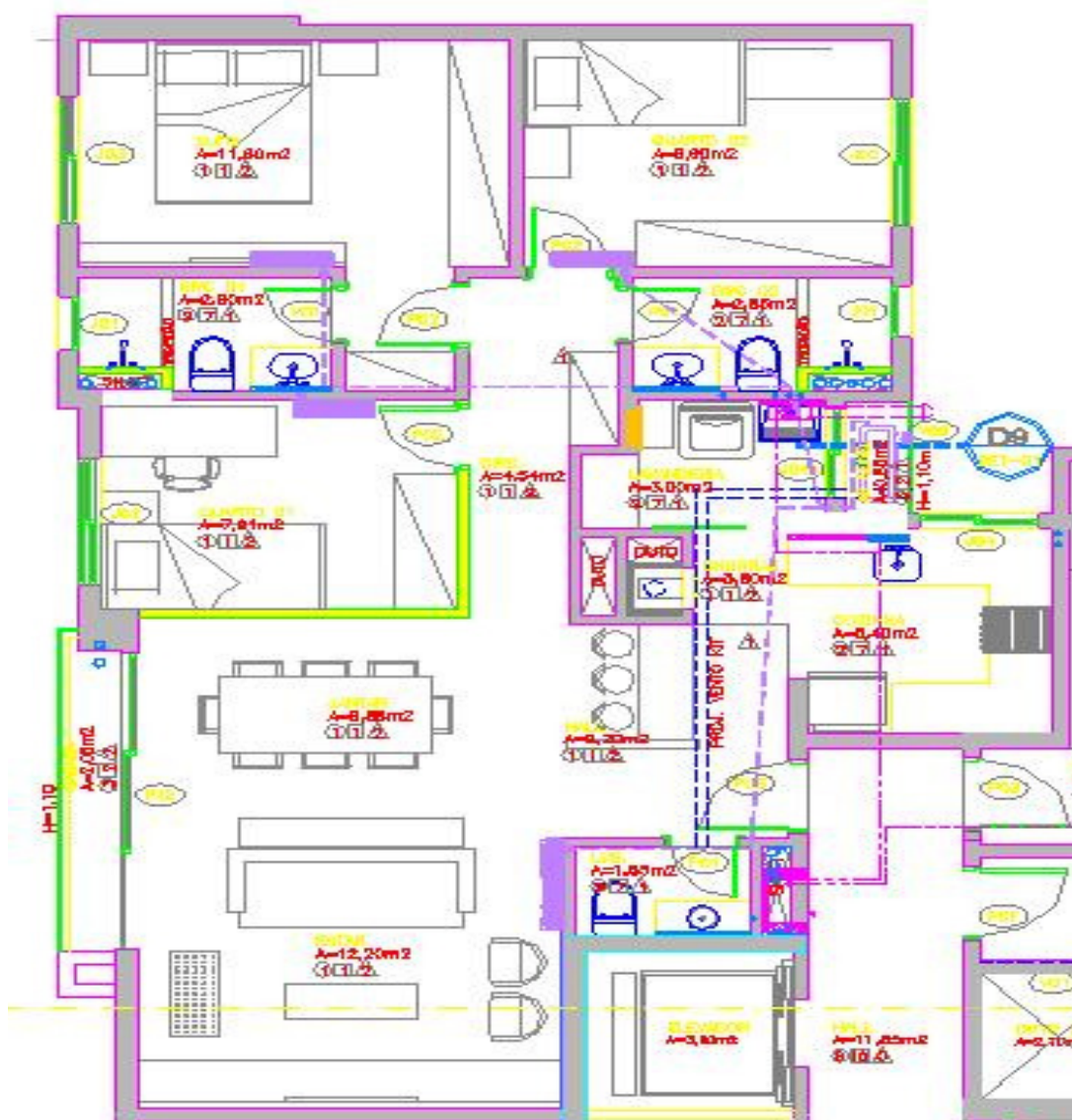


Figura 19 – Planta Baixa Projeto Arquitetônico

Fonte: O Autor/2013

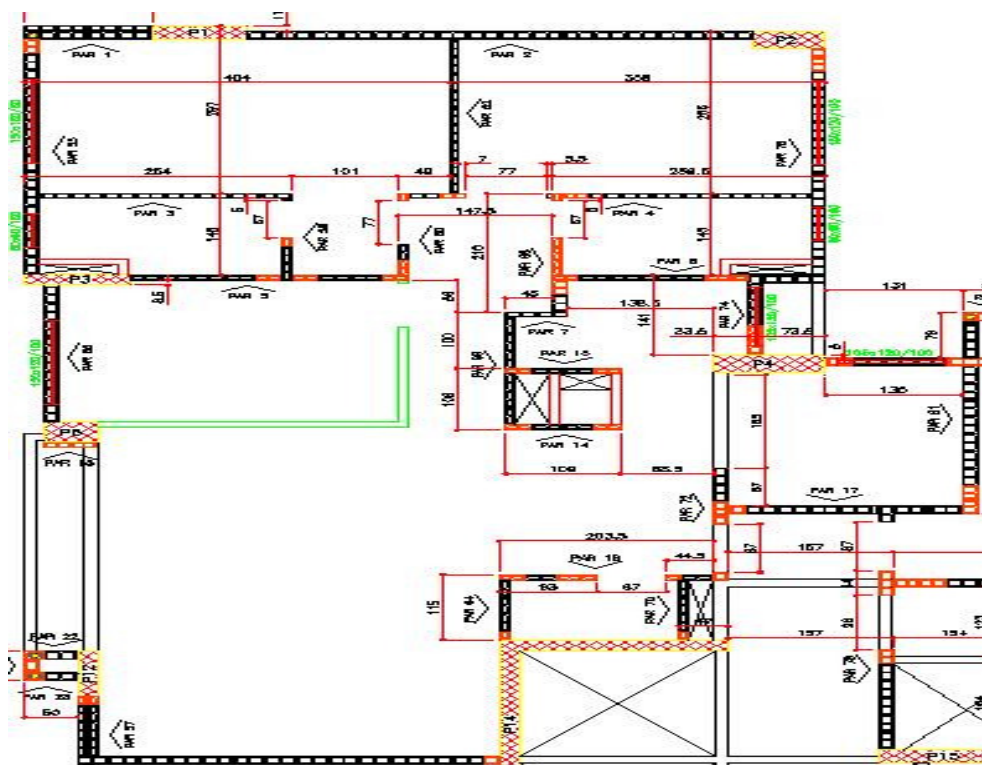


Figura 20 – Planta Modulação alvenaria Estrutural

Fonte: O Autor/2013

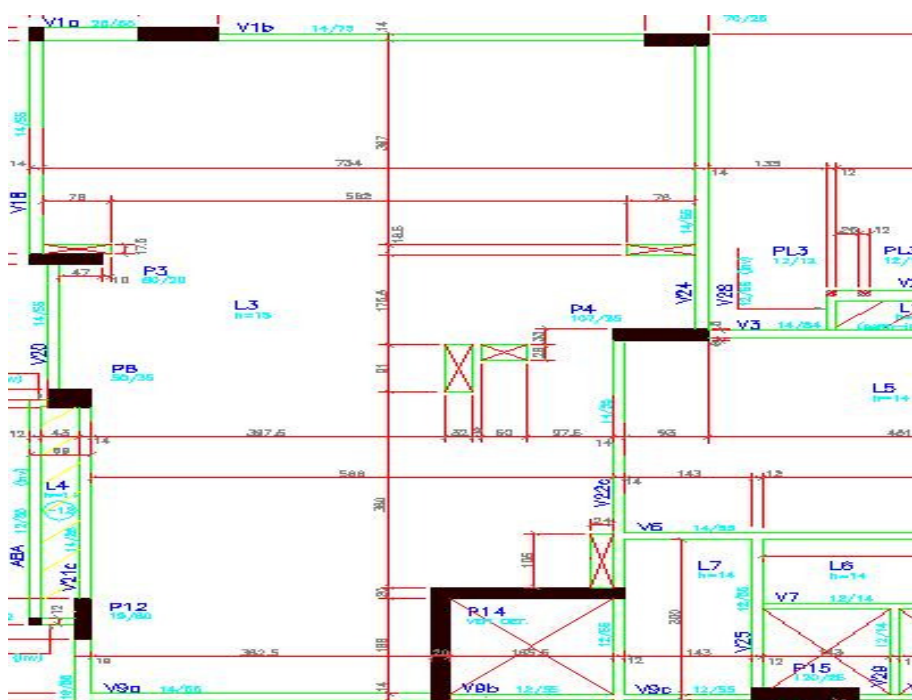


Figura 21 – Projeto estrutural para alvenaria de Vedação

Fonte: O Autor/2013

4.VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo Camacho (2001) a experiência tem demonstrado que o conveniente emprego da alvenaria estrutural pode trazer as seguintes vantagens técnicas e econômicas:

- Simplificação das técnicas de execução;
- Menor diversidade de materiais empregados;
- Redução da mão-de-obra;
- Economia de formas;
- Maior rapidez de execução.
- Eliminação de interferências, no cronograma executivo, entre os subsistemas: a existência de apenas um elemento para assumir as múltiplas funções de ambos é bastante vantajosa, não só pela facilidade construtiva que proporciona, mas também por eliminar problemas que surgem nas interfaces entre estes subsistemas.
- Uma economia financeira para o incorporador na hora da execução do empreendimento.

E o mesmo autor ainda diz que a principal desvantagem é a limitação do projeto arquitetônico pela concepção estrutural, que não permite a construção de obras arrojadas. Outra desvantagem é a impossibilidade de adaptação da arquitetura para um novo uso, assim como o desempenho da alvenaria é altamente influenciado por fatores inerentes à maneira como ela é executada, isso exige controle eficiente tanto de materiais empregados como do componente da alvenaria. Mão de obra qualificada e bem treinada e uma constante fiscalização são imprescindíveis.

Necessidade de projetos extremamente corretos; a interferência entre os projetos é muito grande na alvenaria estrutural, a impossibilidade de furar ou derrubar paredes, já que as paredes estruturais servem como estrutura para o empreendimento e obriga uma compatibilização entre arquitetônico, estrutural e instalações estar correta.

