

**UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
ENGENHARIA CIVIL**

**ALVENARIA ESTRUTURAL
SISTEMA CONSTRUTIVO**

Autor: Rodrigo Zambotto Pastro
Orientador: Prof. Dr. Adilson Franco Penteado

Itatiba
2007

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO ENGENHARIA CIVIL

ALVENARIA ESTRUTURAL SISTEMA CONSTRUTIVO

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade São Francisco, sob orientação do Prof. Dr. Adilson Franco Penteado, como exigência parcial para a conclusão do curso de graduação.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural**. Trabalho de Conclusão de Curso definido e aprovado na Universidade São Francisco em 20 de Novembro de 2007 pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Adilson Franco Penteado

Prof. Ms. André Penteado

Eng. Daniela Colagrossi

AGRADECIMENTOS

A conclusão do Curso de Engenharia Civil e a realização do Trabalho de Conclusão de Curso só foi possível pela motivação e incentivo de pessoas e instituições muito queridas. Por isso meus agradecimentos vão para minha família que sempre esteve ao meu lado, apoiando-me em tudo que foi preciso, aos professores que tiveram total influência nesta fase de minha formação profissional, especialmente ao Professor Dr. Adilson Franco Penteado, meu orientador, que me ajudou em todos os detalhes deste trabalho e me fez perceber que a única forma de conhecer é descobrir, e que descobrir é a única forma de ensinar e, aos meus amigos e companheiros da Universidade que também contribuíram grandemente, incentivando-me na formação de Engenheiro Civil.

1. RESUMO

O Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural é muito utilizado, atualmente, comparado ao de estrutura convencional de concreto armado com alvenaria de vedação como o sistema de vigas e pilares em concreto pré-fabricado e a estrutura de madeira, estrutura metálica etc. Este sistema é muito interessante quanto ao ponto de vista econômico quando bem projetado e bem executado. Para isso, deve-se dispor de um bom gerenciamento de obra a fim de conseguir bons resultados. Materiais, equipamentos e aplicativos devem ser usados para uma boa prática de execução do sistema construtivo por causa de todas suas particularidades e técnicas exigidas. Muitos empreendedores adotam o sistema, visando uma obra prática, rápida e principalmente econômica, com bom resultado final, custo baixo e boa qualidade do produto.

Palavras-chave: Sistema Construtivo, Alvenaria Estrutural, Economia.

ABSTRACT

The constructive system of structural bricklaying is nowadays much used compared to conventional structure of reinforced concrete with bricklaying of blocking such as beams and columns in prefabricated concrete and wooden structure, metal structure etc. This is a very interesting system due to an economical point of view when well planned and performed. For this, it needs a very good building management in order to get good results. Materials, equipments and appliances must be used to a good practice in the execution of this constructive system because of all the particularities and techniques required. Many entrepreneurs adopt the system aiming at a practical, fast and mainly economical building with good final result, low cost and a good quality related to the product.

Key-words: Constructive System, Structural Bricklaying, Economy.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. SISTEMA CONSTRUTIVO.....	4
2.1 Conceituação de racionalização.....	7
2.2 PROJETOS.....	8
2.3 Gerenciamento de projeto e construção.....	11
3. EXECUÇÃO DE OBRA.....	14
3.1 Controle de qualidade.....	20
4. MATERIAIS	22
4.1 Blocos.....	22
4.2 Argamassa de assentamento.....	24
4.3 Graute.....	25
4.4 Armaduras.....	26
4.5 Tela metálica e grampo.....	26
5. EQUIPAMENTOS.....	28
5.1 Escantilhão.....	28
5.2 Meia cana metálica.....	29
5.3 Bisnaga.....	29
5.4 Palheta.....	30
6. APLICATIVOS.....	32
6.1 Contra marco pré-fabricado.....	32
7. VIABILIZAÇÃO EM EMPREENDIMENTOS.....	35
8. OBSTÁCULOS PARA O SISTEMA.....	37
9. CONCLUSÃO.....	38
10. BIBLIOGRAFIA.....	39

LISTA DE FIGURAS

1	Pirâmide de Qeóps no Egito.....	6
2	Farol de Alexandria no Egito.....	6
3	Coliseu em Roma.....	6
4	Edifício Monadnock em Chicago.....	6
5	Exemplo de modulação.....	8
6	Amarração em "T".....	9
7	Amarração em canto.....	9
8	Amarração em "T".....	9
9	Blocos Especiais.....	10
10	Blocos Especiais.....	10
11	Fluxograma de gerenciamento de obra.....	12
12	Assentamento de bloco.....	14
13	Nicho no bloco.....	15
14	Assentamento de bloco.....	16
15	Escantilhão.....	16
16	Assentamento de bloco.....	17
17	Assentamento de bloco.....	17
18	Canaleta	18
19	Canaleta "J".....	18
20	Excesso de argamassa.....	19
21	Graute.....	19
22	Bloco 14x19x34.....	23
23	Bloco 14x19x54.....	23
24	Bloco 14x19x39.....	23
25	Bloco 14x19x19.....	23

26	Bloco 14x19x29.....	24
27	Bloco 14x19x19.....	24
28	Bloco 14x19x44.....	24
29	Tela metálica e grampo.....	28
30	Escantilhão.....	29
31	Meia cana metálica.....	30
32	Bisnaga.....	31
33	Palheta.....	32
34	Contra marco.....	33
35	Contra marco.....	34
36	Contra marco.....	35
37	Contra marco.....	35

1. INTRODUÇÃO

A fim de se ter destaque no mercado relacionado à indústria da Construção Civil é necessário saber executar uma determinada obra em tempo reduzido, custo baixo e alta qualidade para satisfação de todos, construtores, empreendedores, proprietários, consumidor final, etc.

Para que isto aconteça existe muito trabalho e não é um trabalho fácil, envolve muito estudo, projetos, pesquisas e orçamentos. Dentre estes estudos, um deles, é a escolha do sistema construtivo a ser adotado para tal obra. Existem diversos, cada um com suas vantagens e desvantagens, porém cada um específico para suprir as necessidades particulares de cada tipo de obra.

Neste trabalho é mostrado o sistema de Alvenaria Estrutural, muito utilizado em prédios geralmente onde existem pavimentos tipo e repetições de layout. Este sistema, quando bem utilizado, pensado e gerenciado é ideal para reduzir tempo e custo da obra por ser um sistema de simples execução, porém com muitos cuidados a serem tomados no que se refere ao projeto e à execução da obra.

2. SISTEMA CONSTRUTIVO

Conforme definição de Camacho (2001), “Sistema construtivo: um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo.”

Conforme tal definição, o sistema construtivo é o processo no qual envolve diversos elementos, todos voltados para a mesma linha de raciocínio para chegar a um resultado satisfatório.

É um item da construção a ser escolhido ainda no processo de estudo de tal obra, pois a obra que será realizada certamente terá um devido uso. Por exemplo, para se construir uma ponte existe o sistema construtivo ideal para execução desta obra tanto quanto para se construir uma barragem, uma hidroelétrica, indústrias, galpões, hangares, residências unifamiliares, prédios, residenciais ou comerciais.

Dentre os sistemas, existe o convencional, mais usado em residências unifamiliares de médio e alto padrão que consiste em vigas e pilares de concreto armado, alvenarias de vedação com blocos de concreto ou cerâmico sem função estrutural, a construção pré-fabricada em concreto armado ou estrutura metálica, que é bem usado em galpões, indústrias etc. O sistema consiste em fabricar os elementos estruturais (vigas, pilares, lajes, etc.) na empresa fabricante com toda sua tecnologia e transportar os elementos para a obra, montando-a também com tecnologia e prática, geralmente com vãos e alturas consideráveis. A alvenaria estrutural é muito utilizada em construções verticais com pavimentos tipo e repetições de layout, pois a alvenaria é a peça fundamental. Ao mesmo tempo em que é um elemento de vedação é o elemento estrutural do prédio, assim sendo o prédio que tem seus pavimentos tipo é um item muito favorável para a estabilidade da estrutura, aplicando, assim, sua carga sempre verticalmente em um ponto em comum.

A partir da escolha do sistema a ser adotado, todos os elementos envolvidos como projetos, orçamentos, cronogramas, e empreiteiras, para se ter um bom resultado, todos eles tem que ser muito fiéis ao sistema, não deixando misturar dois ou mais sistemas, a não ser que seja para algum fim benéfico. Por exemplo, se

escolhemos executar uma obra com alvenaria estrutural, temos que fazer os projetos pensando em não ter pilares e vigas com estruturas em concreto armado, pois a alvenaria estrutural é feita para substituí-los. Mas, se decidirmos usar algo pré-fabricado para a agilidade da obra como, por exemplo, contra marcos pré-fabricados, vergas e contra-vergas pré-fabricados, estamos contribuindo para a agilidade e rápida produção desta.

