



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Alvenaria estrutural, Compatibilização, Vantagens x Desvantagens.**

**Autor: Edjailson Jurandi Celestino**

**Recife**

**2014**

**Edjailson Jurandi Celestino**

**Alvenaria estrutural, Compatibilização, Vantagens x Desvantagens.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociência da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade

**Recife**

**2014**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C392a Celestino, Edjailson Jurandi.  
Alvenaria estrutural, compatibilização, vantagens x desvantagens /  
Edjailson Jurandi Celestino. - Recife: O Autor, 2014.  
44 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade.  
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Departamento de Engenharia Civil, 2014.  
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Alvenaria estrutural. 3. Estrutura convencional.  
4. Integração. 5. Materiais. 6. Comparativo. 7. Modulação. I. Andrade,  
Tibério Wanderley Correia de Oliveira. II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2014-213

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALVENARIA ESTRUTURAL, COMPATIBILIZAÇÃO,  
VANTAGENS X DESVANTAGENS.

Edjailson Jurandi Celestino

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA (CTG) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE) COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

BANCA EXAMINADORA:

---

Orientador: Prof. Tibério Wanderley C. de O. Andrade

---

Examinador Interno

Prof. Sérgio do Rêgo Barros Machado Dias

---

Examinador externo:

Eng. Antônio Carlos de Albuquerque Melo

Recife

2014

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais e meus filhos, com muito carinho dedico este trabalho, que são e sempre serão tudo na minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A todos meus familiares, em especial minha mãe, Marlene, meu pai Jurandi e meus irmãos, de que forma direta e indireta me conduziram a esta grande vitória.

A minha esposa e meus filhos por sempre estarem presente em todos os momentos desde o início desta jornada.

Ao meu orientador Prof. Tibério Wanderley C. de O. Andrade, que me orientou de forma séria e responsável.

Aos meus colegas de curso de Engenharia Civil, por toda convivência e aprendizado.

Aos meus amigos Leonardo Morais, Glauber, Leonardo Gomes e minha amiga Lany.

**RESUMO:** Com a grande especulação imobiliária e os preços que estão sendo praticados pelas construtoras, a aquisição da casa própria se tornou um sonho com um custo muito alto fora dos padrões para aqueles que mais precisam, mesmo com os grandes investimentos do governo em programas habitacionais. Surge então a busca por sistemas construtivos mais baratos. A alvenaria estrutural é um sistema que vem sendo utilizado no Brasil a mais de quatro décadas e com o surgimento de normas, ensaios e um rigoroso controle de qualidade na produção de seus insumos e execução do projeto, soa-se como uma das alternativas construtiva mais confiável e com maior redução de custo, agregando ao produto final qualidade e economia. Mesmo a alvenaria apresentando algumas vantagens em relação às estruturas de concreto armado, não se deve optar inicialmente por esta alternativa. O presente trabalho buscou fazer uma revisão dos conceitos mais atuais que estão sendo abordados acerca deste sistema, fazendo um comparativo e apontando as diversas vantagens e desvantagens em relação ao método convencional. No trabalho desenvolvido, podemos observar também a importância na escolha dos materiais, como blocos, argamassa e graute, bem como a integração e modulação do projeto. Dentre os resultados observados, constatou-se uma grande redução no número de equipes, durante a execução da alvenaria estrutural, tal diminuição se deve ao menor emprego de fôrmas e ferragens e conseqüentemente, dispensa de mão de obra de carpinteiro e ferreiros, o que não se observa no sistema convencional, onde temos grande uso de ferragens, fôrmas e escoramentos tendo em vista que seus principais elementos são moldados in loco.

**Palavras chave:** Alvenaria estrutural; estrutura convencional; integração; materiais; comparativo; modulação.

## ABSTRACT

With the great speculation real estate and the prices being charged by contractors, the home ownership became a dream with a very high cost out of the standards for those who need it most, even with major government investments in housing programs. Then comes the search for cheaper construction systems. Structural Masonry is a system that has been used in Brazil for more than four decades and the emergence of standards, testing and strict quality control in the production of their inputs and execution of the project, if it sounds like one of the more constructive alternatives reliable and more cost reduction, adding to final product quality and economics. Even masonry presenting some advantages over reinforced concrete structures, one should not initially opt for this alternative. This study aimed to review the most current concepts being discussed about this system, making a comparison and pointing out the various advantages and disadvantages compared to the conventional method. At work, we also see the importance in the choice of materials such as blocks, mortar and grout, as well as integration and modulation of the project. Among the observed results, we found a large reduction in the number of teams for the implementation of structural masonry, this decrease is due to lower use of formwork and fittings and thus remission of labor carpenters and blacksmiths, which does not observed in the conventional system, where we have great use of hardware, formwork and shoring considering that its main components are molded in place.

**KEYWORDS:** Structural masonry, conventional structure, integration, materials, comparative, modulation.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Alvenaria não armada.....	24
Figura 2 – Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	25
Figura 3 – Alvenaria protendida.....	26
Figura 04 – Unidades modulares dos blocos de concreto.....	30
Figura 05 – detalhe da amarração de parede.....	32
Figura 06 – Aspecto da argamassa.....	34
Figura 07 - Principais ensaios em argamassa.....	36
Figura 08 – Preenchimento de blocos estruturais.....	37
Figura 09 – Gráfico demonstrativo da participação do gerenciamento em relação ao processo de desenvolvimento de projetos.....	38
Figura 10 – Gráfico demonstrativo de esforço após o incremento do gerenciamento e a inclusão do projeto específico da alvenaria.....	39

## **Lista de Tabelas**

Tabela 01 - Elementos estruturais básicos do sistema convencional.....	19
Tabela 02 – Classificação dos blocos de concreto: NBR 6136/2006.....	27
Tabela 03 - Requisitos NBR 6136/2006.....	29
Tabela 04 – Classificação para blocos estruturais.....	31
Tabela 05 - Resumo dos requisitos normativos.....	35

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVO .....	15
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 METODOLOGIA.....	16
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1 Bloco de concreto: .....	17
4.2 Bloco cerâmico: .....	17
4.3 Bloco de silico-calcário: .....	18
4.4 Bloco de concreto celular autoclavado: .....	18
5 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....	18
5.1 Sistema convencional.....	18
5.2 Alvenaria estrutural.....	21
5.3 Principais características da alvenaria estrutural com blocos de concreto: .....	22
5.4 Alvenaria não armada .....	23
5.5 Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	24
5.6 Alvenaria protendida.....	25
6- DEFINIÇÕES .....	26
6.1 Requisitos Normativos para blocos de concreto .....	26
6.1.2 Resistência à compressão .....	28
6.1.3 Absorção de água .....	28
6.1.4 Precisão dimensional e perfeição geométrica .....	29
6.1.5 Textura superficial.....	29
6.2 Tipos de blocos e classificação .....	30
6.2.1 Família de blocos de concreto.....	30
6.2.2 Produção de blocos de concreto.....	32
6.3 Argamassas de assentamento.....	33
6.3.1 Propriedades das Argamassas.....	34

6.4 Graute.....	37
7- A IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO DOS PROJETISTAS NO SISTEMA CONSTRUTIVO. ....	37
8 - MODULAÇÃO DO PROJETO, GRANDE RACIONALIZAÇÃO DE MATERIAIS. ....	40
8.1 Vantagens de se ter um projeto modulado. ....	40
9. CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

Alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual se utiliza blocos com fins estruturais para execução de edificações, sistema este que vem sendo empregado desde as primeiras civilizações onde os antigos povos utilizavam pedras para fazer suas casas colocando umas sobre as outras. Posteriormente descobriram que poderiam ao invés de pedras, utilizar argila na confecção de blocos para construir suas moradias. Para vencer os vãos, utilizavam-se vigas de madeira e mais tarde descobriu-se que poderia usar arcos de tijolos como forma de vencê-los. Com isso, foi possível a construção de pontes e grandes monumentos que permanecem estáveis até os dias atuais.

A dificuldade em adquirir a casa própria é um dos grandes problemas a ser superado no Brasil e com o passar dos anos vem se agravando cada vez mais. Para suprir essa demanda é necessário que a aquisição desse bem tão desejado não tenha um custo tão alto principalmente para aqueles que mais precisam. Para atender a essa demanda muitas construtoras têm investido em pesquisa e estudos com objetivo de desenvolver novos materiais, técnicas e aprimoramento dos sistemas construtivos existentes.

O emprego de um modelo construtivo em que seja otimizado o uso de materiais, tempo e mão de obra já traz uma grande redução de custo no produto final para empresa, sendo esses alguns dos objetivos alcançados quando se utiliza a alvenaria estrutural de modo racional.

Com a meta de diminuir o número de famílias sem moradia, o governo federal tem feito grandes investimentos em programas habitacionais, o que tem impulsionado o setor da construção civil a buscar outras soluções construtivas mais competitivas em relação às estruturas de concreto armado. Dentre as alternativas, destaca-se a alvenaria estrutural, a qual tem sido bastante usada na construção de conjuntos habitacionais destinados a programas sociais. Um exemplo da aplicação da alvenaria estrutural aparece na construção de residências destinadas ao Programa Minha Casa Minha Vida no município do Recife e região metropolitana. Nessas construções, a maioria das construtoras adotou o referido modelo construtivo.