5.COMPARAÇÃO FINANCEIRA ENTRE OS SISTEMAS

5.1. ETAPAS DA OBRA COMPARADAS

Existem etapas da obra que são iguais nos dois métodos, como execução de pintura e cerâmica, instalações de pontos elétricos, hidráulicos, portas, esquadrias, louças e metais e, conseqüentemente, não geram alteração de custo. A seguir o custo para instalação das ferragens, para a concretagem, para a instalação das formas, para a construção da alvenaria, e para a execução do chapisco, emboço e reboco, que são diferentes para os métodos avaliados e impactam no custo final da obra.

5.1.1. Custos com armaduras

A composição indicada na Tabela 3 refere-se a um kg de aço, ou seja, quanto custa para instalar um kg de aço, com mão-de-obra e materiais, considerando o aço CA 50 com bitola de 8,00 mm. Para a composição com outros tipos e bitolas de aço é necessário somente alterar o valor e descrição na tabela, gerando automaticamente o resultado, já que as fórmulas estão inclusas.

Tabela 3 – Composição orçamentária para compra e instalação das ferragens.

SERVIÇO: Aço CA-50, Ø 8,0 mm, corte e dobra na obra						
		MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
		Armador	H	0,08	4,61	0,37
		Ajudante de armador	H	0,08	3,27	0,26
		SUB TOTAL				0,63
		LEIS SOCIAIS 127,00%				0,80
		TOTAL (A)				1,43
		MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
		Barra de aço CA 50 (bitola 8,00 mm / massa linear 0,395 kg/m)	kg	1,05	2,61	2,74
		Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	0,02	2,74	0,08
		TOTAL (C)				2,74
		CUSTO DIRETO TOTAL				4,17
		BDI 30,00%				1,25
		ADM 0,00%				0,00
		PREÇO UNITÁRIO TOTAL POR KG				5,42

Os valores indicados na Tabela 4 foram os gastos com armadura no edifício de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação. Já a Tabela 5 indica os gastos para este item da obra construída em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Tais tabelas mostram os tipos de aços que foram utilizados, onde as quantidades foram retiradas do projeto estrutural do edifício, realizado pela empresa X projetos. Esta é a economia com aço, quando não é necessário armar pilares e vigas.

Tabela 4 – Custo com ferragens para o sistema de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação.

Bitolas (mm)	Total em barras	Total em peso	Preço unitário p/ Kg	Preço por bitola
CA 60 Ø5	5240	9694kg	R\$ 5,20	R\$ 50.408,80
CA 50 Ø6,3	3559	10462kg	R\$ 5,76	R\$ 60.261,12
CA 50 Ø8	1518	7197kg	R\$ 5,42	R\$ 39.007,74
CA 50 Ø10	1664	12319kg	R\$ 5,03	R\$ 61.964,57
CA 50 Ø12,5	1577	18220kg	R\$ 5,03	R\$ 91.646,60
CA 50 Ø16	661	12684kg	R\$ 5,03	R\$ 63.800,52
CA 50 Ø20	65	1940kg	R\$ 5,03	R\$ 9.758,20
CA 50 Ø25	93	4309kg	R\$ 5,03	R\$ 21.674,27
Total				R\$ 398.521,82

Tabela 5 – Custo com ferragens para alvenaria estrutural em blocos de concreto.

Bitolas	Total em barras	Total em peso	Preço unitário p/ Kg	Preço por bitola
CA 60 Ø5	2689	4974	5,2	R\$ 25.864,80
CA 50 Ø6,3	1795	5276	5,76	R\$ 30.389,76
CA 50 Ø8	952	4513	5,42	R\$ 24.460,46
CA 50 Ø10	1044	7723	5,03	R\$ 38.846,69
CA 50 Ø12,5	1097	12672	5,03	R\$ 63.740,16
CA 50 Ø16	345	6527	5,03	R\$ 32.830,81
CA 50 Ø20	19	567	5,03	R\$ 2.852,01
CA 50 Ø25	1	46	5,03	R\$ 231,38
Total				R\$ 219.216,07

Sendo assim, o custo de aço o edifício construído em concreto armado com alvenaria em bloco cerâmico é de R\$ 398.521,82 e o custo para o edifício em alvenaria estrutural em bloco de concreto é de R\$ 219.216,07. Verifica-se

que o custo do aço em alvenaria estrutural em bloco de concreto chega a ser 45% menor que a estrutura convencional.

5.1.2. Custos com formas

A Tabela 6 mostra a composição para um m² de forma com chapa compensada resinada de pinus 12 mm, incluído mão-de-obra e material. Neste item estão contabilizados pregos, pontaletes e desmoldantes.

Tabela 6 – Composição orçamentária para formas com compensado resinado de 12mm.