Para se ter parâmetro de comparação neste trabalho, sempre que for citada alguma idéia comparativa, isso é feito através do sistema convencional de estrutura com concreto armado, sistema bastante disseminado e conhecido.

Uma construção em alvenaria estrutural consiste basicamente em materiais (no nosso caso blocos) dispostos uns sobre os outros unidos com argamassa e encaixe dos mesmos, formando um conjunto coeso e rígido, fazendo assim com que gere uma estrutura resistente e principalmente rígida o suficiente para suportar tal solicitação de cargas.

A idéia do sistema não é nova, existem obras executadas no passado com o mesmo conceito que usamos em tempos atuais, é claro que no passado as obras eram mais rudimentares, como exemplo a Pirâmide de Qeóps no Egito.

Conforme definição de Alves (2005), “Vários povos entre eles os persas e os assírios utilizavam desde 10.000 A.C. tijolos de adobe, e a partir de 3.000 A.C. tijolos secos ao forno”.

Os romanos, egípcios e gregos utilizavam em suas construções a pedra, enquanto que outros povos, por não possuírem este material natural, recorriam ao artificial, no caso aos tijolos, que historicamente são considerados materiais de substituição.

Obras marcantes foram construídas no passado em alvenaria como as pirâmides do Egito (Figura 1), o Farol de Alexandria (Figura 2), o Coliseu em Roma (Figura 3), a muralha da China e a Catedral de Notre Dame em Paris que desafiaram o tempo provando a eficiência destas técnicas construtivas.

No final do século XIX, o edifício Monadnock (Figura 4) foi o exemplo pioneiro de alvenaria estrutural. Construído em Chicago entre 1889 e 1891 com 16 pavimentos, altura de 65 m e as paredes interiores possuindo 1,80 m de espessura,

representou um marco para sua época e significou o apogeu do sistema construtivo em alvenaria estrutural. “Ele se tornou, também, um marco dos limites para a construção em alvenaria estrutural.”

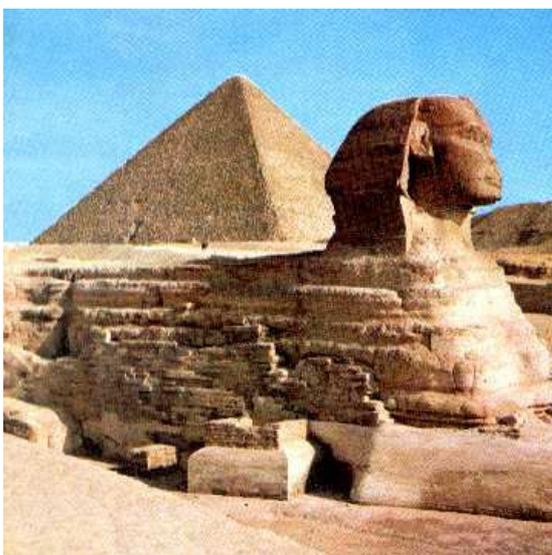


Figura 1 - Pirâmide de Qeóps no Egito.

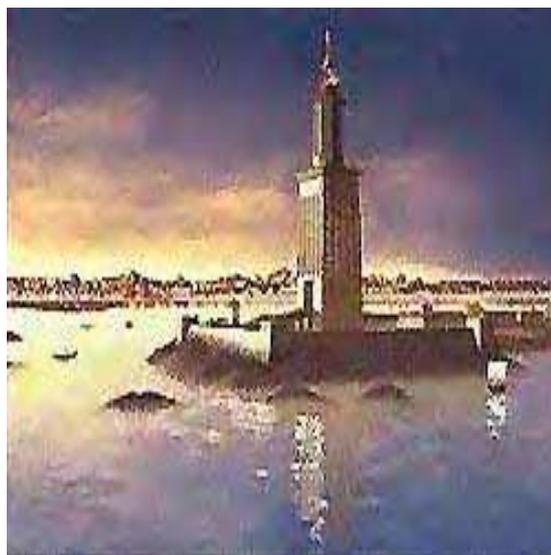


Figura 2 – Farol de Alexandria no Egito.



Figura 3 - Coliseu em Roma.



Figura 4 – Edifício Monadnock em Chicago.

2.1 Conceituação de racionalização

Racionalizar, tornar racional tal ato, raciocinar para executar e manipular algo, este é o principal conceito de racionalização. Assim, tornar uma obra racional consiste em projetar, pensar e executar com economia, funcionalidade e qualidade.

A vedação e a sustentação (estrutura) de um prédio são dois papéis distintos, porém, na alvenaria estrutural, usamos apenas um elemento que faz o papel de dois. Em uma construção no sistema convencional são usados dois elementos, vigas e pilares para estrutura e alvenaria para vedação, este é um fator muito considerável no que diz respeito à racionalização.

Não tendo que usar vigas e pilares, consegue-se reduzir ou até eliminar alguns itens da obra, como por exemplo, madeira para caixaria, o aço, pois são usados apenas em alguns pontos da alvenaria estrutural, o concreto é bem reduzido também, e outro item que é um dos mais preciosos que conseguimos reduzir, é o tempo e a mão-de-obra especializada em carpintaria e em corte, dobra e montagem de armações.

Em alguns casos não é aplicado nenhum tipo de revestimento no prédio, ou seja, a alvenaria fica com seus blocos aparentes. Sendo assim, o fabricante dos blocos além de ter o cuidado com a resistência, tem que ter o cuidado de fazer um bom acabamento. Além disso, dispensa-se qualquer tipo de revestimento sobre este bloco; no caso de revestir a alvenaria com reboco, gesso ou outro material, o gasto com tal material também é muito reduzido, pois não pode haver buracos na alvenaria, ela tem que estar obrigatoriamente em prumo, alinhada e sem imperfeições, ou seja, o revestimento gasto em cima de uma parede deste tipo é mínimo.

Na alvenaria estrutural é como brincar de encaixar peças, com diversos tamanhos e formatos, não podendo quebrar ou alterar a forma das mesmas. Sendo assim, os blocos são exatamente contados para executar tal obra, não podendo quebrá-los. O único desperdício provável pode ser no transporte ou no manuseio do mesmo e, assim, não tendo perdas cortes ou rearranjos, é um fator que também contribui para a obra ser racionalizada.

Por ser um sistema racionalizado e de alto nível de industrialização, respeitando os projetos na obra não haverá desperdício de materiais, os blocos não podem ser quebrados, a argamassa geralmente vem pronta não havendo desperdício e sobras de areia, cimento, etc. a quantidade à ser usada de argamassa e graute é limitada, o graute deve ser colocado com funil e deve ficar confinado dentro da célula do bloco não havendo por onde vaziar ou perder material.

A consequência disso é uma obra econômica e que reduz bastante o custo para o empreendedor.

2.2 Projetos

Para projetar um edifício em alvenaria estrutural é necessário um estudo de modulação juntamente com o projeto arquitetônico. Esta modulação consiste em “encaixar” os blocos uns nos outros respeitando todas as amarrações, formando um prisma (Figura 5):

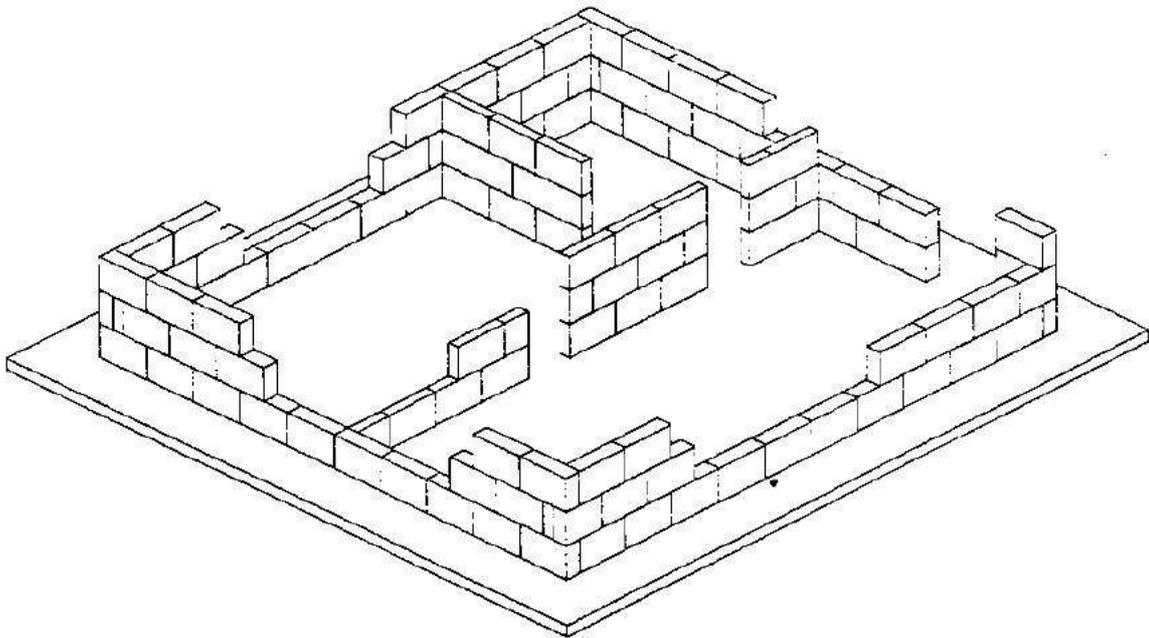


Figura 5 – Exemplo de modulação –
http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Update_Webpage/2002_Lourenco_4.pdf, Lourenço, acesso 22/08/2007.