No Brasil o auge da alvenaria se deu nos anos 80 com o surgimento de diversos conjuntos habitacionais de quatro pavimentos, tidos como de baixa renda, devido ao baixo custo de execução Kalil (2011). Diversas construtoras adotaram a alvenaria estrutural como sistema

construtivo. Porém, devido à deficiência de pesquisa na área naquela época e a falta de normalização para construção de edifícios em alvenaria estrutural muitas daquelas edificações mais tarde vieram apresentar problemas e até desmoronaram tendo como principais causas: projeto estrutural empírico, uso de materiais inadequados (principalmente blocos), métodos executivos incoerentes e ausência quase que total de controle tecnológico dos materiais. O que fez com muitos construtores migrassem para outros sistemas que oferecesse maior confiabilidade e segurança.

Com o investimento em pesquisa, principalmente pelas fabricas de blocos cerâmicos e as experiências anteriores, a alvenaria estrutural hoje é tida como um sistema construtivo competitivo para execução de moradias a um custo relativamente baixo. Comparado ao sistema convencional, é um sistema bastante empregado nos programas sociais do governo federal (Minha Casa Minha Vida, por exemplo), porém para que seja viável o emprego da alvenaria na construção civil se exige maior detalhamento dos projetos. Para isto, é primordial a integração entre os projetista e arquitetos, de modo que possa ter um projeto modulado e com menos desperdício de material.

Para Araújo (1995), a inserção de novas técnicas no ambiente construtivo impõe a modificação de diversos pontos como, por exemplo, a concepção e execução dos projetos, o layout do canteiro, os materiais e equipamentos utilizados, a metodologia de trabalho, a qualificação e formação da equipe de trabalho.

O fato de se implantar um novo modelo construtivo em uma organização não implica no abandono dos conhecimentos adquiridos em processos anteriores, muito pelo contrário, servem de suporte e orientação para os trabalhos que serão desenvolvidos no novo ambiente de trabalho. Como por exemplo, um pedreiro que trabalha assentando alvenaria de vedação terá maior facilidade em executar um projeto em alvenaria estrutural, onde se tem as fiadas moduladas, possibilitando que ele empregue as habilidades que já dispõe pelo fato de ter trabalhado com assentamento de blocos e associado a isto o cuidado de ter uma atenção a mais no projeto. Tendo em vista que os blocos não são colocados de maneira aleatória, para cada situação se tem um tipo de bloco, como no caso dos encontros de parede, nos locais onde serão instalados os pontos elétricos, os pontos hidráulicos, entre outros.

Quanto ao método a ser empregado, antes de tudo é necessário que se faça um estudo onde se deve observar qual o sistema construtivo que mais se adequa aquele local e aquela topografia, por exemplo. Feito isto, faz-se uma análise econômica para verificar a viabilidade de

implantar tal sistema. Devido a grande concorrência existente no mercado, a empresa que dispor de melhor projeto com menor custo, esta será a que terá maior poder de barganha de clientes, a qual poderá oferecer melhores preços de aquisição para os seus clientes.

Dentre os diversos sistemas construtivos existentes para se avaliar, a alvenaria estrutural soa-se como uma das opções para construção de conjuntos habitacionais e/ou para prédios comerciais, devido à simplicidade de execução dos projetos e qualidade quando fiscalizado e executado de maneira racional, o que irá influenciar diretamente na redução dos custos.

Diante disto, o presente trabalho fará um apanhado deste sistema mostrando a necessidade da integração dos projetistas durante elaboração dos projetos e execução no canteiro de obra, bem como das suas vantagens e desvantagens da sua aplicabilidade, quando comparada ao método convencional, importância de se ter um projeto modulado.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Diante da gama de soluções disponíveis atualmente para executar edificações e outras obras na construção civil, este estudo objetiva:

Analisar as diferenças de forma comparativa da alvenaria estrutural e da estrutura de concreto armado.

### **2.2 Objetivos específicos**

A luz dos diversos artigos publicados e pesquisas desenvolvidas na área, este trabalho objetiva especificamente:

- Investigar a importância da integração dos projetistas, observando tal importância no canteiro de obra;
- Analisar a importância de definir uma unidade padronizada na alvenaria estrutural.
- Apontar as vantagens e desvantagens do sistema;

### 3 METODOLOGIA

Será realizada uma pesquisa exploratória, visando abordagem comparativa entre alvenaria estrutural e estrutura de concreto armado, identificando vantagens e desvantagens de tais sistemas construtivos. Para isto, serão analisados diversos artigos acerca do assunto, além de visita a campo, com o objetivo de ampliar o conhecimento do setor.

### 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Tauil (2010), alvenaria é definida como um conjunto de peças justapostas coladas em sua interface por uma argamassa apropriada formando um elemento vertical coeso. Tal conjunto serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes. Quando utilizada de forma racional proporciona uma economia significativa na execução de projetos.

Diferentemente do sistema convencional, os blocos de alvenaria tem uma função estrutural, ou seja, eles substituem as vigas e pilares, tendo como função suportar as cargas de projeto, as paredes juntamente com argamassa formando o elemento estrutural da edificação que para Kalil:

Um projeto arquitetônico em alvenaria portante será mais econômico na medida em que for mais repetitivo e tiver paredes coincidentes nos diversos pavimentos, dispensando elementos auxiliares ou estrutura de transição. (KALIL, 2011, p. 4)

Já Lorsleem (2000) diz que a alvenaria, seja ela com finalidade estrutural ou de vedação, tem um valor agregado na construção civil, dentre os diversos insumos utilizados não sendo ela o de maior valor, porém, pelo fato de ela está diretamente interligada a outros projetos como esquadrias, instalações elétricas e hidrosanitárias sua racionalização no processo construtivo traz um ganho econômico no final da obra. Lorsleem (2000) acrescenta que:

“As paredes de alvenaria são os elementos mais frequentemente e tradicionalmente empregados na construção de edifícios. Considerando-se apenas o custo das paredes de vedação – pode alcançar até 6% do custo total da obra – a racionalização parece não ser tão importante. No entanto, levando-se em consideração as suas inter-relações com o conjunto das esquadrias, das instalações elétricas e hidro sanitárias e dos revestimentos, os quais estão vinculados à concepção e à execução da própria

alvenaria, não seria exagero pensar que este conjunto pode atingir até 40% do custo total dos edifícios.”. (LORSLEEM JR. 2000, p.10)

A alvenaria empregada neste sistema construtivo desempenha função de elemento de vedação e estrutural, com isso economiza-se tempo, pois no sistema convencional executa-se primeiro os pilares, depois vigas e por último as lajes, para posterior execução da alvenaria, desta forma se tem uma maior diversificação de processos e maior emprego de materiais e serviços num mesmo canteiro de obra. A modulação do projeto tem como principal finalidade tornar as dimensões dos ambientes múltiplos da unidade básica modular, fazendo com que o projeto torne-se mais econômico e o canteiro mais limpo. Ao empregar menor quantidade de argamassa tanto no revestimento interno como externo.

Segundo Medeiros e Sabbatini (1993, p. 2), as características dos blocos dependem de diversos fatores dentre eles podemos citar: natureza do material constituinte, umidade utilizada na moldagem, cura dos blocos no caso de concreto, grau de compactação conferido pelo equipamento no processo de fabricação.

Conforme será exposto abaixo, existem diversos tipos de blocos com finalidade estrutural segundo revista *téchne* (1998, pp.26-31).

#### **4.1 Bloco de concreto:**

Largamente empregado no Brasil esse tipo de bloco tem a seu favor o fato de possuir vários fornecedores e de ser o único a possuir norma brasileira para cálculo de alvenaria estrutural. Possui boa resistência a compressão - o mínimo exigido segundo a NBR 6135 é 4.5 MPa, mas alguns fabricantes chegam a produzir blocos com mais de 16 MPa , entretanto, é mais pesado e não possui o mesmo isolamento térmico da cerâmica, por exemplo. O recorde brasileiro no número de pavimentos para alvenaria estrutural que emprega blocos de concreto é de 24 pavimentos.

#### **4.2 Bloco cerâmico:**

Material mais leve que o concreto (alguns fabricantes dizem que cerca de 40%); tem a vantagem de possuir melhor isolamento térmico que o concorrente. Não alcança, porém, índices de resistência à compressão similar com a mesma geometria dos blocos. O edifício mais alto construído com blocos cerâmicos estruturais no Brasil possui oito pavimentos.

#### **4.3 Bloco de silício-calcário:**

Com apenas um fornecedor no mercado nacional, os blocos estruturais de silício-calcário são bastante utilizados na Europa, onde a execução de alvenaria não armada é tradicional e existe uma preocupação maior com o isolamento térmico. No Brasil, são fabricados blocos vazados para alvenaria armada de 6,0 MPa e maciços perfurados para não-armada de 10 MPa conforme NBR 14974-1. O máximo que alcançou por aqui um edifício que empregou blocos estruturais de silício-calcário foi 14 pavimentos. É mais pesado que o bloco cerâmico.

#### **4.4 Bloco de concreto celular autoclavado:**

Entre os tipos de bloco estruturais disponíveis no Brasil este é o menos empregado. Mesmo sendo maciço e, portanto, utilizado apenas em obras de alvenaria não armada. Possui baixa densidade e é leve. A resistência à compressão do bloco de concreto celular de acordo com NBR 13438 pode chegar até 6 MPa, o que inviabiliza a execução de prédios altos. Competitivo até o quarto pavimento. Oferece bom isolamento acústico e resistência ao fogo.

### **5 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

#### **5.1 Sistema convencional**

Segundo Araújo (2009), estrutura convencional é aquela que em geral é formada por um pórtico espacial de concreto armado, além de lajes de piso, escadas, reservatórios e fundações. Sendo um dos sistemas construtivo mais utilizado em todo o mundo, com vários estudos e pesquisas desenvolvidos e uma gama de normas técnicas, servindo de orientação para execução de tais estruturas.