SERVIÇO: Forma de chapa compensada para estruturas em geral, resinada, e=12 mm, sem reaproveitamento.				
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Ajudante de carpinteiro	H	1,33	3,27	4,36
Carpinteiro	H	1,33	4,61	6,15
SUB TOTAL				10,51
LEIS SOCIAIS 127,00%				13,35
TOTAL (A)				23,86
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: pinus)	m	4,0000	2,48	9,92
Pontalete de Pinus de 3m	UN	1,2500	5,57	6,96
Prego (tipo de prego: 18x27)	kg	0,1010	5,00	0,51
Prego (tipo de prego: 13x15)	kg	0,0188	5,50	0,10
Chapa compensada resinada (espessura: 12,00 mm)	m ²	1,0500	10,33	10,85
Desmoldante de fôrmas para concreto	L	0,4500	3,00	1,35
TOTAL (C)				29,69
CUSTO DIRETO TOTAL POR m²				69,61

Nas Tabelas 7 e 8 estão indicados os custos estimados do item construtivo formas, orçados nos dois métodos, para este edifício em estudo. As quantidades foram retiradas do projeto estrutural através de levantamentos quantitativos, e os preços dos materiais são referentes aos preços de mercado de hoje.

Tabela 7 – Custo com formas no sistema de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação

MÉTODO CONVENCIONAL			
Material	Total em m ²	Preço unitário p/ m ²	TOTAL
Chapa de madeirite 12mm	7805,21	R\$ 52,00	R\$ 405.870,92

Tabela 8 – Custo com formas para a alvenaria estrutural em blocos de concreto.

MÉTODO CONVENCIONAL			
Material	Total em m ²	Preço unitário p/ m ²	TOTAL
Chapa de madeirite 12mm	4674,4	R\$ 52,00	R\$ 243.068,80

O custo de forma com o edifício de concreto armado e alvenaria em bloco cerâmico é de R\$ 540.591,96 e com o edifício em alvenaria estrutural em bloco de concreto é de R\$243.068,80. Verifica-se que o custo de forma em alvenaria estrutural em bloco de concreto chega a ser 55% menor que a construção convencional.

5.1.3. Custos com concretagem

A tabela 9 e 10 mostra a composição a referente a um m³ de concreto usado em laje , incluindo mão-de-obra e material, inclusive a bomba para concreto, a energia o aluguel do vibrador, e o custo com os funcionários.

Tabela 9 – Composição orçamentária para concretagem.Fck=25Mpa

SERVIÇO: Concreto Estrutural Usinado Bombeável Fck=25MPa					
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL	
Servente	H	6,00	3,27	19,62	
Pedreiro	H	2,00	4,61	9,22	
Ajudante	H	0,10	3,27	0,33	
SUB TOTAL				29,17	
LEIS SOCIAIS 127,00%				37,04	
TOTAL (A)				66,21	
EQUIPAMENTO	UN	COEF. UTILIZAÇÃO	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL	
Vibrador de imersão, elétrico, potência 2 HP - aquisição	UN	0,00000981	1.602,87	0,02	
TOTAL (B)				0,02	
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL	
Concreto Usinado Bombeável Fck=25MPa - Slump 10 + ou - 2.	m³	1,00	235,00	235,00	
Bomba para concreto usinado	m³	1,05	30,00	31,50	
Energia elétrica	kw	0,08	0,36	0,03	
TOTAL (C)				266,53	
CUSTO DIRETO TOTAL POR m³				432,58	

Tabela 10 – Composição orçamentária para concretagem.Fck=40mpa

SERVIÇO: Concreto Estrutural Usinado Bombeável Fck=40MPa				
MÃO DE OBRA	UNI.	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Servente	H	6,00	3,27	R\$ 19,62
Pedreiro	H	2,00	4,61	R\$ 9,22
Ajudante	H	0,10	3,27	R\$ 0,33
SUB TOTAL				R\$ 29,17
LEIS SOCIAIS 127,00%				R\$ 37,04
TOTAL (A)				R\$ 66,21
EQUIPAMENTO	UNI.	COEF. UTILIZAÇÃO	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Vibração de imersão, elétrico, potência 2 HP - aquisição	UNI.	0,00000981	1.602,87	R\$ 0,02
TOTAL (B)				R\$ 0,02
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UNI.	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Concreto Usinado Bombeável Fck=40MPa	m³	1,00	280,00	R\$ 280,00
Bomba para concreto Usinado	m³	1,05	30,00	R\$ 31,50
Energia Elétrica	kw	0,08	0,36	R\$ 0,03
TOTAL (C.)				R\$ 311,53
CUSTO DIRETO TOTAL POR m³				R\$ 465,08

A tabela 11 mostra a composição a referente a um m³ de concreto in loco , incluindo mão-de-obra e material, e o custo com os funcionários.

Tabela 11 – Composição estrutural in loco Fck=30MPa

SERVIÇO: Concreto Estrutural in loco (groute) Fck=30MPa				
MÃO DE OBRA	UNI.	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Servente	H	6,00	3,27	R\$ 19,62
Pedreiro	H	2,00	4,61	R\$ 9,22
Ajudante	H	0,10	3,27	R\$ 0,33
SUB TOTAL				R\$ 29,17
LEIS SOCIAIS 127,00%				R\$ 37,04
TOTAL (A)				R\$ 66,21
EQUIPAMENTO	UNI.	COEF. UTILIZAÇÃO	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Vibração de imersão, elétrico, potência 2 HP - aquisição	UNI.	0,00000981	1.602,87	R\$ 0,02
TOTAL (B)				R\$ 0,02
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UNI.	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Concreto Estrutural in loco (groute) Fck=30MPa	m³	1,00	200,00	R\$ 200,00
Betoneira	H	1,00	2,00	R\$ 2,00
Energia Elétrica	kw	0,08	0,36	R\$ 0,03
TOTAL (C.)				R\$ 202,03
CUSTO DIRETO TOTAL POR m³				R\$ 360,00

A quantidade total de concreto indicado nas tabelas 12 e 13 foram retiradas do mesmo projeto estrutural.