Evitando ao máximo os arranjos e emendas, tendo pouca variação de medida dos blocos, ou seja, usando sempre blocos de medidas iguais em um projeto é um passo muito bom para a funcionalidade da obra, mas, em último caso, existem blocos especiais com medidas para complementos. Naturalmente esta edificação ficará com medidas múltiplas das medidas dos blocos escolhidos. Porém, cuidados especiais devem ser tomados em cantos e encontros de paredes (Figura 6, Figura 7, Figura 8):

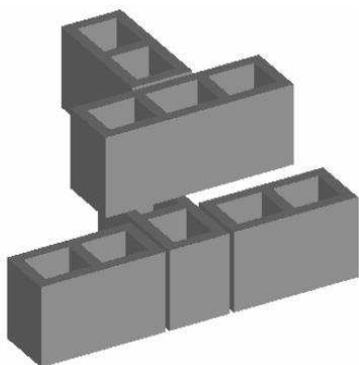


Figura 6 – Amarração em "T",
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/>, Mamede,
2001

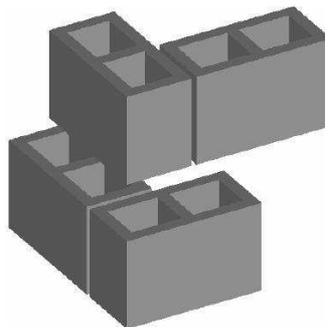


Figura 7 – Amarração em canto,
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/>, Mamede,
2001

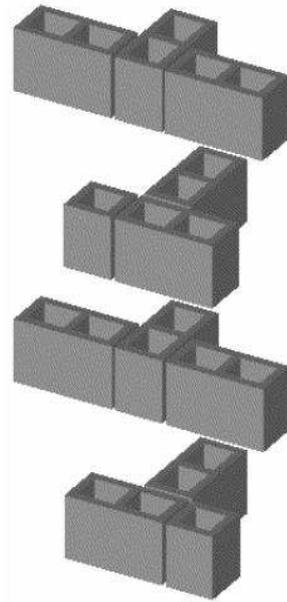


Figura 8 – Amarração em “T”, <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/>, Mamede, 2001

No caso de precisar usar blocos ou preenchimentos com medidas especiais existem os blocos apropriados para a ocasião (Figura 9 e Figura 10).

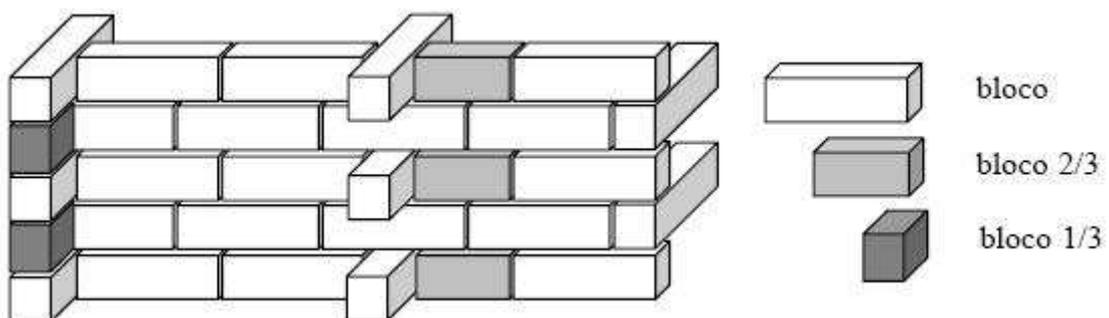


Figura 9 – Blocos Especiais -
<http://pcc2515.pcc.usp.br/Documentos%202007/RACIONALIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETO%20DE%20EDIF%C3%8DCIOS%20EM%20ALVENARIA%20ESTRUTURAL.pdf>, Vilató, 2000.

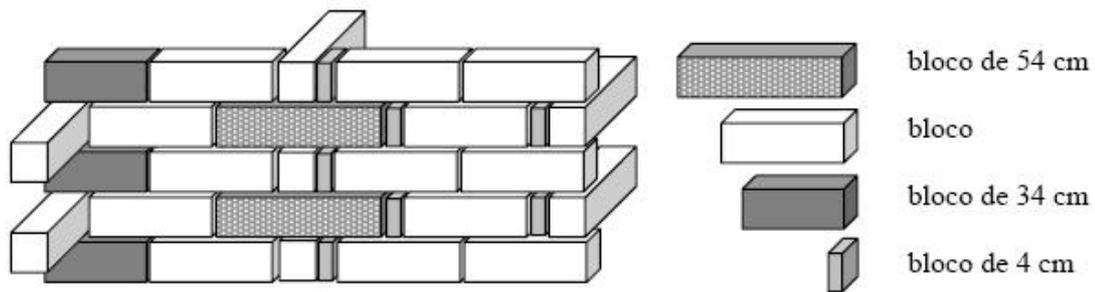


Figura 10 – Blocos Especiais -

<http://pcc2515.pcc.usp.br/Documentos%202007/RACIONALIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETO%20DE%20EDIF%C3%8DCIOS%20EM%20ALVENARIA%20ESTRUTURAL.pdf>, Vilató, 2000.

Feita a modulação exata com todos os blocos e paredes desenhados, parte-se para a próxima etapa que é de inserir os pontos de graute no projeto. Diferente do que se acredita, os grautes não são elementos que substituem pilares, eles são apenas componentes do sistema que serve para dar solidarização à estrutura. O graute consiste em um concreto bem fluido e com agregados de pequena dimensão, na maioria das vezes com armação em seu interior para suprir necessidades de solicitações de esforços.

Feito isso, o calculista da estrutura faz todos os cálculos e considerações conforme a norma brasileira NBR 10837 (ABNT, 1989), solicitações de esforços, comportamento da estrutura, rigidez, estabilidade etc. deixando, assim, o projeto de alvenaria estrutural pronto.

Pelo sistema ser um sistema econômico, precisa-se projetar pensando nisso, pois quando o layout do projeto fica bem distribuído e há mais aproveitamento das paredes, a obra fica mais econômica, ou seja, quanto menos paredes menor será o custo da obra, e para isso tem-se que pensar neste detalhe na fase de concepção do projeto.

Não se deve esquecer que, além dos projetos arquitetônicos e estruturais, tem-se também os complementares como o de instalações hidráulicas, instalações elétricas, bombeiro, ar condicionado, entre outros.

Para termos uma obra bem sucedida e racionalizada, estes projetos bem planejados têm que se unir um respeitando o espaço e objetivo do outro como se eles conversassem entre si.

Como na alvenaria estrutural não se pode ter cortes nas paredes, as instalações, na maioria das vezes, são feitas por dentro das células vazias dos blocos ou na parte externa da alvenaria, em shafts etc.

Em suma, a intenção de um bom gerenciamento da obra é fazer todos os segmentos de cada peça da obra se integrar, gerando um produto final satisfatório e com objetivo alcançado.

2.3 Gerenciamento de projeto e construção

Um bom sistema construtivo, junto com bons projetistas e bons construtores, não são suficientes se não houver uma boa gestão da obra.

O papel do gerenciador da obra é fazer com que cada pessoa, seja operacional ou projetista, saiba dos intuitos e objetivos de tal obra, compartilhando sempre informações com cada elemento produtivo.

Se não há informação ou alguma peça da obra o sistema se complica. Por exemplo, se um projetista de instalações elétricas não tiver em mãos o projeto arquitetônico e estrutural, ele não conseguirá produzir seu projeto de instalações elétricas. Se ele não fizer reuniões para definir cargas, equipamentos e tudo o que ele precisa saber sobre o segmento dele, esta obra certamente não terá sucesso.