Na estrutura convencional, geralmente os blocos são do tipo cerâmico, com geometria prismática e furados, podendo ser também maciço ou blocos vazados de concreto. Essa alvenaria empregada não tem nenhuma função estrutural, serve apenas para vedar os vãos, não se exigindo assim um maior controle com relação à resistência mecânica dos blocos e da argamassa de assentamento.

Devido a não solicitação estruturalmente, podem ser cortados para passagem de tubulações hidráulicas e eletrodutos e as paredes podem ser removidas sem comprometer a estabilidade

da estrutura construída. O corte de blocos é muito comum durante execução da alvenaria e é neste processo que se observa um grande desperdício de material e uma grande quantidade de entulho gerada, problema este que não ocorre na alvenaria estrutural devido ao projeto ser todo modulado.

A estrutura de concreto armado é composta pelo (cimento+agregado miúdo+agregado graúdo) + ferro = concreto armado, formando um conjunto solidário que trabalha de forma conjunta.

O concreto apresenta grandes resistências à compressão enquanto o aço resiste muito bem a esforços de tração, desta forma ao se unir estes materiais temos uma estrutura resistente aos esforços de flexão, conforme menciona Ortiz (2004) ao ser solicitado à tração o concreto se deforma, fissura, mas leva consigo o aço, tracionando-o e fazendo a peça trabalhar em conjunto.

Esta união só possível devido os coeficientes de dilatação térmica do concreto e do aço ser praticamente iguais, além da pequena variação da temperatura, e o recobrimento do concreto sobre o aço faz com que esta seja ainda menor. O concreto protege o aço duplamente. O recobrimento que é especificado de acordo com a classe de agressividade do ambiente protege o aço da ação de agentes externos e durante a pega há a formação de um meio alcalino, o qual cria uma camada protetora em torno das barras de aço. Os elementos estruturais básicos do sistema convencional são laje, viga e pilar conforme definido na tabela 01.

Tabela 01 - Elementos estruturais básicos do sistema convencional.

Elementos estruturais básicos	
<b>Laje maciça</b>	Elemento bidirecional (placa), geralmente horizontal, constitui pisos de compartimentos. Suporta diretamente as cargas verticais do piso e é solicitada predominantemente à flexão.
<b>Pilar</b>	Elemento unidirecional (barra), geralmente vertical, que garante o vão vertical dos compartimentos (pé direito), fornecendo apoio às vigas. É solicitado à compressão, às vezes combinado com flexão.
<b>Viga</b>	Elemento unidirecional (barra), geralmente horizontal, que vence vãos entre os pilares e fornece apoio às lajes, às alvenarias e, eventualmente a outras vigas. É solicitada predominantemente à flexão.

Fonte: (<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/caracteristicas/o-sistema/37/caracteristicas.html>> acessado em 11 de julho de 2014 às 19h50min)

Araújo (2009) aponta as seguintes vantagens do edifício convencional:

- Há grande flexibilidade arquitetônica: as paredes podem ser dispostas com maior liberdade; é possível trocar aberturas (portas e janelas) e algumas paredes de lugar, durante o uso da edificação;
- Não há necessidade de grande controle sobre a qualidade dos materiais e da mão-de-obra na execução das paredes;
- Com o desenvolvimento da tecnologia do concreto, consegue-se construir edifícios muito altos, com grandes balanços e estrutura esbelta.

Na mesma linha de raciocínio Ortiz (2004) complementa as vantagens citando as seguintes características além das comentadas acima:

- Economia - O material básico – brita e areia – em geral é encontrada próximo à obra e também a mão de obra utilizada não necessita de especialização.
- Fôrma - O concreto pode ser moldado nas mais diferentes formas, adequando-se aos diferentes projetos arquitetônicos e técnicas construtivas.
- Estrutura Monolítica - Sendo uma estrutura monolítica, é em geral de alto grau de hiperestaticidade e por esta razão tem grandes reservas de segurança. Em contrapartida não é aconselhável quando desejamos uma estrutura desmontável.
- Manutenção - São estruturas de grande durabilidade e que praticamente não exigem grande trabalho de manutenção e conservação. Em termos de resistência, esta aumenta com o tempo.
- Grande resistência a:
  - efeitos térmicos
  - efeitos atmosféricos (grandes massas e, portanto pequenas vibrações).
  - desgastes mecânicos

Araújo (2009) aponta as seguintes desvantagens do edifício convencional:

- Desperdício de material: devido ao “faz e quebra”, aos enchimentos de paredes para corrigir desaprumos, etc.
- Maior custo em mão-de-obra: deve-se executar a estrutura de concreto armado e, depois, as paredes. As paredes não são aproveitadas estruturalmente e ainda são “quebradas” depois de prontas (para passagem de tubulações).
- Estima-se que o custo total pode chegar até a 25% acima do custo dos edifícios

executados com alvenaria estrutural (o percentual depende de cada caso, sendo menor para os edifícios mais altos; em edifícios de 18 pavimentos, esse percentual chega ao máximo de 10%).

Complementando as desvantagens mencionadas por Araújo (2009), Ortiz (2004) acrescenta que:

- Grande Peso Próprio - Seu peso específico é da ordem de  $25 \text{ kN/m}^3$  ( $2,5 \text{ t/m}^3$ ) podendo variar um pouco de acordo com os agregados utilizados. Há também o concreto leve estrutural com peso específico variando de 12 a  $20 \text{ kN/m}^3$  ( $1,2$  a  $2,0 \text{ t/m}^3$ ) em que o agregado é a argila expandida. No Brasil esta argila é cara e este tipo de concreto então é utilizado somente em casos especiais - obras especiais de grandes vãos onde o peso próprio é a carga predominante – estruturas pré-moldadas onde a economia no transporte e na montagem justifiquem o gasto com o agregado.
- Pouca Proteção Térmica - Como a pedra, o C.A. absorve muito calor e o transmite para o interior da estrutura.
- Reformas e Demolições - As reformas e demolições são difíceis e caras.

## **5.2 Alvenaria estrutural**

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que utiliza peças industrializadas de dimensões e peso que as fazem manuseáveis, ligadas por argamassa, tornando o conjunto monolítico Kalil (2011). Camacho (2006) acrescenta que tais elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional.

Para Tauil (2010), neste processo não utilizamos pilares e vigas, as paredes chamadas de portantes substituem tais elementos e distribuem as cargas uniformemente sobre as fundações.

Na alvenaria estrutural, como mencionado anteriormente, as paredes não tem apenas a função de vedar e dividir os ambientes, são os principais elementos da estrutura, devendo eles ser dimensionados de forma a resistir às cargas como fariam os pilares e vigas utilizados em obras de concreto armado, aço ou madeira. Não podendo elas ser cortadas ou derrubadas, o que provocaria o desmoronamento da edificação.

Para que este processo construtivo seja bem projetado se faz necessário um maior detalhamento que por sua vez se consegue com a maior integração entre projetistas. Acerca deste assunto o Manual de Tecnologia da empresa BRIKA (1999, p. 6) expõe:

“O processo construtivo em alvenaria estrutural deve ser concebido – sempre que possível – a partir da coordenação dos projetos. Este sistema aumenta a confiabilidade do processo, e eleva a qualidade do projeto global e da construção além de diminuir as incertezas nas atividades. Mas esses resultados só serão efetivos se o projeto reunir todas as informações necessárias para o planejamento que permite prever inclusive quais as medidas a adotar para a racionalização e controle de qualidade dos processos de execução.”

### **5.3 Principais características da alvenaria estrutural com blocos de concreto:**

- Sistema construtivo de fácil execução;
- Permite envolver a mão de obra local e ampliar as unidades depois de prontas;
- Oferece significativa redução de custos, pois reduz o uso de armaduras e fôrmas e utiliza processos racionalizados;
- Propicia obras limpas, rápidas e extremamente seguras;
- O bloco de concreto, em comparação com outros artefatos, tem precisão dimensional e a possibilidade de oferecer várias faixas de resistência para diferentes tipologias de obra.

Segundo Kalil (2011), a resistência mecânica da alvenaria deve estar bem definida, tendo em vista que o bloco é o principal elemento da parede e o elemento de maior resistência, sendo ele o grande responsável pela absorção dos esforços aplicado pela estrutura e transferência dos mesmos a fundação, a capacidade portante de tais elementos pode ser feita em laboratório ou apenas estimada sempre baseada em ensaios já elaborados e de acordo com o material utilizado.

Além de se ter um controle rigoroso na escolha dos blocos que serão empregados da execução do projeto, se faz necessário uma atenção especial na escolha da argamassa que também será utilizada, como bem sabido a união destes dois elementos formaram a parede e sua qualidade e resistência mecânica empregada, influenciaram diretamente nas características finais da obra. A execução da alvenaria portante também deve ser controlada, pois a espessura das juntas, o prumo das paredes e sua altura também modificam a sua capacidade resistente.

Acerca desta abordagem, Kalil (2011) destaca as seguintes vantagens no que concerne a este sistema construtivo:

- Economia no uso de madeira para formas;
- Redução no uso de concreto e ferragens;
- Redução na mão-de-obra em carpintaria e ferraria;
- Facilidade de treinar mão-de-obra qualificada;
- Projetos são mais fáceis de detalhar;
- Maior rapidez e facilidade de construção;
- Menor número de equipes ou sub-contratados de trabalho;
- Ótima resistência ao fogo;
- Ótimas características de isolamento termo-acústico;
- Flexibilidade arquitetônica pelas pequenas dimensões do bloco.

Como desvantagens deste sistema construtivo, Kalil (2011) menciona o seguinte:

- As paredes portantes não podem ser removidas sem substituição por outra equivalente função;
- Impossibilidade de efetuar modificações na disposição arquitetônica original;
- O projeto arquitetônico fica mais restrito;
- Vãos livres são limitados;
- Juntas de controle e dilatação a cada 15m.

