

**FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE EXTREMA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

FELIPE SOARES DOS SANTOS

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Extrema - MG

2018

FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE EXTREMA

FELIPE SOARES DOS SANTOS

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Construção Civil da FAEX- Faculdade de ciências sociais aplicadas de extrema como parte dos requisitos para obtenção do título Graduado em Engenharia Civil.

Orientadora: prof.^a Renata Martinho de Camargo

Extrema - MG

2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus todo poderoso, por me dar saúde sabedoria e condição financeira para poder me tornar um engenheiro civil, também agradeço e dedico essa conquista aos meus familiares e minha sempre companheira e amada namorada e seus familiares, eles que sempre estiveram ao meu lado nos momentos de dificuldades, sempre dando o apoio necessário para que esse sonho se tornasse realidade, também agradeço aos meus companheiros de estudo, que sempre estiveram juntos um apoiando ao outro, agradeço aos professores por nos passar todo seu conhecimento sem restrições, e agradeço grandemente a minha orientadora Renata Martinho de Camargo, que dedicou horas de sua vida para que meu trabalho de conclusão de curso ficasse pronto.

Extrema - MG

2018

RESUMO

A alvenaria estrutural é um método construtivo no qual a resistência depende dos blocos ou tijolos de alvenaria, unidos por uma fina camada de argamassa, estabelecendo um conjunto único com uma grande capacidade de resistência à compressão e os esforços cortantes em alguns casos especiais. Necessita-se que se faça um estudo criterioso na sua fase inicial do projeto visando uma perfeita interação para que não haja problemas futuros tais como mudanças de paredes e instalações elétricas e hidráulicas. Nas canaletas e depressões dos blocos de amarração quando necessário deve-se colocar armaduras preenchidas com graute, assim estará aumentando sua capacidade portante, de modo que assim apresente características parecidas com as vigas e pilares utilizados na alvenaria convencional. Uma forma de edificação onde gera redução no tempo de execução e nos custos da obra onde poderá eliminar pilares e vigas, tornando este sistema construtivo um grande destaque na construção civil.

Palavras-Chaves: ALVENARIA ESTRUTURAL, VANTAGENS DESVANTAGENS.

ABSTRACT

Structural masonry is a constructive system in which resistance depends on masonry blocks or bricks, joined by a thin layer of mortar, forming a unique set with great capacity for compressive strength and shear forces in certain special cases. It is necessary to make a careful study in its initial phase of the project aiming at a perfect interaction so that there are no future problems such as changes of walls and electrical and hydraulic installations. In the ducts and depressions of the mooring blocks, when necessary, we must add reinforcements filled with grates, thus increasing its load bearing capacity, so that it presents characteristics similar to the beams and columns used in conventional masonry. A form of construction where it generates reduction in the execution time and in the costs of the work where it can eliminate pillars and beams, making this constructive method a great highlight in the civil construction.

Keywords: MASONRY, STRUCTURAL, ADVANTAGES, DISADVANTAGES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide Quéfren.....	13
Figura 2 - Edifício Monadnock	14
Figura 3 - Conjunto habitacional (Central Parque da Lapa)	15
Figura 4 - Alvenaria não armada	16
Figura 5 - Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	17
Figura 6 - Alvenaria protendida.....	18
Figura 7 – Bloco de concreto	20
Figura 8 – Bloco de cerâmica	21
Figura 9 – Argamassa de assentamento.....	22
Figura 10 – Graute no vão do bloco de cerâmica	23
Figura 11 - Armaduras embutidas	24
Figura 12 – Instalação hidráulica	26
Figura 13 – Instalação hidráulica	26
Figura 14 – Instalação elétrica	27
Figura 15 - Instalação elétrica.....	28
Figura 16 – Modulação horizontal (primeira fiada).....	30
Figura 17 – Modulação horizontal (segunda fiada).....	31
Figura 18 – Amarração direta	35
Figura 19 – Amarração direta	35
Figura 20 – Amarração indireta	36
Figura 21 – Primeira fiada	40