Existem 5 fatores que são essenciais para o bom andamento da execução da obra, e eles têm que estar muito bem planejados e integrados entre si:

- Projetos;
- Tecnologia;
- Suprimentos;
- Organização da Produção;
- Gestão da Mão-de-Obra.

É para isso que cada obra precisa ter o gerenciador da mesma, para unir cada peça da obra e fazer com que “falem a mesma língua”, como mostra o fluxograma na Figura 11.

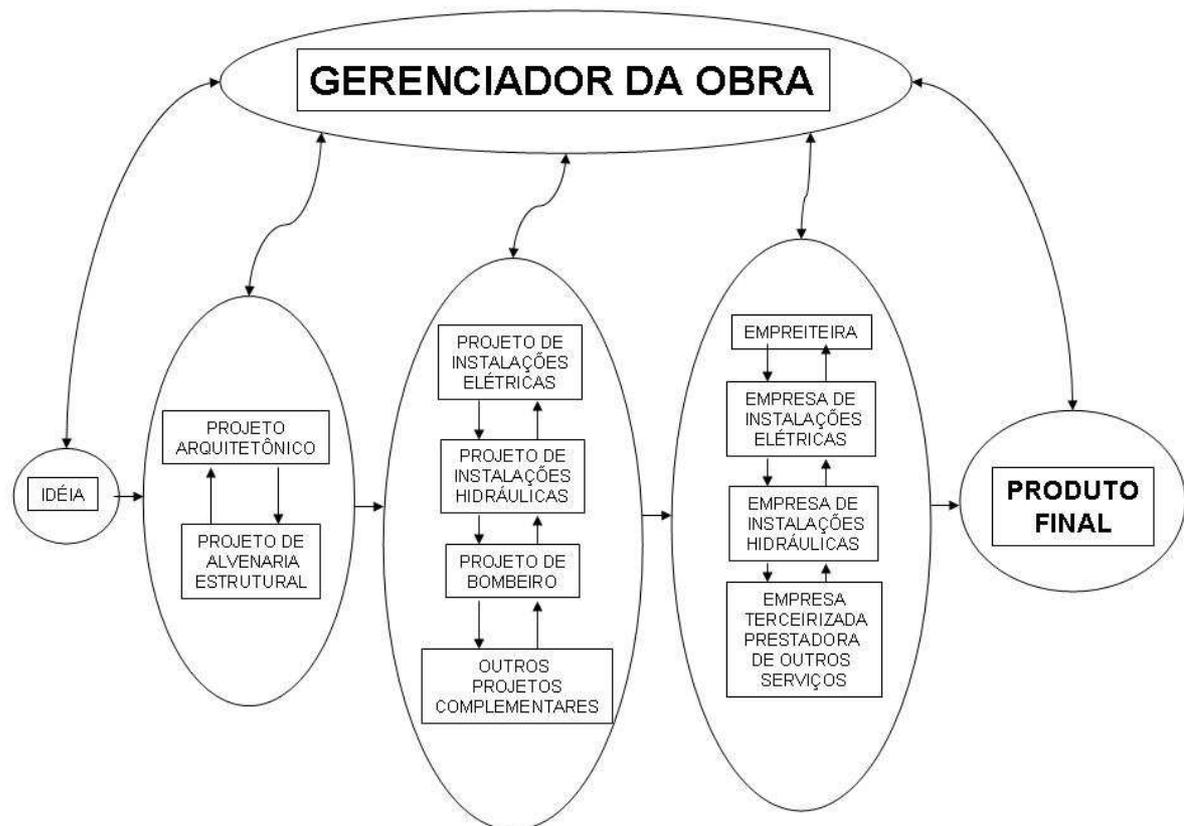


Figura 11 – Fluxograma de gerenciamento de obra

O Engenheiro, gerente de obra, geralmente não é especialista em algum segmento da construção, mas ele precisa entender um pouco de cada assunto, para saber etapas certas, uniões certas, contratações certas etc. Compete a ele também vistoriar serviços prestados por empresas terceiras, analisar e testar qualidade de materiais, unir serviços como produção de alvenaria com instalações elétricas e hidráulicas e outras instalações, conhecer fornecedores e seus produtos etc.

Por tudo isso é tão importante o gerenciador em obras de alvenaria estrutural, pois pelo sistema ser tão atraente no ponto de racionalização e economia conseqüentemente o sistema é delicado e com bastantes cuidados a serem tomados, e isso cabe ao gerente da obra.

3. EXECUÇÃO DE OBRA

Depois da fundação pronta seja qual for, radier, vigas baldrame, sapatas corrida etc. deve-se demarcar a obra com a primeira fiada de blocos. Toda a alvenaria tem que estar em seu devido eixo, e principalmente esquadro e nível nesta etapa, pois este esquadro e nível contribuem bastante com a qualidade do prisma.

Todos os blocos devem ser dispostos exatamente como se encontra no projeto de modulação. A primeira fiada de blocos é exatamente a base do graute, por isso tem-se que tomar um cuidado especial com a superfície onde receberá o ponto de graute, pois é um ponto muito propício a acumular massa de assentamento conforme Figura 12.



Figura 12 – Assentamento de bloco, ABCP, 2003.

Por este motivo precisa-se abrir um nicho com aproximadamente 5cm no bloco onde será feito o graute e limpar a superfície, retirando excesso de argamassa de assentamento e aplicando água para uma boa aderência do graute, conforme Figura 13.

Sabe-se, logicamente, que na alvenaria estrutural não se pode, de forma alguma, danificar ou abrir buracos nos blocos, mas este é um ponto especial onde o próprio graute enrijece no ponto onde foi cortada a alvenaria.

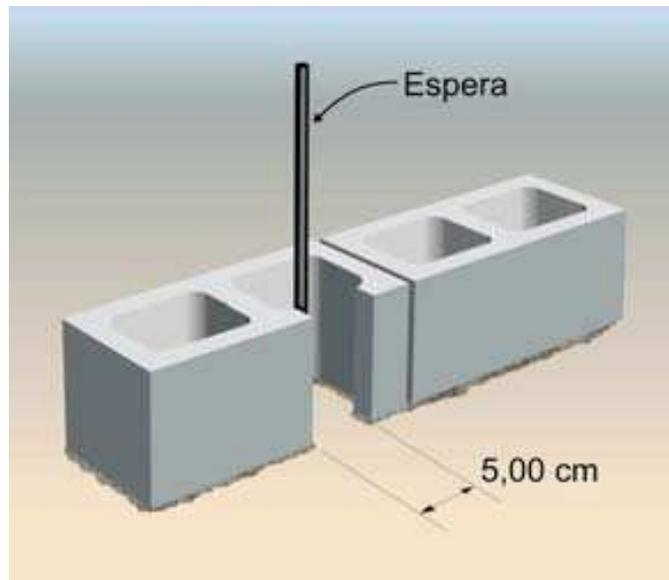


Figura 13 – Nicho no bloco, ABCP, 2003.

Nas demais fiadas deve-se tomar sempre o cuidado com nível, esquadros e principalmente prumo, para que se mantenha rígido e na sua forma projetada. Assim, tem-se que contar com a ajuda de réguas e níveis, podendo ser nível de bolha, mangueira de nível, nível a laser, não importa, o importante é garantir a integridade da qualidade dos serviços (Figura 14).

Os cantos e encontros de paredes também merecem atenção especial, pois são pontos onde são grauteados e são lugares onde se encontram duas, três ou quatro rumos de parede, e com isso elas têm que se encontrar e encaixar uma na outra, de acordo com a modulação proposta. O mais recomendado é usar o escantilhão para a garantia de prumo, alinhamento e nível da alvenaria a ser executada (Figura 15).



Figura 14 – Assentamento de bloco, ABCP, 2003.



Figura 15 – Escantilhão, ABCP, 2003.

A argamassa de assentamento pode ser aplicada de duas formas, uma apenas no sentido longitudinal do bloco e a outra no sentido longitudinal e transversal do bloco. Segundo fontes da ABCP, estudos feitos anteriormente indicam que existe uma redução de 20% na resistência à compressão de uma parede assentada

apenas com argamassa no sentido longitudinal comparado a uma parede assentada com argamassa nos dois sentidos, longitudinal e transversal, conforme Figuras 16 e 17.



Figura 16 – Assentamento de bloco, ABCP, 2003.