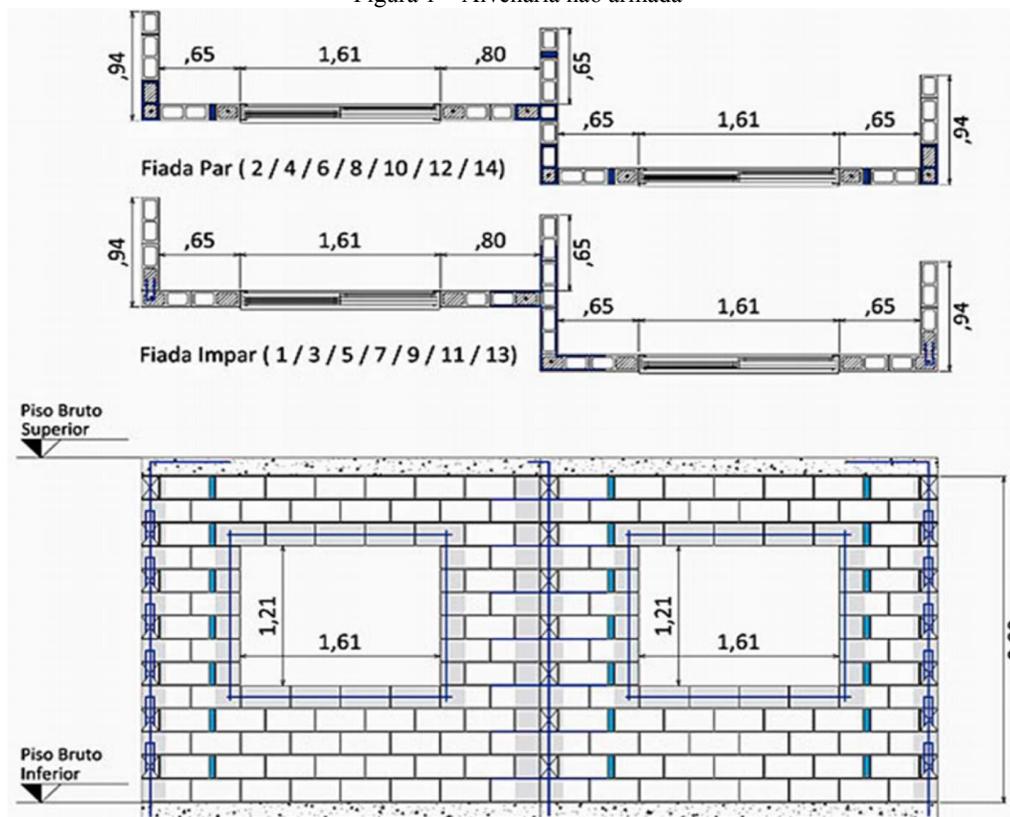
Segundo Tauil (2010) este sistema construtivo pode ser dividido em três tipos: alvenaria não armada, alvenaria armada ou parcialmente armada e alvenaria protendida

#### **5.4 Alvenaria não armada**

Alvenaria não armada – tipo de alvenaria que não recebe graute, conforme figura 01, mas os reforços de aço (barras, fios e telas) apenas por razões construtivas – vergas de portas, vergas e contravergas de janelas e outros reforços construtivos para aberturas – e para evitar patologias futuras; trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura, movimentação por efeito térmico, de vento e concentração de tensões. Kalil (2011), acerca da alvenaria não armada, também afirma que vem sendo tradicionalmente utilizado em edificações de pequenas residências e prédios de até 8 (oito) pavimentos e que hoje existem normas tanto para o cálculo estrutural (NBR 10837 – “Cálculo de alvenaria blocos vazados de concreto”) como para a execução (NBR 8798 – “Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto”). O tamanho do bloco a ser utilizado é definido na fase de

projeto, pois é necessária a paginação de cada uma das paredes da edificação. Na alvenaria estrutural não armada à análise estrutural não deve acusar esforços de tração.

Figura 1 – Alvenaria não armada



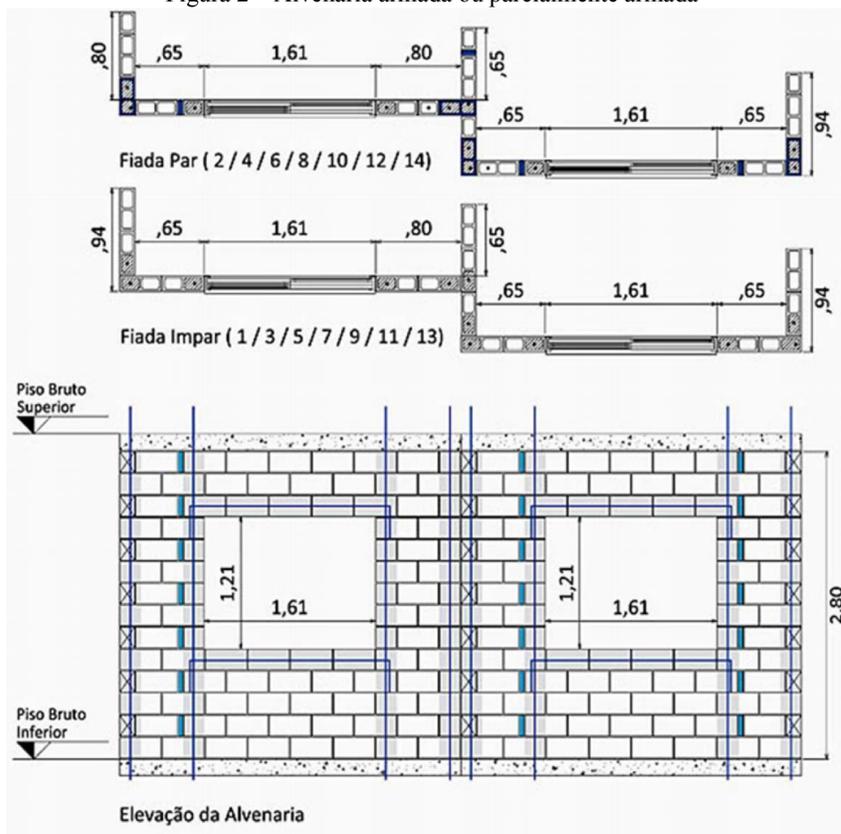
Fonte: Tauil (2010, p. 21)

### 5.5 Alvenaria armada ou parcialmente armada

Alvenaria armada ou parcialmente armada, segundo a concepção de Tauil (2010), é o tipo de alvenaria que recebe reforços em algumas regiões, como se pode observar na figura 02, devido a exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais.

Para Kalil (2011) este tipo pode ser adotado em edificações com até mais de 20 pavimentos e eles são normalmente executados com blocos vazados de concreto ou cerâmico, sendo a execução e o projeto regidos pelas mesmas normas citadas anteriormente. O tamanho do bloco a ser utilizado, assim como na alvenaria não armada, é definido na fase de projeto, pois também é necessária a paginação de cada uma das paredes da edificação.

Figura 2 – Alvenaria armada ou parcialmente armada



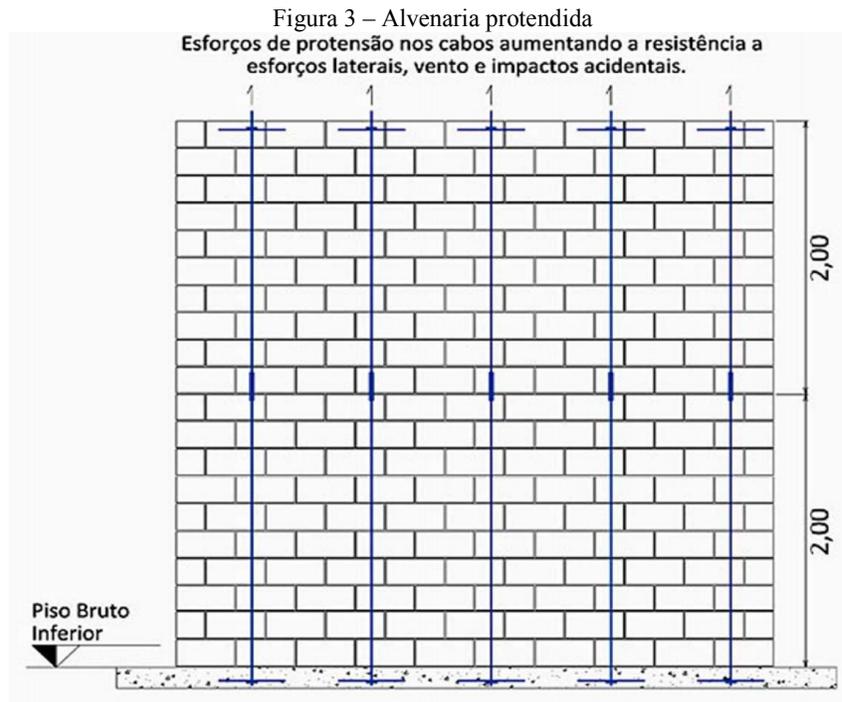
Fonte: Tauil (2010, p. 23)

## 5.6 Alvenaria protendida

Alvenaria protendida, conforme definido por Tauil (2010), é o tipo de alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada), como mostrar a figura 03, que submete a alvenaria a esforços de compressão. Este tipo de alvenaria é pouco utilizado, pois os materiais, dispositivos e mão de obra para a protensão tem custo muito alto para o nosso padrão de construção, abaixo ele descreve os procedimentos para execução deste tipo de alvenaria.