Tabela 12 – Custos com concretagem para sistema de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação.

MÉTODO CONVENCIONAL				
			Preço por tipo de concreto	
Fck	Total em m³	Preço por m³		
25	513,87	R\$ 432,58	R\$	222.289,88
40	222	R\$ 465,08	R\$	103.247,76
		Total	R\$	325.537,64

Tabela 13 – Custos com concretagem para a alvenaria estrutural em blocos de concreto.

ALVENARIA ESTRUTURAL			
			Preço por tipo de concreto
Fck	Total em m ³	Preço por m ³	
25	338	R\$ 432,58	R\$ 146.212,04
40	141	R\$ 465,08	R\$ 65.576,28
groute	198	R\$ 360,00	R\$ 71.280,00
TOTAL			R\$ 283.068,32

Tende-se que o custo de concreto da obra de estrutura convencional e em alvenaria bloco cerâmico é de R\$325.537,64 e o da obra executada de alvenaria estrutural em bloco de concreto é de R\$283.068,32. Verifica-se que o custo de concreto na obra executada em alvenaria estrutural em bloco de concreto chega a ser 13% menor.

5.1.4. Custos com revestimento interno

Como neste momento será analisada a diferença de custos entre o revestimento sistema de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação, que é baseado nos processos de chapisco, emboço e reboco, com o revestimento em gesso, é necessário duas composições orçamentárias. A primeira na tabelas 14 e 15, para a execução no método comparado, onde estão incluídos todos os materiais necessários, o custo com a mão-de-obra e no final da planilha indica-se o preço para um m² revestido desta forma.

Tabela 14 – Composição orçamentária para o chapisco.

SERVIÇO: Chapisco para parede interna com argamasa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e=5 mm				
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Servente	H	0,15	3,27	0,49
SUB TOTAL				0,49
LEIS SOCIAIS 127,00%				0,62
TOTAL (A)				1,11
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Areia lavada tipo média	m³	0,01	50,00	0,50
32,00 MPa)	kg	2,43	0,32	0,78
TOTAL (C)				1,28

Tabela 15 – Composição orçamentária para os serviços de emboço e reboco.

SERVIÇO: Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8, e = 20 mm				
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Servente	H	0,80	3,27	2,62
Pedreiro	H	0,60	4,61	2,77
SUB TOTAL				5,38
LEIS SOCIAIS 127,00%				6,84
TOTAL (A)				12,22
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Cal hidratada CH III	kg	3,64	0,28	1,00
32,00 MPa)	kg	3,64	0,32	1,16
Areia lavada tipo média	m³	0,02	50,00	1,00
TOTAL (C)				3,17
SER: Reboco para parede interna, com argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:3, e=5 mm				
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Pedreiro	H	0,40	4,61	1,84
Servente	H	0,45	3,27	1,47
SUB TOTAL				3,32
LEIS SOCIAIS 127,00%				4,21
TOTAL (A)				7,53
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Cal hidratada CH III	kg	1,22	0,28	0,34
Areia lavada tipo média	m³	0,01	50,00	0,50
TOTAL (C)				0,84
CUSTO DOS SERVIÇOS TOTAL				26,14

Na tabela 16 tal custo refere-se ao revestimento ao revestimento interno que será gasto no edifício caso seja usado o método convencional do chapisco, emboço e reboco. Estas áreas foram levantadas através do projeto arquitetônico do edifício.

Tabela 16 – Custo para o revestimento interno, com chapisco, emboço e reboco.

	Áreas p/ rebocar m ²	Custo unitário	Custo total
Hall de entrada	87,36	R\$ 26,14	R\$ 2.283,59
Salão de festas	106,88	R\$ 26,14	R\$ 2.793,84
Apartamentos	6653,26	R\$ 26,14	R\$ 173.916,22
		Total	R\$ 178.993,65

Na tabela 17 tem-se a outra composição orçamentária, referente a um m² de revestimento interno em gesso, deve-se considerar que foi constatado em obra, que existe uma perda de 25% do material durante a aplicação, que foi constatado na obra.

Tabela 17 – Composição orçamentária para revestimento interno em gesso.

SERVIÇO: Reboco para parede interna, com gesso de cura lenta e= 5 mm				
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Pedreiro	H	0,30	4,61	1,38
Servente	H	0,40	3,27	1,31
SUB TOTAL				2,69
LEIS SOCIAIS 127,00%				3,42
TOTAL (A)				6,11
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
gesso de cura lenta	kg	5,20	0,41	2,13
TOTAL (C)				2,13
Perda de material na base de 25%				2,67
CUSTOS DOS SERVIÇOS TOTAL				8,77

Tabela 18 – Custo para o revestimento interno em gesso.

ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS DE CONCRETO			
	Áreas p/ rebocar m ²	Custo unitário	Custo total
Hall de entrada	87,36	R\$ 8,77	R\$ 766,15
Salão de festas	106,88	R\$ 8,77	R\$ 937,34
Apartamentos	6653,26	R\$ 8,77	R\$ 58.349,09
		Total	R\$ 60.052,58

O revestimento interno em gesso apresenta uma perda considerável de material, o custo do material é maior, porém como evita a execução de dois serviços, tem um custo total menor.

5.1.5. Custos com o revestimento em áreas molhadas

No caso da alvenaria estrutural, nas áreas molhadas, onde são instalados os revestimento cerâmicos, não é necessário revestir a parede. O revestimento cerâmico pode ser aplicado diretamente nos blocos, gerando uma economia considerável em material e tempo. Como está sendo comparado o método de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação com a alvenaria estrutural em bloco de concreto, usando a composição orçamentária para um m² de revestimento no método convencional, foi avaliado a possível economia na alvenaria estrutural, já que para este método não será necessário realizar esta tarefa como indica na tabela 19.

Tabela 19 – Custo com revestimento nas áreas molhadas.

Áreas molhadas m ²	Custo unitário
2425,49	R\$ 26,14
Total	R\$ 63.402,31

A área total foi levantada por meio do projeto arquitetônico, e evidencia a eliminação de um serviço quando o método empregado é a alvenaria estrutural, que neste caso, gera a economia apresentada anteriormente.

Sendo assim o custo de revestimento interno da obra executada em estrutura convencional e em alvenaria bloco cerâmico é de R\$178.993,65 e de revestimento interno estrutural em bloco de concreto é de R\$123.454,89. Estima-se que o custo de revestimento interno da obra em alvenaria estrutural em bloco de concreto chega a ser 31% menor que a de execução em estrutura convencional.

5.1.6. Custos com alvenaria

A composição orçamentária das tabelas 20 e 23 referem-se a um m² de alvenaria com blocos de concreto, será comparado quanto é gasto de alvenaria no método de bloco de cerâmico para vedação e na alvenaria em blocos de concreto para uso estrutural. Entretanto o edifício será orçado com a alvenaria sendo feita em blocos de concreto, para que as condições para ambos os métodos sejam as mesmas.

Tabela 20 – Composição orçamentária para alvenaria em bloco de concreto.

SERVIÇO: Alvenaria Bloco de concreto, 14 cm. Arg mista				
MÃO DE OBRA	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Servente	H	0,39	3,27	1,28
Pedreiro	H	0,29	4,61	1,34
SUB TOTAL				2,61
LEIS SOCIAIS 127,00%				3,32
TOTAL (A)				5,93
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UN	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Areia umida	m ³	0,0200	46,00	0,92
Cal virgem em pó	kg	3,6900	5,50	20,30
Cimento comum	kg	2,6400	18,50	48,84
Bloco de concreto	pç	12,5000	1,50	18,75
TOTAL (C)				88,81
CUSTO DIRETO TOTAL POR m ²				123,16

Tabela 21 – Composição orçamentária para alvenaria em bloco cerâmico.

SERVIÇO: Alvenaria Bloco Cerâmico, 14 cm. Arg mista				
MÃO DE OBRA	UNI.	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Servente	H	0,39	3,27	R\$ 1,28
Pedreiro	H	0,29	4,61	R\$ 1,34
SUB TOTAL				R\$ 2,61
LEIS SOCIAIS 127,00%				R\$ 3,32
TOTAL (A)				R\$ 5,93
MATERIAL/SUB-CONTRATADO	UNI.	COEF.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Areia umida	m ³	0,02	46,00	R\$ 0,92
Cimento comum	kg	2,64	18,50	R\$ 48,84
Calvirgem em pó	kg	3,69	5,50	R\$ 20,30
Bloco de concreto	pç	12,50	0,39	R\$ 4,88
TOTAL (C.)				R\$ 74,93
CUSTO DIRETO TOTAL POR m ²				R\$ 109,28

Neste método verifica-se onde a obra se exige um custo a mais se ela for realizada em alvenaria estrutural do que se for realizada no método convencional. O edifício possui mais paredes e conseqüentemente mais alvenaria do que se for feito em concreto armado, que com vigas e pilares minimiza a presença de paredes.

Tabela 22 – Custo com a alvenaria em blocos cerâmico para vedação.

ALVENARIA DE BLOCO CERAMICO			
	Áreas p/ rebocar m ²	Custo unitário	Custo total
Hall de entrada	91,25	R\$ 109,28	R\$ 9.971,80
Salão de festas	110,52	R\$ 109,28	R\$ 12.077,63
Apartamentos	6735,98	R\$ 109,28	R\$ 736.107,89
TOTAL			R\$ 758.157,32

Tabela 23 – Custo com a alvenaria em blocos de concreto, no método alvenaria estrutural.