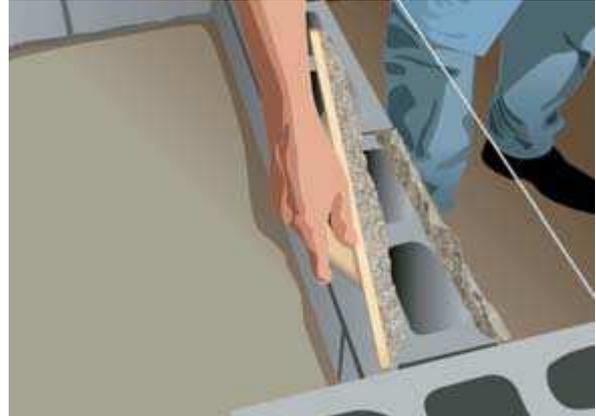


Figura 17 – Assentamento de bloco, ABCP, 2003.

Um elemento que faz parte da responsabilidade de manter o prisma rígido e com estabilidade além do graute são as canaletas “U” (Figura 18) que servem de cintas geralmente nos respaldos e servem de vergas e contra-vergas para portas e janelas. Quando usadas como vergas e contra-vergas elas têm a função de, além de evitar as trincas diagonais em volta das esquadrias, a de enrijecer a estrutura do prisma, pois onde há esquadrias não há área de alvenaria, ficando um ponto sem estrutura.

Existe, também, a canaleta “J” (Figura 19) que serve para ancorar a cinta de respaldo da parede com a laje.

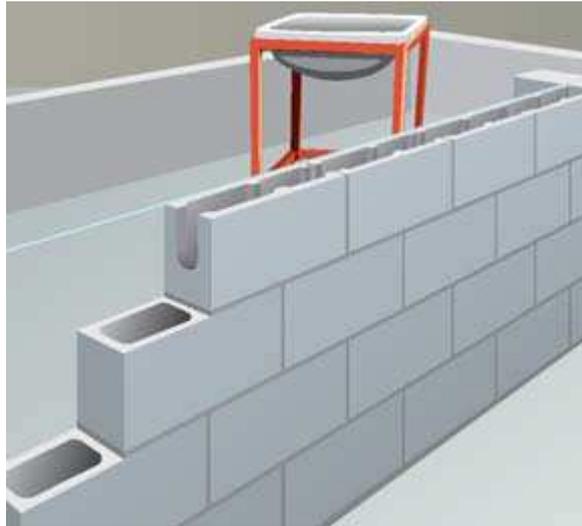


Figura 18 – Canaleta, ABCP, 2003.

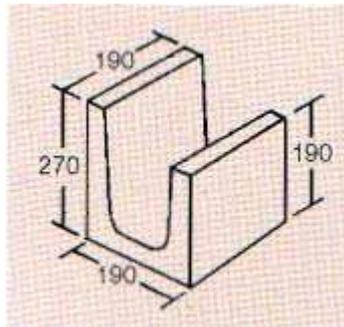


Figura 19 – Canaleta "J", <http://www.geocities.com/valepavi/blocos.htm> - S/D

Para executar o grauteamento deve-se tomar alguns cuidados, como dito anteriormente, isto é, deve-se abrir um nicho no bloco da primeira fiada para limpeza da área aderente, e, também, um cuidado especial com a argamassa de assentamento para que esta não se misture com dois tipos de material diferentes. A célula onde será grauteada tem que estar limpa e livre de qualquer coisa que possa ocupar o lugar do graute (Figura 20). Esta limpeza é recomendada a ser feita no máximo a cada 6 fiadas, para conseguir ter acesso à sujeira.

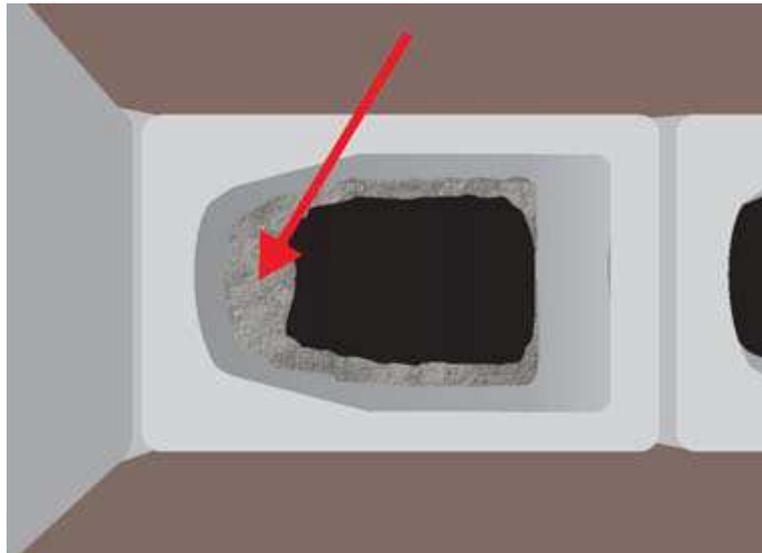


Figura 20 – Excesso de argamassa, ABCP, 2003.

Feita a limpeza, o graute é colocado no interior da célula com a ajuda de um funil para evitar desperdícios e que algum material externo se misture (Figura 21).

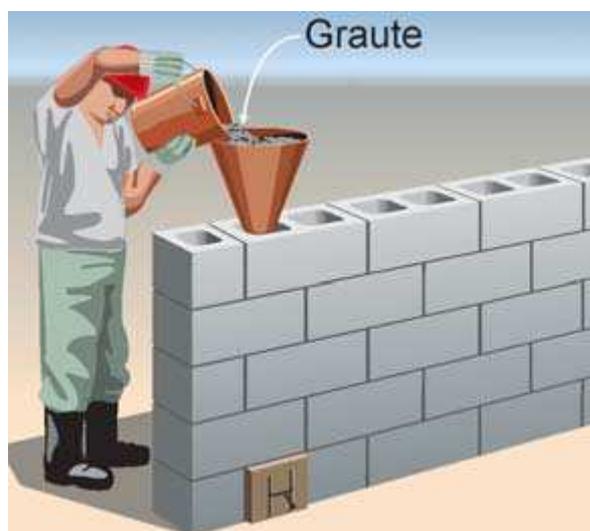


Figura 21 – Graute, ABCP, 2003.

Para todos os procedimentos de execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto existe a norma brasileira NBR 8798, Rio de Janeiro, 1985.

Não são suficientes ótimos projetos, materiais excelentes, equipamentos e tecnologias de última geração se não houver mão de obra especializada.

Por isso há um cuidado especial à ser tomado com relação à mão de obra, por exemplo uma equipe que está acostumada à construir obras no sistema convencional com vigas e pilares, certamente não é a equipe ideal para fazer alvenaria estrutural, a não ser que ela passe por um treinamento que deixe-a preparada e com toda experiência necessária para execução de alvenaria estrutural com seus detalhes e particularidades.

Geralmente as equipes que se especializam em alvenaria estrutural são as equipes que sempre trabalharam com alvenaria seja estrutural ou vedação, os tradicionais “bloqueiros”, eles tem mais facilidade no aprendizado do sistema, pois o ritmo de trabalho é familiar.

3.1 Controle de qualidade

A qualidade da alvenaria estrutural como produto final, depende de diversos fatores, um deles sem dúvida, é o da boa execução, como observado no Item 3.0, alinhamentos, prumos, assentamento adequado, grautes bem feitos etc.

Além de mão-de-obra especializada tem-se que tomar muito cuidado com os materiais a serem empregados, por exemplo, os blocos. Cada bloco tem uma resistência à compressão, geralmente entre 4,5 e 20 MPa, sendo não grauteados e com argamassa usual para tal solicitação de carga e resistência.

Para controlarmos a resistência dos blocos é necessário coletar aleatoriamente uma certa quantidade de blocos por lote de fabricação, conforme especificações da NBR 6136/94,

Tabela 6, e NBR 7173/82, item 6.1, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – ABCP 2003 Apud. NBR 7173/82.

Tipo de bloco	Número mínimo de blocos de amostra	Número de blocos para ensaio à compressão	Número de blocos para ensaios de absorção, massa específica, umidade e área líquida.
Estrutural	9	6	3

Com os blocos ensaiados em laboratório, pode-se ter mais segurança nos blocos empregados. Se houver algum problema com os resultados dos ensaios pode-se ainda, em tempo, tomar providências necessárias.

Além dos ensaios, para se saber se um bloco tem qualidade, pode-se analisar algumas características a olho nu:

- Possui cantos quebrados, trincas;
- Possui todas as medidas íntegras e constantes com variações de milímetros;
- Quebra com facilidade;
- Aspecto do bloco homogêneo e sem vazios etc.

No processo de industrialização do bloco há uma pequena variação de medida que pode ser tolerada de mais 2 mm para a largura e mais 3 mm para a altura e comprimento das peças.