- Fixar a espera da barra ou cabo de protensão nas fundações;
- Levantar a parede encaixando os furos dos blocos na barra;
- Prever furos nas fidas de canaletas;
- Na altura da emenda da barra os trechos são conectados e protegidos;
- Segue-se a alvenaria até a última fiada;
- Após 14 dias aplica-se a protensão com um torquímetro lembrando-se de engraxar as barras

- Efetuar-se a medição e o garuteamento.



Fonte: Tauil (2010, p. 23)

Neste sistema construtivo, segundo Araújo (2009), os principais parâmetros a serem observados na execução das alvenarias são: exatidão na locação das paredes; precisão no alinhamento, nivelamento e prumo; regularidade no assentamento das unidades; preenchimento e regularidade das juntas de argamassa; coordenação na amarração dos blocos.

## 6- DEFINIÇÕES

### 6.1 Requisitos Normativos para blocos de concreto

Segundo a NBR 6136, seguem algumas definições importantes para melhor compreensão dos blocos de concreto para alvenaria estrutural:

- Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural é um elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.
- Área bruta é a área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem descontar das áreas dos vazios.

- Área líquida: Área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios.

A NBR 6136 classifica os blocos de concreto simples para alvenaria estrutural de acordo com seu uso e finalidade como segue abaixo na tabela 02:

Tabela 02 – Classificação dos blocos de concreto: NBR 6136/2006

Classe A	Com função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
Classe B	Com função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
Classe C	Com função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
Classe D	Sem função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Os blocos Classe da ‘A’ podem ser expostos à umidade ou intempérie sem receber revestimento de argamassa, enquanto os blocos de Classe B são utilizados acima do nível do solo, além disso, devem ser revestidos e não devem estar expostas às intempéries. O bloco de concreto é um dos mais utilizados nas construções de alvenaria estrutural e foi o primeiro a possuir norma brasileira. Por outro lado, como existem muitos fornecedores, e muitos empregam materiais de qualidade inadequada associada um processo produtivo deficiente acaba por produzir blocos que não atendem as exigências mínimas normalizadas.

A linha de produção dos blocos tem que possuir uma faixa de resistência à compressão entre 4,5 Mpa exigida pelas normas e 16 Mpa, sendo esta menor resistência de uso restrito a paredes com revestimento e não expostas às intempéries. Vale Salientar que quanto maior for à resistência do bloco mais pesado, conseqüentemente mais difícil será o manuseio do mesmo no canteiro de obra. Para um bloco ser considerado de boa qualidade é necessário que ele atenda as seguintes características:

- Dimensões e formas adequadas;
- Grau de compactação do bloco (compacidade);
- Resistência mecânica;
- Bom acabamento geométrico;

- Boa aparência visual, sobretudo quando o projeto não prevê revestimento.
- Além disso, deve garantir isolamento termo acústico.

### **6.1.2 Resistência à compressão**

O grau de compactação do bloco irá depender do processo de produção empregado, bem como dos critérios de dosagem adotados durante a confecção dos mesmos. Tais procedimentos influenciam diretamente na resistência do bloco e no índice de absorção. Após a produção do bloco tem-se que ter um cuidado especial na cura, ou seja, evitar a perda de água por evaporação, devendo ter certos cuidados como expô-los ao vento e insolação, tendo em vista que este processo é um fator determinante na resistência a compressão dos blocos, a qual é avaliada aos 28 dias. A resistência é a capacidade que a parede de alvenaria possui de suportar as diversas ações mecânicas previstas em projeto, tais como as cargas da estrutura, vento, deformações, choques, entre outras. Esta resistência está diretamente ligada a alguns fatores como: características dos componentes e das juntas, aderência do conjunto, esbeltez da parede, ligação entre paredes, entre outros. Notas de aula extraída de [http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php) acessada em 13 de julho de 2014 às 19h32min.

### **6.1.3 Absorção de água**

É uma propriedade do bloco intimamente ligada a impermeabilidade, ao acréscimo imprevisto de peso à parede saturada e à durabilidade. A permeabilidade máxima de acordo com a NBR 6136 deve ser igual à estabelecida pela SCI 530.1 e determinado pela ASTM 514. O índice de absorção é utilizado como um indicador de durabilidade. A absorção individual de blocos de concreto deve ser menor ou igual a 10%. A Absorção inicial (determinado com a ASTM C 67) corresponde à capacidade de sucção do bloco. É um indicador importante para definir o potencial de aderência do bloco com uma argamassa com retenção adequada. Os blocos de concreto apresentam, em geral, uma taxa de absorção inicial de sucção em torno de 0,265g/cm<sup>2</sup>/min. Esta absorção é influenciada pela porosidade dos blocos sendo mais alta para blocos mais porosos. Assim é importante encontrar o ponto de equilíbrio já que a absorção na quantidade certa favorece a penetração dos aglomerantes que ao endurecer tornam monolítico o conjunto blocos, argamassa, revestimento. Entretanto, quando a absorção é muito alta pode comprometer as reações químicas necessárias ao endurecimento. Para garantir o equilíbrio é importante utilizar uma argamassa com características de retenção

adequada. Notas de aula extraída de [http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php) acessada em 13 de julho de 2014 às 20h14min.

#### 6.1.4 Precisão dimensional e perfeição geométrica

O processo de fabricação (mistura homogênea, prensagem, secagem e cura controlada), confere aos produtos grande regularidade de formas e dimensões possibilitando a modulação da obra já a partir do projeto, evitando-se improvisos e os costumeiros desperdícios deles decorrentes. É importante observar as dimensões estabelecidas na NBR 6136, bem como seus limites de tolerância. Quando vazados, observar ainda a espessura das paredes que compõem os blocos para não comprometer sua resistência. NBR 6136 admite as seguintes dimensões padronizadas: tolerância de  $\pm 2$  mm para largura e  $\pm 3$  mm para altura e comprimento, a tabela 03 apresenta os requisitos que devem ser satisfeito pelos blocos de concretos simples para alvenaria estrutural.

Tabela 03 - Requisitos NBR 6136/2006

CLASSE	Resistência Característica $f_{bk}$ MPa	Absorção média em %		Retração (facultativo) %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10\%$	$\leq 3,0\%$	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$		(média)	
C	$\geq 3,0$		$\leq 16,0\%$	
D	$\geq 2,0$		(individual)	

Fonte: Adaptada da NBR 6136/2006

A detecção de não conformidade nas dimensões como: altura, largura e comprimento, aponta em geral uma falha no processo de produção ou na fiscalização dos lotes. O que afeta diretamente a coordenação modular do projeto, aumentando o desperdício de material com quebras de blocos para possíveis ajustes. Notas de aula extraída de [http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php) acessada em 13 de julho de 2014 às 20h55min.

#### 6.1.5 Textura superficial

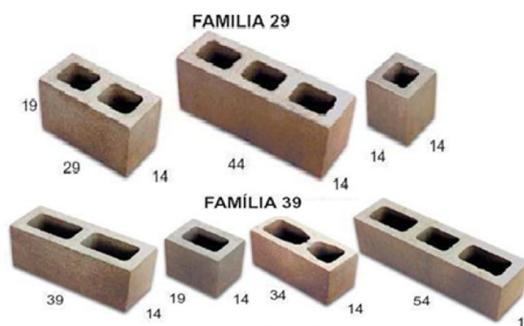
De acordo com a NBR 6136, os blocos devem ser fabricadas e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto homogêneos e compactos bem como possuir arestas vivas, estar isento de trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu

assentamento, resistência e durabilidade. A textura superficial é importante seja para alvenaria sem revestimento onde o bloco é o acabamento, seja em alvenaria com revestimento onde deve apresentar rugosidade, textura e porosidade superficial adequada para haver aderência com a argamassa e promover monoliticidade ao conjunto. Em geral, a textura varia de lisa a áspera dependendo dos materiais utilizados e das condições de fabricação. Notas de aula extraída de [http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php) acessada em 13 de julho de 2014 às 21h07min.

## 6.2 Tipos de blocos e classificação

No mercado dispomos de uma variedade de blocos dependendo do método de fabricação e materiais empregado na produção dos mesmos, cada tipo irá apresentar propriedades diferente, independente das características conferidas aos blocos de concreto. Estes devem atender requisitos como manuseio e aplicabilidade, a massa deve ser tal que possa manuseá-lo sem auxílio de equipamentos na elevação das fiadas no canteiro de obra, na figura 04 se pode observar as famílias 29 e 39.

Figura 04 – Unidades modulares dos blocos de concreto



Fonte: Adaptado de <[http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php)> 13 de julho de 2014 às 19h32min

### 6.2.1 Família de blocos de concreto

A normalização brasileira define basicamente dois tipos de blocos de concreto: para vedação, o bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural NBR 7173, e com função estrutural, o bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural NBR 6136, independente da finalidade os mesmos tem que ser vazado, ou seja, sem fundo. O bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural permite utilizar os furos para a passagem das instalações e para a aplicação do graute (concreto de alta plasticidade).

A família 29 é composta de dois elementos básicos: o bloco B29 (14x19x29 cm), o bloco B14 (14x19x19). Os blocos têm sempre 14 cm de largura. A família 39, designada por M15, possui dimensões modulares do comprimento (20cm) diferentes da largura (15cm). A família 39 é composta de três elementos básicos: o bloco B39 (39x19 cm) e largura variável; o bloco B19 (19x19 cm) e largura variável e o bloco B54 (54x19 cm) e largura variável. Tal diferença exige a introdução de blocos complementares com o objetivo de restabelecer a modulação nos encontros das paredes: o 14x19x34, para amarração nos cantos, e o 14x19x54, para amarrações em “T”. Os blocos de 14x19x39 cm são especiais para paredes longas onde não há cruzamento de paredes e que não exigem elementos compensadores, já que seu comprimento não é múltiplo da largura. A NBR 6136 faz uma designação dos blocos tomando como base a largura, a tabela 04 mostra a classificação para blocos estruturais.