ALVENARIA ESTRUTURAL			
	Áreas p/ rebocar m ²	Custo unitário	Custo total
Hall de entrada	114,87	R\$ 123,16	R\$ 14.147,39
Salão de festas	144,05	R\$ 123,16	R\$ 17.741,20
Apartamentos	8481,43	R\$ 123,16	R\$ 1.044.572,92
TOTAL			R\$ 1.076.461,51

O custo de alvenaria bloco cerâmico é de R\$758.157,37 e de alvenaria em bloco de concreto é de R\$1.076.461,51. Verifica-se que o custo de alvenaria de vedação interna em alvenaria estrutural em bloco de concreto chega a ser 42% a mais.

5.1.7. Comparação total

Conforme a tabela 24, onde se observa o aumento da diferença de custo entre os dois métodos (alvenaria estrutural em bloco de concreto e alvenaria de bloco cerâmico), sendo o uso alvenaria estrutural em bloco de concreto a mais viável.

Tabela 24 – Custo total dos serviços realizados nos dois sistemas

Serviços	Alvenaria de vedação	Alvenaria estrutural de blocos de concreto	Diferença de custo R\$	Diferença de custo %
	R\$	R\$	R\$	%
Revestimento Interno	R\$ 178.993,65	R\$ 60.052,58	R\$ 118.941,07	66%
Execução Aço	R\$ 398.521,82	R\$ 219.216,07	R\$ 179.305,75	45%
Concretagem	R\$ 325.537,64	R\$ 283.068,32	R\$ 42.469,32	13%
Execução de forma	R\$ 540.591,96	R\$ 243.068,80	R\$ 297.523,16	55%
Execução da alvenaria	R\$ 758.157,32	R\$ 1.076.461,51	-R\$ 318.304,19	-42%
Total	R\$ 2.201.802,39	R\$ 1.881.867,28	R\$ 319.935,11	15%

É possível observar a economia se o edifício for realizado em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Neste caso analisando estes serviços, chega-se a uma economia próxima dos 15%, que é detalhada na figura 19 a seguir.

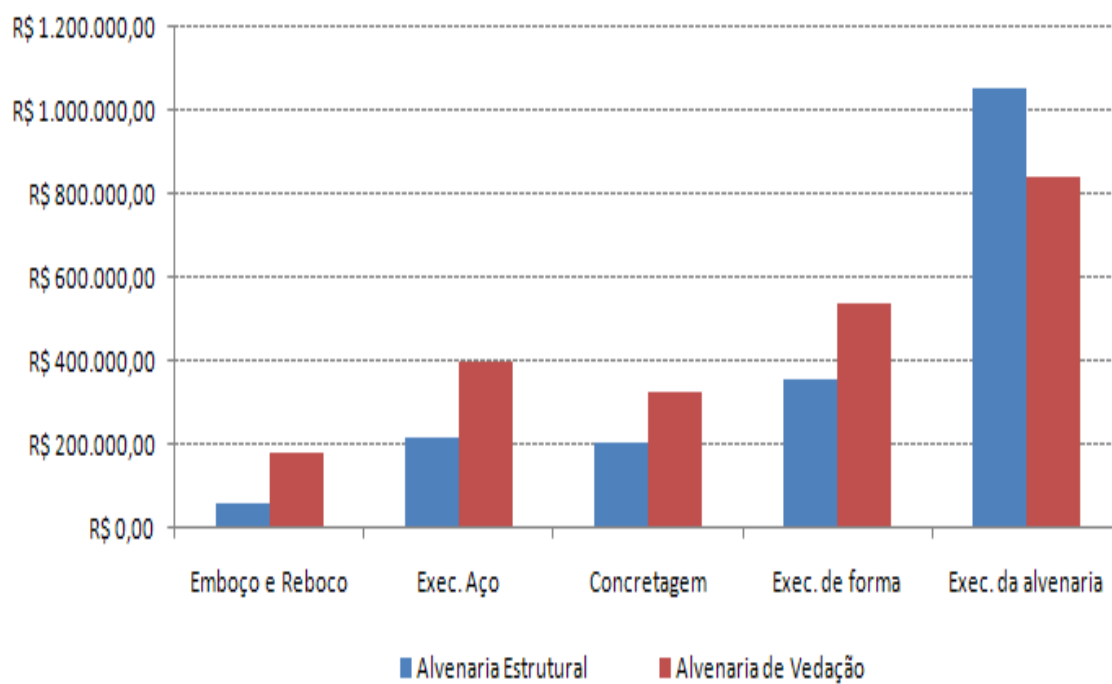


Figura 20 – Gráfico comparativo dos sistemas.

Fonte: O Autor/2013

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procurou-se analisar a solução em alvenaria estrutural em blocos de concreto. Primeiramente foi feita uma apresentação, do sistema, verificado o planejamento, realização dos pré-requisitos necessários para se obter sucesso na execução e como deve ser realizada a execução. É um dos métodos bem antigo usado pelo homem, que exige uma fase de planejamento maior e projetos bem elaborados que estejam integrados entre si.