Existem, também, ensaios para comprovar resistência à compressão de prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural, conforme NBR 8215 (ABNT, 1982).

4. MATERIAIS

4.1 Blocos

Alvenaria estrutural é um assunto muito amplo, pois qualquer objeto que for usado com argamassa de assentamento, fazendo a ligação entre mais peças seja qual for o material e formando uma estrutura prismática, pode-se dizer que é uma alvenaria estrutural.

Portanto existem diversos tipos de materiais para ser usado em formato de bloco como o bloco cerâmico, o bloco de sílico-calcário, bloco de concreto celular e o de cimento que é o foco deste trabalho. Segue, assim, algumas informações sobre o bloco de cimento.

Os materiais empregados para a fabricação dos blocos de cimento consistem em cimento Portland, agregados e água. As proporções e traços são em função da resistência esperada.

Absorção de água é outro fator considerável, pois o bloco não pode absorver muita água tomando a água da argamassa de assentamento. Ao mesmo tempo não pode ser impermeável por motivo de aderência da argamassa ao bloco, portanto tem que existir um bom equilíbrio na absorção de água.

As medidas dos blocos devem, usualmente, ser múltiplas para facilidade de modulação; por isso, os blocos de concreto são divididos em duas famílias, a família 39 e a família 29.

A família 39 possui dimensão em módulo de 20cm diferente da largura que é de 15cm, por isso precisa-se de blocos com a finalidade de modular estas medidas, o de 14x19x34 (Figura 22) usado nos cantos e o 14x19x54 (figura 23) usado nos encontros de parede em "T". Tem-se o 14x19x39 (figura 24) que é o mais utilizado nos comprimentos das paredes e o meio bloco desta medida que é o 14x19x19 (Figura 25), muito usado em vãos de portas e janelas, onde a armação da alvenaria precisa terminar em prumo.



Figura 22 – Bloco 14x19x34, ABCP, 2003.



Figura 23 – Bloco 14x19x54, ABCP, 2003.



Figura 24 – Bloco 14x19x39, ABCP, 2003.

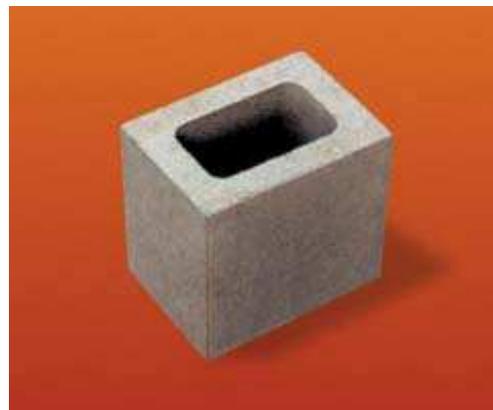


Figura 25 – Bloco 14x19x19, ABCP, 2003.

Conforme ABCP (2003), a família 29 ainda não apresenta dimensões padronizadas de norma de blocos estruturais, consta apenas como vedação, por isso existe no mercado na forma de bloco de vedação, e possui dimensão em módulo de 15cm o que facilita, pois é a mesma medida de sua largura.

Existe o bloco de 14x19x29 (Figura 26) que é o mais utilizado nos comprimentos das paredes, o meio bloco desta medida é o 14x19x19 (Figura 27), muito usado em vãos de portas e janelas, onde a amarração da alvenaria precisa terminar em prumo, e o 14x19x44 (Figura 28) usado nos encontros de parede em “T”.



Figura 26 – Bloco 14x19x29, ABCP, 2003.

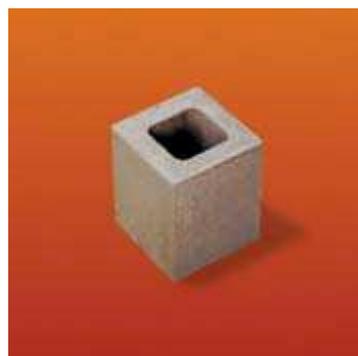


Figura 27 – Bloco 14x19x19, ABCP, 2003.



Figura 28 – Bloco 14x19x44, ABCP, 2003.

As características como resistência à compressão, dimensões dos blocos, espessura mínima das paredes estão especificadas na norma brasileira NBR 6136 (ABNT, 1994) e NBR 7184 (ABNT, 1992).

4.2 Argamassa de assentamento

Um item muito importante do sistema é a argamassa de assentamento, pois ela tem a responsabilidade de distribuir toda a carga para os blocos que nela estão ligados, ou seja, pode-se assimilar a ela uma solda de uma estrutura metálica, pois há um componente estrutural (bloco) em cima e outro embaixo. Por isso, ela se torna a emenda entre os componentes, tendo, assim, que suportar a carga solicitada e unir os componentes do prisma.

A resistência da argamassa geralmente é de 70% a 100% da resistência do próprio bloco. Se a resistência da argamassa é aumentada, não se aumenta a

resistência da parede em geral, portanto ela pode ser usada nesse percentual de resistência.

O que deve ser muito bem observado são as espessuras das juntas, a medida ideal para ela é de 1cm, podendo se ter problemas com juntas menores e juntas maiores. Se a junta for menor que 1cm corre-se o risco da face de um bloco encostar na outra, concentrando tensões que prejudicam a resistência da parede, e se a junta passar de 1cm, a resistência da parede diminui. Portanto deve-se controlar essa junta horizontal com 1cm, e respeitar sempre a resistência da argamassa de assentamento exigida pelo calculista da estrutura.

A norma americana classifica 4 tipos de argamassa mista, M, S, N e O:

- Argamassa tipo M: usada em alvenaria em contato com o solo, como fundações, muros de arrimo etc. Possui alta resistência à compressão e excelente durabilidade.
- Argamassa tipo S: usada em alvenaria sujeita a esforços de flexão. Tem boa resistência à compressão e à tração quando confinada entre as unidades.
- Argamassa tipo N: usada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. Tem média resistência à compressão e boa durabilidade.
- Argamassa tipo O: pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0.70 MPa e não esteja exposta em meio agressivo. Apresenta baixa resistência à compressão e conveniente para o uso em paredes de interior em geral.

4.3 Graute

O graute é um concreto com agregados miúdos e alta plasticidade e com o *slump* necessário para preencher os vazios e se acomodar nos vãos, designados no sistema de alvenaria estrutural.

Eles são usados no interior da célula dos blocos, aumentando, assim, a área da seção do bloco dando mais resistência para o ponto da alvenaria que está grauteado, aumentando a resistência de sobrecarga em tal ponto.

Para que isso aconteça, é necessário um concreto com uma boa trabalhabilidade, pois quase sempre as condições de lançamento não são boas e as armaduras internas também não ajudam, por isso o cuidado tem que se redobrado.

Com isso o resultado pretendido é de uma peça integra e com os quatro itens muito bem integrados, o bloco, a argamassa de assentamento, o aço e o graute, para se obter uma peça uniforme e com boa resistência.

4.4 Armaduras

Apesar do sistema não ser em concreto armado, existem pontos na alvenaria estrutural onde necessita aço, como, por exemplo, nas vergas e contra-vergas. Elas são nada mais que peças como vigas que sofrem solicitações de cargas de compressão e de tração. Com isso, o aço tem boas características para suprir tração e é usado para este fim.

Usa-se aço também no graute para estruturar e dar características mais resistentes ao ponto em vigor.

Logicamente, casos especiais precisam ser estudados mais profundamente, como um longo vão ou uma parede onde terá esforço lateral como um muro de arrimo de alvenaria estrutural. Estes são casos à parte onde com certeza é necessária a armação desta estrutura.

4.5 Tela Metálica e Grampo

Em algumas situações de projeto ou mesmo de alteração do próprio projeto, não se consegue ter amarração na alvenaria com a modulação e suas medidas múltiplas perfeitas. Há ocasiões, também, onde se precisa unir alvenaria de vedação com alvenaria estrutural. Nestes casos, usa-se a tela metálica ou grampo.

Muito importante ressaltar que quando se adota estes procedimentos fica totalmente descartada a possibilidade de aproveitar o efeito de uniformização de distribuição de cargas verticais ou horizontais, usando a tela ou o grampo como união de alvenarias.

O grampo também é muito utilizado em paredes duplas onde existem grandes cargas atuando lateralmente na parede, fazendo, desta forma, com que as duas peças de alvenaria se integrem tentando formar uma seção maior, o mais uniforme possível (Figura 37).