Tabela 04 – Classificação para blocos estruturais

Tabela 1 — Dimensões reais

Famílias de blocos											
Designação	Nominal	20		15		12,5			10		7,5
	Módulo	M - 20		M - 15		M - 12,5			M - 10		M - 7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	10 x 30	7,5 x 40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

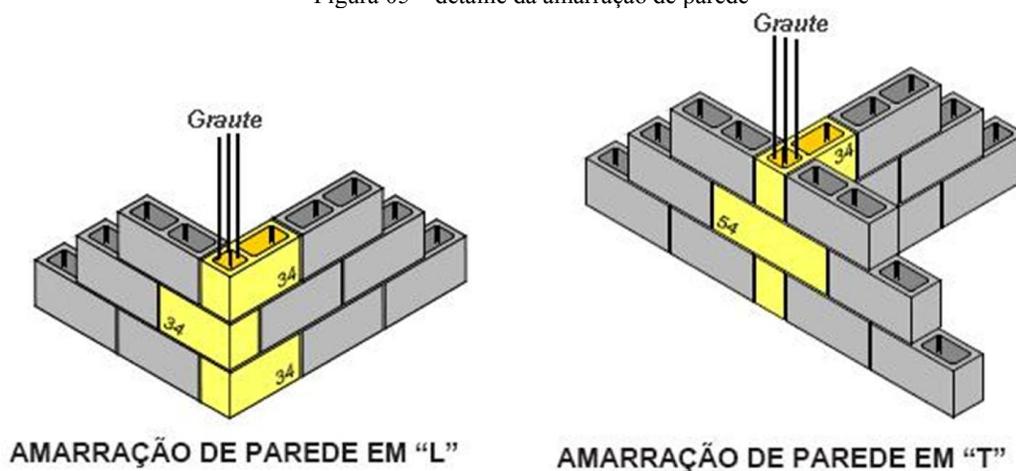
NOTA As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados na tabela 1 são de  $\pm 2,0$  mm para a largura e  $\pm 3,0$  mm para a altura e para o comprimento.

Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as ABNT NBR 5706 e ABNT NBR 5726.

Fonte: NBR 6136

Os elementos compensadores são necessários não só para ajuste de vãos de esquadrias, mas também para compensação da modulação em planta baixa. Quando utilizamos os de 14X19X39 cm, precisamos de um bloco especial, que é o bloco B34 (34x19x14 cm), para ajuste da unidade modular nos encontros em “L” e em “T” como ilustra a figura 05.

Figura 05 – detalhe da amarração de parede



Fonte: Adaptada de <[http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php)> 13 de julho de 2014 às 19h32min

Além do bloco comum, também é fabricado o meio bloco, que permite a execução da alvenaria com junta de amarração sem a necessidade de corte do bloco na obra. Outras particularidades são os blocos tipo U (canaleta) que facilitam a execução de cintas, vergas e contra-vergas e ainda o tipo J, que facilita a execução da cinta de respaldo para lajes.

### 6.2.2 Produção de blocos de concreto

Os blocos de concreto são componentes obtidos a partir de uma dosagem racional de cimento, areia, pedrisco, pó de pedra e água.

O equipamento básico necessário é uma prensa, facilmente encontrada no mercado. A partir da dosagem racional dos componentes e da disponibilidade do equipamento é possível se obter peças de grande regularidade dimensional e com faces e arestas de bom acabamento.

Atualmente, devido a grande demanda por blocos, a produção é industrializada e o processo utiliza diversos equipamentos básicos:

1. Silos alimentadores de materiais;

2. Dosadores;
3. Esteiras para alimentação dos misturadores;
4. Misturados;
5. Máquinas para a produção dos blocos, Esteira de transporte dos blocos, área para cura;
6. Sistema de embalagem e paletização.

Em geral, devido a automatização, as operações de pesagem e de mistura são garantidas. Uma etapa muito importante é a de dosagem. A produção de blocos, seja ela manual ou industrializada, requer um procedimento de dosagem que é o processo de estabelecimento do traço do concreto, com a especificação das quantidades de cimento, agregados, água, adições e eventualmente aditivos. Apesar de ser um concreto, a mistura para blocos tem exigências diferentes dos concretos tradicionais. A consistência, por exemplo, deve ser de terra úmida e não plástica como ocorre para os concretos tradicionais. Além disso, o concreto para bloco tem um teor bastante importante de ar por volume. Existem alguns métodos racionais de dosagem de concreto para blocos estruturais. Outra etapa que requer atenção também é a cura que, normalmente deve ocorrer em ambiente coberto. Os blocos não devem perder a água por evaporação visto que afetara diretamente a qualidade final do produto. Notas de aula extraída de [http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php) acessada em 13 de julho de 2014 às 19h32min.

### **6.3 Argamassas de assentamento**

Uma argamassa é uma mistura de cimento, cal, areia e água, na sua composição básica, utilizada para a ligação dos blocos ou tijolos de uma parede de alvenaria. As proporções dos constituintes são definidas para garantir a contribuição da argamassa na resistência da parede em função das cargas a serem transmitidas e das condições ambientais do local onde será elevada a parede. Para o bom desempenho de uma alvenaria, a argamassa deve distribuir as cargas na área dos blocos compensando imperfeições e variações dimensionais. Deve absorver, sem romper, as deformações resultantes de efeitos térmicos, de retração, de recalques. Colocada entre os blocos a argamassa veda a parede contra a água e outros agentes nocivos. Por tudo isso as argamassas devem apresentar características específicas, estabelecidas por norma para cumprir adequadamente sua função. Estas características são garantidas através do controle das propriedades de dois estados diferentes da argamassa: o

estado plástico onde é necessária boa trabalhabilidade, boa capacidade de retenção de água e boa velocidade de endurecimento, ver figura 06, e o estado endurecido onde as características desejadas são boa aderência, boa resiliência, resistência à compressão adequada e baixa retração.

Figura 06 – Aspecto da argamassa



Fonte: Adaptada de <<http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/graute.php>> acessado em 13 de julho de 2014 às 23h00min.

### 6.3.1 Propriedades das Argamassas

O desempenho de uma argamassa depende de suas características no estado plástico e no estado endurecido. No estado plástico a argamassa deve apresentar boa trabalhabilidade para facilitar o assentamento dos blocos e uma capacidade de retenção de água adequada para garantir a hidratação do cimento. As características para o estado endurecido são: resistência à compressão adequada, boa resistência de aderência ou ao cisalhamento, boa resiliência.

A Associação Brasileira das Normas Técnicas (ABNT), através de um conjunto de ensaios normatizados estabelece os requisitos necessários para cada característica que deve ser controlada através de procedimentos normativos. A tabela 05 apresenta um resumo destes requisitos.

Tabela 05 - Resumo dos requisitos normativos

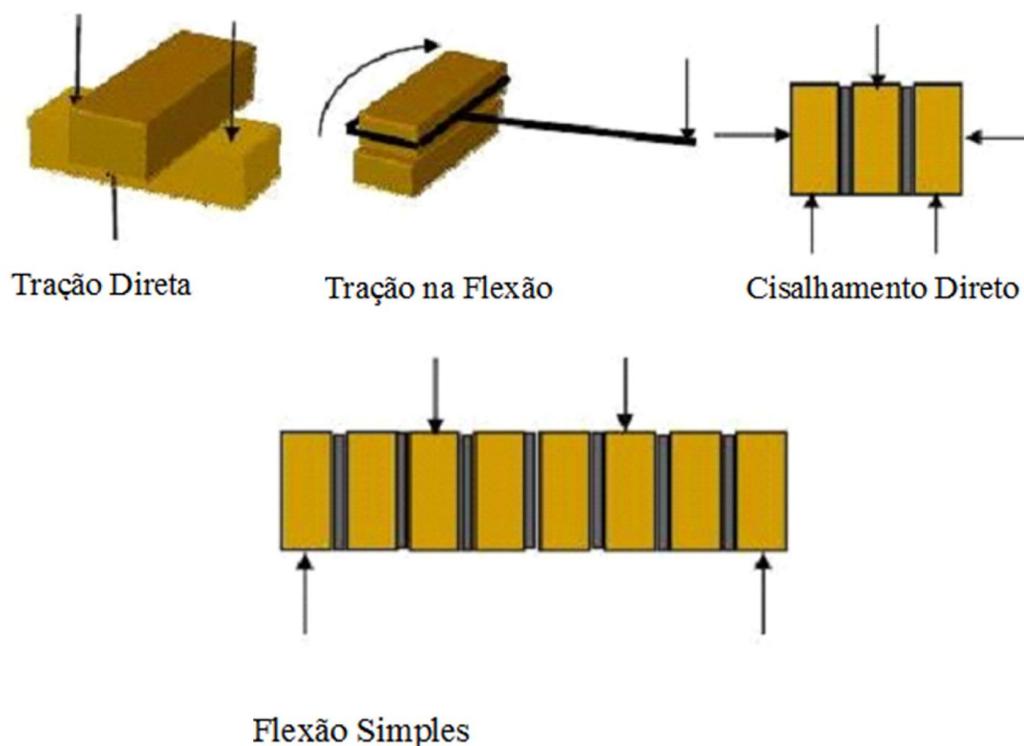
<b>Características</b>	<b>Requisito</b>	<b>Norma</b>
Trabalhabilidade	Uma consistência padrão de 255±10 mm	NBR 13276
Resistência à compressão	Deve ser especificada no projeto.	NBR 13279
Resistência de aderência	Deve ser especificada no projeto.	ASTM E518
Retenção de água	80% < normal < 90% 90% < alta	NBR 13277
Teor de ar incorporado	Grupo a < 8% 8% < Grupo b < 18% 18% < Grupo c	NBR 13278

Fonte: adaptada de<<http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/graute.php>>

Uma argamassa tem boa trabalhabilidade quando adere bem na colher de pedreiro, desliza sem dificuldade e adere bem nas superfícies verticais das paredes. Deve permanecer plástica pelo tempo necessário para os ajustes de alinhamento, prumo e nível das unidades. A NBR 13276/2005 padronizou a trabalhabilidade de uma argamassa através do ensaio de consistência (NBR 8798 para Blocos vazados de concreto) que mede o diâmetro do espalhamento da argamassa de um cone.