Tendo as paredes função estrutural, os blocos absorvem as cargas, com isso é necessário blocos sem fissuras e com a resistência desejada em projeto. Para se obter sucesso na execução do método, é preciso seguir pré-requisitos como realizar os testes de resistência para os blocos, para a argamassa e para o groute, obedecer o projeto, manter as paredes no prumo com o uso do equipamento apropriado, preencher com groute a primeira fiada. As instalações hidráulicas e elétricas são planejadas em projeto e no canteiro elas devem ser feitas com eletroduto e tubos passando entre os blocos. Na armação da laje deve-se prever a instalação dos eletrodutos. Devem ser realizados pilaretes, vergas e cintas de amarração. Todos estes itens possuem função estrutural e devem ser preenchidos com groute.

Evidenciou-se que a alvenaria estrutural racionaliza a obra, com a redução de determinados materiais e serviços, que se aplicados de acordo com suas normas, alcançam o desempenho desejado. Como as paredes têm função estrutural, se projetadas e executadas corretamente substituem vigas e pilares com significativa redução de custo.

As normas técnicas brasileiras definem quais são as resistências que os blocos devem ter, quais os tipos de blocos que podem ser usados e de que forma eles devem ser colocados. Outras normas indicadas apresentam os materiais que devem ser usados neste método, como o groute, e a argamassa, e qual devem ser os seus traços, que devem vir especificados em projeto.

O sistema apresenta diversas vantagens e desvantagens, porém as vantagens são mais significativas, existe redução de custo na obra, no tempo de execução, no menor desperdício de materiais e mão-de-obra e na

quantidade de diversos materiais. Já as desvantagens são menores e em alguns tipos de edificações elas não acontecem, concluiu-se que a necessidade de uma mão-de-obra mais qualificada e a impossibilidade de transpor grandes vãos, sejam as principais desvantagens. Porém com o crescimento contínuo do uso deste método, a questão da mão-de-obra tende a ficar cada vez menos preocupante.

A economia gerada pelo método foi calculada, para os serviços que são diferentes na alvenaria estrutural e no método convencional. Calcula-se o custo com ferragens, com concretagem, com formas, com revestimento interno e com alvenaria. Usou-se como objeto de comparação um prédio de 8 andares, com três quartos e cerca de 90 m² de área útil. Este edifício pode ser feito nos dois métodos, com isso fez-se as comparações financeiras, com os preços de mercado de hoje e com as quantidades retiradas dos projetos, para calcular qual é a diferença de custo. Conclui-se que para este edifício, se ele for realizado em alvenaria estrutural ou, se possuir sub-solo em estrutura mista, trará uma economia de aproximadamente 15% em relação ao método convencional, além do tempo de execução da obra ser menor, que traz uma economia indireta difícil de mensurar.

Fundamentalmente o método com alvenaria estrutural em concreto é economicamente viável para edifícios residenciais com até 8 pavimentos, com sub-solo ou não, que não sejam apartamentos de alto padrão, e atende todas as funções técnicas que um edifício deve possuir. Porém, como foi demonstrado no trabalho, a alvenaria estrutural pode ser executada em edifícios de até 15 pavimentos, com isso estima-se que ela também seja viável para edifícios desta altura. Mas quanto mais alto o edifício, menor a economia, devido principalmente à variação na resistência de blocos, grout e argamassa. Apesar de existirem casos de edifícios comerciais e de alto padrão em alvenaria estrutural, esta opção não é viável, principalmente por este método não conseguir transpor grandes vãos.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023 – Informação e Documentação: Referência- Elaboração**.Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136 – Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**.Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798– Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**.Rio de Janeiro, 1985.

ARAÚJO COELHO, Ronaldo Sérgio. **Alvenaria estrutural**.Maranhão .1998

CAMACHO, J. S., Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural, 2001.
Disponível em:

http://www.4shared.com/document/jYMHwiEe/Projeto_de_edificios_de_alvena.html

Acesso em 19Nov. 2013 as 21:10 horas

Disponível em: http://www.gai.com.br/produtos_ver.php?id=12. Acessado em 21/09/2013 as 17:00 horas.

Disponível em: http://www.gai.com.br/produtos_ver.php?id=11. Acessado em 21/09/2013 as 17:15 horas.

Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Coliseu_de_Roma. Acessado em 21/09/2013 as 17:25 horas.

Disponível em: www.forumdaconstrucao.com.br. Acessado em 22/09/2013 – Fórum da Construção – “Alvenaria estrutural. O que é?” – por Redação do fórum da construção.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008.

PRUDÊNCIO JUNIOR, Luiz Roberto; OLIVEIRA, Alexandre Lima; BEDIM, Carlos Augusto. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. São Paulo .2002

RAMALHO, Marco Antonio; Corrêa, Márcio Roberto. **Projeto de edifícios de Alvenaria estrutural**.2003

KALIL, S. M. B.. **Alvenaria Estrutural**. PUC-RS. Porto Alegre: 2007

RAUBER, F. C.. **Contribuições ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria**. Tese de Mestrado, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, 2005 .

Revista techne abril , V. 37, n. VII, pp 38- 43, 2012.

VILATÓ, R. R.; FRANCO, L, S.,**Racionalização do Projeto de Edifício em Alvenaria Estrutural**, São Paulo, SP, Brasil, 2000.