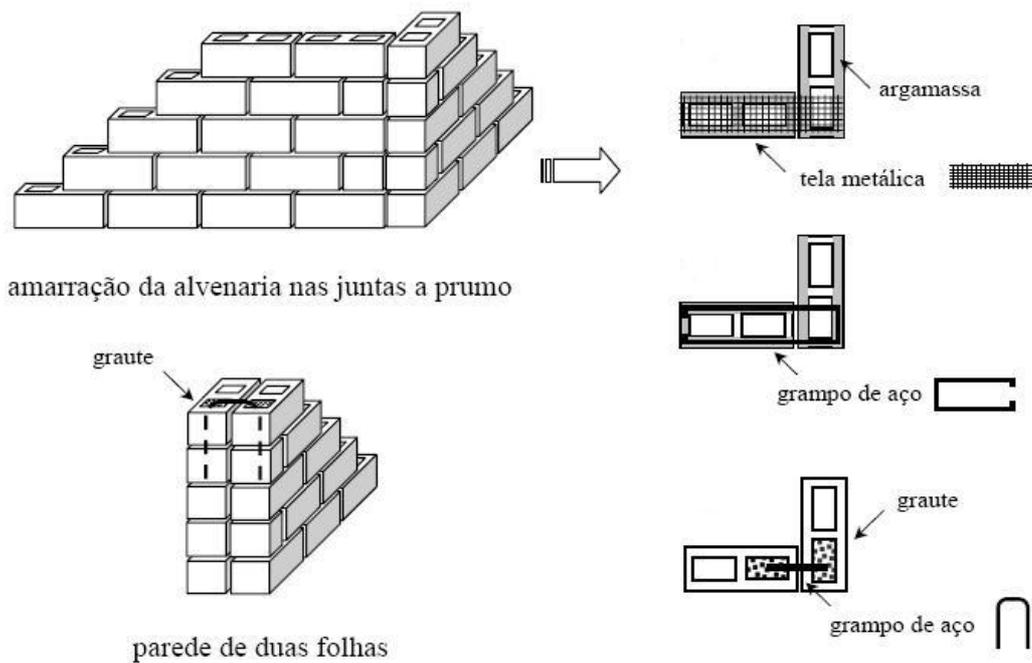


Figura 29 – Tela metálica e grampo -

<http://pcc2515.pcc.usp.br/Documentos%202007/RACIONALIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETO%20DE%20EDIF%C3%8DCIOS%20EM%20ALVENARIA%20ESTRUTURAL.pdf>, Vilató, 2000.

5. EQUIPAMENTOS

5.1 Escantilhão

É uma ferramenta utilizada após a definição dos alinhamentos das paredes a ser executada, colocada sempre nos cantos de encontro de paredes. É a primeira marca nivelada em relação à referência definida pelo ponto mais alto da laje, garantindo, desta forma, o nivelamento, alinhamento e prumo perfeito das fiadas. É composto por uma haste vertical a qual é graduada com marcações a cada 20 cm para indicar a fiada do bloco (figura 29).

É um equipamento usado para maior segurança e sem riscos de perder a referência de níveis e alinhamento e deve ser fixado no piso com parafuso e bucha. O escantilhão é um equipamento simples e de fácil aplicação, mas que tem um papel significativo para a boa execução dos serviços.



Figura 30 – Escantilhão, ABCP, 2003.

5.2 Meia Cana Metálica

É uma ferramenta utilizada para aplicação de argamassa de assentamento nos blocos. Ela tem pouca aceitação, pois é necessário trabalhar com um balde de água ao lado e a palheta simples é mais prática de se utilizar e de produzir, além de ter um custo menor (figura 30).



Figura 31 – Meia cana metálica, ABCP, 2003.

5.3 Bisnaga

É uma ferramenta utilizada também para a aplicação de argamassa de assentamento nos blocos, porém também não tem uma aceitação muito boa em obras, pois tem um difícil manuseio, e causa problemas ao operário por motivos de peso e necessidade de fazer força para pressioná-la para sair da argamassa.

Existe, também, uma restrição quanto à fluidez de tal argamassa, pois são necessários agregados muito miúdos para uma boa trabalhabilidade.

Com todos esses obstáculos, a ferramenta preferida é a palheta, porém ainda há alguns serviços que a bisnaga é uma boa opção. Por exemplo, o enchimento de juntas verticais (Figura 31) entre os blocos.



Figura 32 – Bisenaga, ABCP, 2003.

5.4 Palheta

É uma ferramenta muito simples que pode até ser feita na própria obra com sobras e retalhos de madeira. Muito útil para dar agilidade ao processo de aplicação de argamassa no sentido longitudinal do bloco (Figura 32). O seu tamanho geralmente é de 40cm de comprimento e aproximadamente 3cm ou 4cm de largura. Pode-se dizer que é uma desempenadeira fina e comprida, facilitando e, principalmente, controlando a quantidade de argamassa a ser colocada, lembrando que não se pode usar mais nem menos que 1cm de argamassa na junta horizontal da alvenaria.

Esta ferramenta se destaca comparado com a bisnaga e a meia cana metálica pelo motivo de praticidade. Por exemplo, a bisnaga é grande, pesada, o operador não tem um fácil aprendizado; é necessário que a meia cana metálica tenha um recipiente com água ao lado para aplicação no bloco.



Figura 33 – Palheta, ABCP, 2003.

6.0 APLICATIVOS

6.1 Contra Marco Pré-fabricado

Este é um aplicativo muito interessante para ser usado juntamente com a alvenaria estrutural, pois pensando em uma construção racionalizada e ágil, é uma peça que já vem pronta da fábrica (Figuras 33 e 34) e é apenas usada para ser instalada nos vãos das esquadrias.

A grande vantagem é a agilidade, pois ele é executado durante a fase de levantamento da alvenaria e já é a peça acabada, podendo, assim, fixar as esquadrias diretamente sobre ele, apenas vedando as juntas para bom conforto interno do ambiente.

Isso faz economizar a mão-de-obra para requadro de vãos, e para chumbar batentes na alvenaria com massa, e o melhor deixa a obra limpa e sem desperdício de materiais.



Figura 34– Contra Marco –
http://home.uniemp.org.br/seminarios/palestras/palestra_iccb05_lh_ceotto.pdf, Ceotto, 2005.



Figura 35 – Contramarco –
http://home.uniemp.org.br/seminarios/palestras/palestra_iccb05_lh_ceotto.pdf, Ceotto, 2005.

Por ser uma peça usada junto com a alvenaria estrutural, ela deve ser fabricada de acordo com as medidas modulares da alvenaria e do projeto de tal vão, fazendo com que se encaixe nos limites da alvenaria sem precisar quebrar a alvenaria, o que é proibido no sistema de alvenaria estrutural, e sem deixar grandes vãos entre as juntas.

Precisa-se, no entanto, tomar alguns cuidados na obra, pois a peça deve vir da fábrica com as medidas certas, a instalação tem que ser feita com os mesmos cuidados da alvenaria, isto é, prumos, alinhamentos, níveis etc.

Para se ter segurança com a instalação, pode-se graduar na lateral do contra marco as medidas das alturas dos blocos para seguir o mesmo nível (Figura 35). Existe, também, o suporte para fixação enquanto se instala e executa a alvenaria (Figura 36).

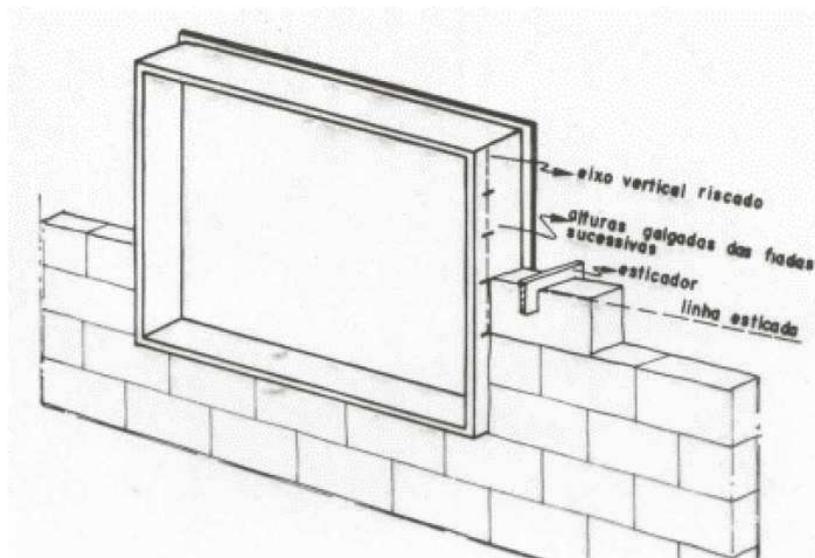


Figura 36 – Contramarco –
http://home.uniemp.org.br/seminarios/palestras/palestra_iccb05_lh_ceotto.pdf, Ceotto, 2005.