A argamassa deve reter a água de amassamento que serve tanto para lubrificar os materiais secos quanto para garantir a hidratação do cimento. Neste sentido a presença da cal na mistura ajuda a reter água devido a sua grande superfície específica. Estas duas propriedades do estado plástico estão muito ligadas às propriedades do estado endurecido. Uma boa resistência depende da resistência dos blocos e da quantidade de cimento da argamassa. A aderência argamassa-bloco é melhorada quando a argamassa tem boa trabalhabilidade e boa retenção de água. A aderência é a segunda propriedade mais importante na alvenaria após a resistência à compressão das unidades. Depende da rugosidade e aspereza da unidade de alvenaria e de sua absorção inicial. Contribui para combater os esforços de tração e os esforços tangenciais. A aderência pode ser medida experimentalmente através de um conjunto de ensaios resumidos na figura 07 abaixo.

Figura 07 - Principais ensaios em argamassa



Fonte: adaptada de <<http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/graute.php>> acessado em 13 de julho de 2014 às 23h00min.

A resistência à compressão da argamassa afeta diretamente a resistência das componentes de alvenaria. A análise da transferência de tensões entre as componentes de um prisma mostra que a argamassa dentro de uma parede está submetida a um estado tridimensional de tensões. Algumas componentes de tensões provocam confinamento, o que melhora a resistência da à compressão da argamassa na parede em relação a mesma argamassa quando ensaiada isoladamente. A contribuição da argamassa na resistência da alvenaria é limitada pela resistência dos blocos. Neste sentido, algumas recomendações devem ser respeitadas para a alvenaria estrutural. Uma argamassa deve ter no mínimo uma resistência de 1,5 MPa e um valor máximo igual a 70% da resistência do bloco quando esta é calculada em relação a área líquida do bloco. Notas de aula extraída de [http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos\\_concreto.php](http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/blocos_concreto.php) acessada em 13 de julho de 2014 às 23h00min.

## 6.4 Graute

O graute pode ser definido como um concreto com agregados finos e alta fluidez e de baixa retração, como mostra a figura 08. Alguns autores o definem como uma argamassa. Em função de sua composição, o graute pode ser fino (cimento + areia) ou graute grosso (cimento + brita + areia). Aumenta a área útil em cerca de 50%. O aumento de resistência é da ordem de 30 a 40%. É desejável que o graute apresente boa fluidez, boa coesão, boa aderência, Resistência à compressão maior que 14MPa, uma retração baixa e boa trabalhabilidade. Recomenda-se o uso de um teor baixo de cal para prevenir os problemas de retração. Para garantir a fluidez, a relação água/cimento pode alcançar 0,9.

Figura 08 – Preenchimento de blocos estruturais



Fonte: <<http://www.inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/graute.php>> acessado em 13 de julho de 2014 às 23h00min.

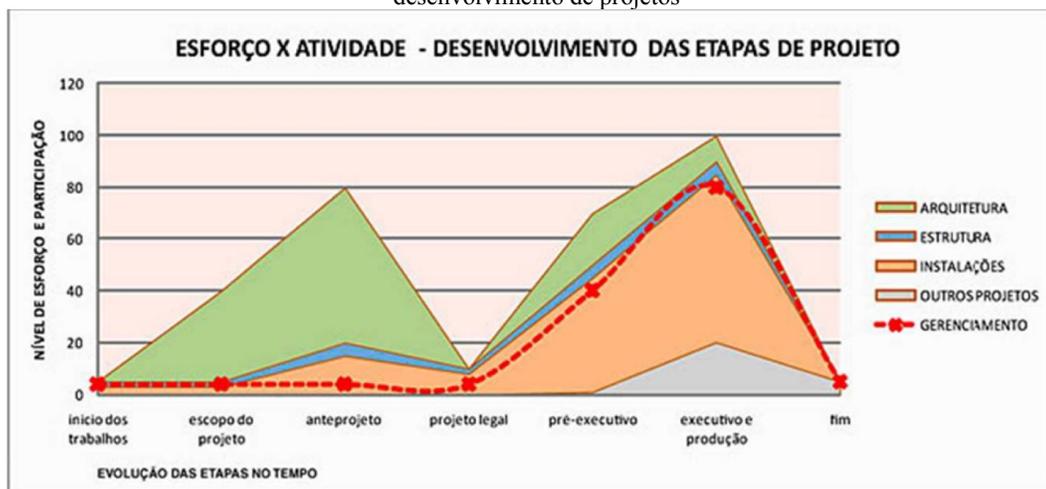
## 7- A IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO DOS PROJETISTAS NO SISTEMA CONSTRUTIVO.

Em todos os projetos, e em especial aqueles no qual visa o uso da alvenaria estrutural como sistemas construtivos exigem daqueles que estão elaborando uma maior troca de informação para que o resultado final seja satisfatório do ponto de vista da racionalização e economia. Para Tauil (2010) adequando a definição de projeto do PMBOK ao processo de projeto de arquitetura, especificamente ao projeto de alvenaria estrutural, ele define que: projeto é um

esforço temporário empreendido a partir da coleta de informações provenientes do cliente que serão interpretadas, analisadas, discutidas, conceituadas e enquadradas legal e tecnicamente por uma equipe de profissionais, por uma equipe técnica gerando um resultado exclusivo para a criação de uma edificação em alvenaria estrutural.

Diferentemente do sistema convencional, onde o arquiteto a partir das informações coletadas junto ao cliente elabora o projeto e envia para os projetistas dimensionar, na alvenaria estrutural este processo tem que ser feito em conjunto, pois a maior interação destes profissionais que irá garantir uma maior redução de custo no final da obra. Como pode se observar na figura 09 o nível de participação de todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento das diversas etapas do projeto.

Figura 09 – Gráfico demonstrativo da participação do gerenciamento em relação ao processo de desenvolvimento de projetos



Fonte: Tauil (2010, p. 34)

Nota-se, no gráfico acima, que o arquiteto desenvolve tarefas isoladas e lineares, pouco despercebida principalmente pelo gestor. Podemos observar ainda que a maior participação dos envolvidos se dar na etapa final onde a uma maior aproximação de todos, neste tipo de projeto Tauil (2010) menciona que a necessidade de gerenciamento de projeto não é percebida porque o foco é o cumprimento do contrato e não a qualidade do produto que vai gerar a edificação. Sendo este tipo de projeto uma consequência do sistema construtivo empregado, não se percebe a integração destes por parte do gestor, o que concluímos e que as coisas estão acontecendo com ele observando de longe se aproximando apenas na parte da execução, atitude esta que não se permite em um projeto de alvenaria estrutural, pois a parede além de ser um elemento estrutural também exerce a função de vedação e como tal deve conter os elementos inerentes à mesma, como pontos de luz, tomadas e demais instalações prediais.

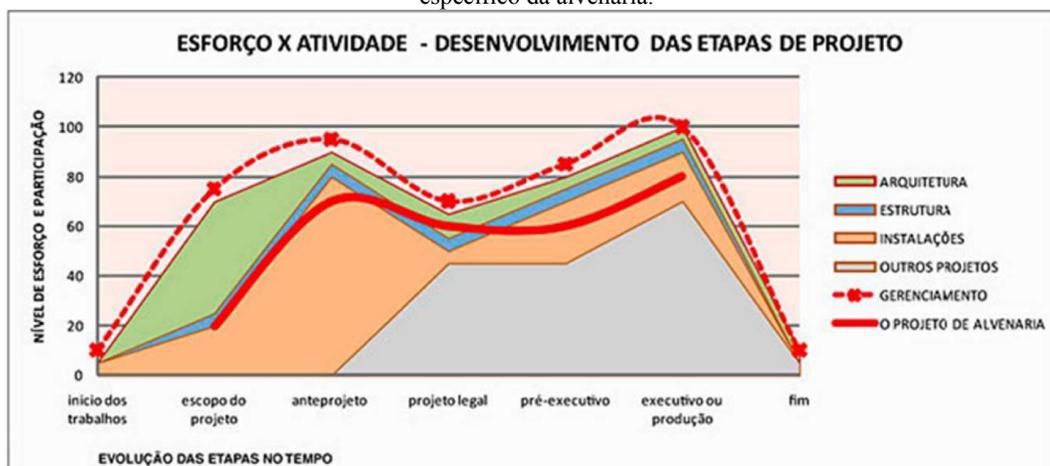
Neste tipo de projeto o gestor tem que estar a frente de todas as atividades promovendo a integração nas diversas fases entre os profissionais envolvidos nas mais variadas atividades, identificando as interferências e as inconsistências entre todos os projetos que fazem parte do projeto executivo geral, resolvendo conflitos de modo que não ocorram improvisações na fase de execução da obra.

Isto é uma ação intrínseca ao próprio sistema, à alvenaria estrutural exige projetos de concepção específica, ou seja, projetos arquitetados para construções em alvenaria estrutural, conforme se observa claramente quando se trata dos projetos de instalações prediais, onde as tubulações percorrem caminhos e trechos da alvenaria que não poderiam ser vencidos sem a quebra das paredes em edificações que utilizam outros tipos de alvenaria.

Daí a importância desta proximidade do gestor aos profissionais que estão elaborando o projeto, pois é nesta etapa que será definido pontos importantes referentes à edificação, tais como: tipos de peças específicas para modulação e amarração das paredes, para instalações elétricas e hidro sanitárias, para as vergas e contra vergas nos vãos de janelas, esquadrias, lajes e outros elementos e subsistemas construtivos de modo que se tenha uma maior conectividade entre estes diversos elementos, promovendo assim uma construção funcional, com menos resíduos gerados, menos problemas executivos, maior agilidade nas tarefas.

Este é o tipo de projeto que não se admite improvisação na sua execução, o que leva-nos a concluir que para o gestor, as tarefas de gerenciamento no canteiro de obra serão bem mais fáceis, devido ao detalhamento definido no projeto e a modulação dos ambientes, como nota-se na figura 10 o gestor está à frente de todos os processos que estão sendo desenvolvidos.

Figura 10 – Gráfico demonstrativo de esforço após o incremento do gerenciamento e a inclusão do projeto específico da alvenaria.



Fonte: Tauil (2010, p. 35).

## **8 - MODULAÇÃO DO PROJETO, GRANDE RACIONALIZAÇÃO DE MATERIAIS.**

Quando se opta por construir utilizando alvenaria estrutural, tem-se que ter em mente a importância de se ter um projeto modulado, sendo imprescindível tal prática na racionalização de materiais. Modular um projeto implica em organizar todas as peças que irá compor a edificação atendendo uma medida de base padronizada, sempre que necessário utiliza-se submódulos da medida base, tais elementos complementares que são utilizados quando não possível modular com elementos inteiros são denominados pela literatura de elementos compensadores da modulação utilizados nos ajustes das paredes.

Antes de se pensar no projeto é importante conhecer os tipos e dimensões de blocos que tem disponível no mercado, próximo ao local onde se pretende executar a obra, após o conhecimento do bloco que será utilizado na execução do projeto, todo processo de modulação ocorrerá de maneira automática, todas as paredes serão múltiplas do modulo adotado, o que caracteriza uma grande economia de materiais, pois não se admite quebra de blocos, a quantidade de resíduos gerados na execução de um projeto modulado é mínima, a literatura faz menção a este sistema construtivo como um sistema limpo e um canteiro bastante organizado. A maneira de se projetar dessa forma auxilia na definição dos ambientes, na definição de caixilhos, nas instalações e até mesmo na hipótese de existir alguma mudança de projeto, durante o processo de desenvolvimento ou mesmo após a finalização (TAUIL, 2010).

### **8.1 Vantagens de se ter um projeto modulado.**

Com emprego da modulação podemos afirmar que tal prática interfere praticamente em todas as fases do empreendimento, dentre eles podemos destacar as seguintes:

- Simplifica a execução do projeto, permite a padronização de materiais e procedimentos de execução;
- Facilita o controle da produção e aumenta a precisão com que se produz a obra;
- Reduz os problemas de interface entre os componentes, elementos e sistemas.

Salientando que para se obter as vantagens mencionadas, temos que pensar na modulação de um projeto tanto na direção horizontal quanto na vertical, tendo como ponto de partida a definição da unidade modular, as alturas e larguras das paredes devem ser múltiplas desta unidade. Para iniciar a modulação em planta baixa, é necessário definir a família de blocos a

ser utilizada e a largura deles. Esta escolha definirá qual unidade modular será usada para o lançamento em planta baixa.

## 9. CONCLUSÕES

Atualmente podemos afirmar que a alvenaria estrutural com blocos de concreto é um sistema construtivo confiável devido à existência de normas, ensaios e selo de qualidade, conferindo assim a este sistema maior segurança no dimensionamento das obras. A falta de normas específica e a inexperiência em meados de 70 e 90, épocas de grande expansão no Brasil, acarretaram em obras que mais tarde vieram apresentar diversos problemas, muitas delas desabaram e outras estão interditadas no Recife e região metropolitana, um exemplo disso, é o conjunto Muribeca construído em 1982 e em 1985 começou a surgir algumas patologias, dez anos mais tarde todo o conjunto foi interditado.

A confiabilidade que hoje se tem com este sistema associada a um projeto modulado traz para o construtor uma grande redução de custo nos insumos, como foi constado em diversos estudos realizados por especialistas em construção com alvenaria de renomadas universidades brasileiras, como a Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos-SP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, entre outras, comprovam que a alvenaria estrutural com blocos de concreto permite reduzir o custo das obras em até 30% (em torres de até quatro pavimentos) e 15% (em torres com 20 pavimentos), com ganhos ambientais, por praticamente não gerar rejeitos de canteiro e quase não utilizar fôrmas e escoras de madeira (TAUIL, 2009).

Quando comparada ao sistema convencional, notamos na alvenaria emprego de um menor número de equipes no canteiro de obra, ou seja, a quantidade de tarefas executadas é bem menor, neste sistema o uso de fôrmas e ferragens é bem reduzido o que diminuir o número de carpinteiros e ferreiros, bem como há grande redução no custo com instalações elétricas, devido a não necessidade de rasgos na parede, os eletrodutos passam por dentro dos furos verticais dos blocos, o prumo das alvenarias influenciam diretamente na quantidade de revestimento a ser empregado, o que torna a opção por este sistema menos onerosa aos construtores, e que diretamente reflete na questão social, já que pode viabilizar empreendimentos a um custo um pouco inferior e com um processo construtivo simplificado facilitando o acesso a casa própria para muitos cidadãos.

É extremamente importante entender a função que desempenha cada parede que compõe a edificação, pois sabemos que a mesma é responsável por garantir a estabilidade da estrutura projetada.

Por isso, temos que ser precavidos com relação à escolha dos materiais a serem empregados na execução, por exemplo, o uso de blocos diferentes dos especificados, como também argamassas e graute, pode causar sérios danos às estruturas, pois tais elementos influenciam diretamente nas resistências mecânicas da parede. É indicado sempre usar blocos com selos de qualidade que tenham procedências, pois grande parte das patologias identificadas em experiências passadas tinha haver com má qualidade do bloco, além da mudança no projeto estrutural sem orientação de um profissional especializado na área.

O que se pode considerar como uma das desvantagens da alvenaria estrutural é a restrição acerca de mudanças no projeto depois de executados, o que vai garantir que o manual do proprietário será repassado para os posteriores donos do imóvel e que os mesmos terão a consciência que não podem abrir uma porta extra, por exemplo. Estes são alguns pontos que podemos levantar aqui.

No canteiro de obra devemos ter uma atenção especial na marcação das primeiras fiadas, quando na elevação da alvenaria, observando os pontos de grauteamento, a posição dos blocos especiais (instalações elétricas e Hidráulicas), o prumo da alvenaria e orientar a equipe para fazer o uso correto das ferramentas.

Deste modo, trabalhar com alvenaria estrutural não é um obstáculo a ser superado, é um sistema simples que exige cuidados e uma coordenação integralizada com tudo que está sendo desenvolvido, tanto na elaboração do projeto como na execução do mesmo no canteiro de obra. Como qualquer sistema construtivo, seja qual for a opção escolhida para se edificar, tem-se que fiscalizar, orientar e seguir os procedimentos rigorosamente para que se obtenha um bom resultado, conforme planejado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. NBR 10837. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.; NBR 6136/2006 – **Bloco Vazado de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural**. Rio de Janeiro. 9 p.
- ARAÚJO, H. N.; **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: Um estudo de caso**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado em Engenharia da UFSC, 1995. 117p.
- ARAÚJO, J. M. **Notas de aula: Estrutura convencional**. FURG, 2009.
- BRICKA. **Alvenaria Estrutural – Manual de Tecnologia**, 1999.
- CAMACHO J. S. **Projeto de edifício de alvenaria estrutural**. Universidade Estadual Paulista. Ilha solteira, São Paulo, 2006.
- Diretrizes para Solução dos Problemas Relacionados aos Prédios Construídos em Alvenaria Resistente na Região Metropolitana do Recife, 2009.
- FREITAS, JUNIOR; J. A.; **Construção Civil II (TC-025)**. Ministério da Educação- Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia, 2013.
- KALIL, S. B. **Alvenaria I**. Nova versão. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2011.
- ORTIZ, I. R. **Notas de aulas - Concreto Armado, Conceitos e Funcionamento**, PUC-Rio. Agosto de 2004.
- RICHTER, C.; **alvenaria estrutural um processo construtivo racionalizado**. Curso de extensão - Área de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2007.
- SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural: Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Requisitos e Critérios Mínimos a serem Atendidos para Solicitação de Financiamento de Edifícios em Alvenaria Estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Brasília, 2003
- SANTOS, M. D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição ao uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria: UFSM, 1998. 157 p
- TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo. Editora Pini. 2010.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Sistemas à Base de Concreto**. Disponível em <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/projeto-estrutural/projeto/6/projeto-estrutural.html>>

<http://www.portalvgv.com.br/site/alvenaria-estrutural-vantagens-para-o-construtor-e-a-sociedade/>

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=forums&srcid=MDA4MjMzNzEyNzk0MDYyNDU0NTYBMDMyODM5NjI5MjczODE5MjI4ODUBNzJLQmdycG8zcGtKATAuMQEBdjI>