Figura 37 – Contramarco –
http://home.uniemp.org.br/seminarios/palestras/palestra_iccb05_lh_ceotto.pdf, Ceotto, 2005.

7. VIABILIZAÇÃO EM EMPREENDIMENTOS

Conforme a Revista Técnica 34, p.26:

“Cada vez mais distante do preconceito que a associava apenas às construções populares, a alvenaria estrutural ganha espaço nos canteiros de obras brasileiros.

A volta da classe C ao mercado consumidor de imóveis e o empenho da engenharia nacional estão alavancando um sistema construtivo que parecia fadado aos conjuntos habitacionais populares. A alvenaria estrutural caiu, por fim, no gosto do meio técnico brasileiro, atraído pela redução de custos de até 30% proporcionado pelo sistema. A possibilidade de construir edifícios altos com apartamentos amplos – um edifício na zona leste de São Paulo já alcançou a marca dos 24 pavimentos e outros dois no Morumbi, zona sul, estão sendo construídos com até quatro dormitórios – tem enterrado alguns velhos preconceitos.”

A mentalidade de um sistema construtivo racionalizado não é apenas modismo ou uma simples questão de demonstrar técnicas alternativas. É mais do que isso, é uma questão de sobrevivência entre construtores e empreendedores, pois o mercado brasileiro está cada vez mais competitivo e exigente em termos de preço, qualidade e agilidade, com isso, a alvenaria estrutural está se destacando, pois são itens característicos dela.

Os empreendedores estão deixando de lado a idéia de que a alvenaria estrutural serve apenas para construções simples e populares (conforme revista 34 da Techne) e partindo para um novo horizonte que são as construções com padrão mais alto. Isso alavanca uma nova concepção de valores e boas condições para obras de alto padrão que são mais caras.

Claro que não se pode esquecer que nas construções de baixo e médio padrão ainda também é um excelente sistema, tendo todas suas qualidades.

Isso é reflexo de muito estudo, ensaios, e principalmente experiências em obras e empreendimentos executados com todos os cuidados e regras para uma boa prática do sistema construtivo.

“Uma das medidas de economia tomadas pela JHS para viabilizar o empreendimento foi empregar blocos de concreto com diversas resistências à compressão, de acordo com a faixa de andar executada. Da primeira fiada até o quinto pavimento, foram especificados blocos de 14 MPa. A resistência dos blocos cai à medida que sobem os andares, culminando com 6 MPa entre o 15o pavimento e a cobertura. “Não é preciso usar o mesmo tipo de bloco

em todo o edifício”, afirma Carlos Alberto Tauil, gerente técnico comercial da Glasser, fabricante paulista que está fornecendo os blocos de concreto para a obra.” (Revista Técnica 34 - PINI – mai/jun – 1998. P.26-31).

Todavia, um ponto muito interessante para evitar desperdícios em prédios com alturas significativas é a adoção de blocos de diferentes resistências usados apenas onde lhe exige tal esforço. Por exemplo, nos primeiros pavimentos de um prédio são usados blocos de uma alta resistência, no meio do prédio já podemos usar de média resistência e, no final, onde há pouco esforço pode-se usar um de mais baixa resistência.

8. OBSTÁCULOS PARA O SISTEMA

Hoje em dia com a quantidade de recursos e tecnologias desenvolvidas no sistema de alvenaria estrutural, pode-se dizer que os obstáculos encontrados são mínimos, e estão cada vez mais extintos.

Não existe mais o conceito que associa alvenaria estrutural com aqueles prédios onde quase não apresentam vãos e com janelas muito pequenas. Bons profissionais junto com a tecnologia do sistema são capazes de desenvolver projetos arquitetônicos maravilhosos e ousados.

Existe apenas um bom senso a ser respeitado, cada sistema construtivo serve para suprir sua necessidade arquitetônica. Por exemplo, se precisar construir um estacionamento de caminhões de dois ou mais pavimentos, com vãos extremamente grandes, certamente não será adotado o sistema de alvenaria estrutural. Escolhe-se, provavelmente, a estrutura em concreto armado moldado em loco ou estrutura de concreto armado pré-fabricado etc.

Porém em empreendimentos residenciais, comerciais, e geralmente empreendimentos verticais e sobrados, o sistema de alvenaria estrutural é o sistema mais indicado para empreendedores que precisam de uma obra racionalizada, econômica e rápida.

Nos tipos de empreendimentos com arquitetura onde exige vãos muito longos, com janelas muito grandes, o papel da alvenaria estrutural começa a não ter condições de suprir essas necessidades.

Isso não impede de se usar outros tipos de materiais juntamente com a alvenaria estrutural, como vigas metálicas, vigas em concreto armado, peças em concreto armado pré fabricado para vencer vãos, por exemplo.

Um obstáculo um pouco maior para o empreendedor é a mão de obra especializada, é muito difícil encontrar equipes especializadas que saiba dos detalhes e das necessidades do sistema construtivo para poder executar a obra do jeito que foi pensada e projetada.

9. CONCLUSÃO

Através da pesquisa realizada pode-se dizer que o sistema de alvenaria estrutural é um sistema de simples execução, porém para um empreendimento bem sucedido, cinco fatores fundamentais devem ser rigorosamente seguidos, conforme Penteado, (2003):

- Projetos;
- Tecnologia;
- Suprimentos;
- Organização da Produção;
- Gestão de mão de obra.

O fruto de um empreendimento onde são respeitados estes itens será, sem dúvida, uma obra racionalizada com menos perdas de materiais e mão-de-obra e, conseqüentemente, menos custo.

Esse sistema apresenta alguns obstáculos e pequenas limitações, mas que são supridos com bons profissionais, atuando com projetos inteligentes e estratégicos.

Por ser um sistema racionalizado e de alto nível de industrialização, respeitando os projetos na obra não haverá desperdício de materiais, por exemplo, os blocos não podem ser quebrados, a argamassa geralmente vem pronta não havendo desperdício e sobras de areia, cimento, etc. a quantidade à ser usada de argamassa e graute é limitada, o graute deve ser colocado com funil e deve ficar confinado dentro da célula do bloco não havendo por onde vazar ou perder material.

A conseqüência disso é uma obra econômica e que reduz bastante o custo para o empreendedor.

Com isso, pose-se concluir que a metodologia da alvenaria estrutural, quando usada de forma correta com integração total entre as partes envolvidas e, respeitando suas restrições é um método bastante ágil, limpo e lucrativo de se construir.

10. BIBLIOGRAFIA

_____. **NBR 7184:** blocos vazados de concreto simples para alvenaria – determinação da resistência à compressão – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 8798:** execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto . Rio de Janeiro, 1985.

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

_____. **NBR 8215:** prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro, 1982.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria com Bloco de Concreto:** Prática Recomendada. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml>. Acesso: 25 de Julho de 2007.

ALVES, Vancler Ribeiro; SILVA, Ariane C.S.; MENDES, Luiz C. **Comportamento à compressão de paredes em Alvenaria Estrutural.** Niterói, 2005. Disponível em: http://www.uff.br/semenge2005/Artigos_anais/Civil/112379_8274838.pdf. Acesso: 22 de Agosto de 2007.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural:** Notas de Aula. Ilha Solteira, 200. Disponível em: <http://www.nepae.feis.unesp.br>. Acesso: 22 de Agosto de 2007.

CEOTTO, Luis Henrique. **Inovação na Construção Civil Brasileira:** Ações Inovadoras. São Paulo, 2005. Disponível em: http://home.uniemp.org.br/seminarios/palestras/palestra_iccb05_lh_ceotto.pdf. Acesso: 25 de Julho de 2007.

LOURENÇO, Paulo B. **Aspectos sobre a Construção em Alvenaria Estrutural.** Universidade do Minho, Braga, Portugal, S/D. Disponível em: http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Update_Webpage/2002_Lourenco_4.pdf. Acesso: 20 de Agosto de 2007.

MAMEDE, Fabiana Cristina. **Utilização de Pré-moldados em Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Carlos, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/>. Acesso: 18 de Agosto de 2007.

PENTEADO, Adilson Franco. **Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural**. Campinas, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações) Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil.

REVISTA TÉCNICA 34, PINI, mai/jun, 1998. P.26-31.

VILATÓ, Rolando Ramirez. **Racionalização do Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://pcc2515.pcc.usp.br/Documentos%202007/RACIONALIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETO%20DE%20EDIF%C3%8DCIOS%20EM%20ALVENARIA%20ESTRUTURAL.pdf>. Acesso: 20 de Agosto de 2007.