Figura 22 – Paredes niveladas com nível de mão	40
Figura 23 – Paredes com os cantos sempre sem blocos quebrados.....	41
Figura 24 – Parede sem blocos com furo para interruptor	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO.....	10
1.1.1 JUSTIFICATIVA DO TÍTULO	11
2. METODOLOGIA	12
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
3.1 CONCEITUAÇÃO	13
3.1.1 ALVENARIA NÃO ARMADA	16
3.1.2 ALVENARIA ARMADA OU PARCIALMENTE ARMADA	17
3.1.3 ALVENARIA PROTENDIDA	17
3.2 PRINCIPAIS PROJETOS E MATERIAIS UTILIZADOS	18
3.2.1 BLOCOS	18
3.2.2 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO.....	21
3.2.3 GRAUTE	23
3.2.4 ARMADURA.....	24
3.2.5 PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	24
3.2.6 PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	26
3.2.7 PROJETO ARQUITETÔNICO	28
3.3 PROJETO EXECUTIVO	28
3.3.1 PLANTAS DE PRIMEIRA E SEGUNDA FIADAS	29
3.3.2 PLANTAS DE LOCAÇÃO	32
3.3.3 PAGINAÇÕES	32
3.4 COORDENAÇÃO MODULAR	32
3.4.1 AMARRAÇÃO.....	33
3.5 ASPECTOS TÉCNICOS E ECONOMICOS	36
3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL ...	37
3.6.1 VANTAGENS.....	37
3.6.2 DESVANTAGENS	38
4. VISITA TÉCNICA A UMA EDIFICAÇÃO	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
6. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é basicamente um sistema construtivo onde podemos substituir pilares e vigas, que são utilizados nos sistemas construtivos convencionais, por paredes de blocos estruturais, onde eles se fazem a função da alvenaria armada.

Esse é um sistema construtivo milenar utilizada pelo homem, tendo-se como um grande exemplo as pirâmides do Egito, que utilizavam grandes pedras rochosas como o principal elemento de alvenaria. Com o decorrer dos anos começaram a fabricar os blocos estruturais de concreto e de cerâmicas.

A sua principal característica é a grande resistência à compressão, que será suportada apenas pelas alvenarias. As paredes, portanto, trabalhará com duas funções (estrutural e vedação).

Esse método construtivo por ser mais rápido na sua execução, onde se elimina pilares e vigas se torna automaticamente mais viável economicamente, tornando-o muito procurado na construção civil, até mesmo pelos programas do governo como no Minha Casa Minha Vida.

A alta competitividade no setor da construção civil, para que possam diminuir o custo da obra e prazo de execução, mais sempre visando o melhor para que não interfiram na qualidade do empreendimento, deste modo, novos métodos são empregados e dentre eles a alvenaria estrutural, que está cada vez mais ganhando espaço no mercado.

A utilização de alvenaria estrutural na obra gera várias vantagens no orçamento de uma edificação em comparação as obras que utilizam alvenaria convencional, no entanto há algumas desvantagens como a impossibilidade de quebrar paredes para mudanças em seus cômodos.

O presente trabalho comparou as vantagens e desvantagens do uso da alvenaria estrutural levando em consideração requisitos como custo, qualidade, prazos, não será apresentado cálculo estrutural.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho visou demonstrar um estudo de vantagens e desvantagens para o sistema construtivo de estrutura em alvenaria estrutural, com foco principalmente em custos e eficácia, tendo como objetivo buscar a melhor solução construtiva para cada edificação e que seja realmente produtiva.

1.1.1 JUSTIFICATIVA DO TÍTULO

O título tem uma relevância em discutir e apresentar conceitos relacionados à prática da construção civil, introduzir e mostrar as características da alvenaria estrutural e seus possíveis ganhos, identificar e analisar as práticas de alvenaria estrutural e avaliar seu custo benefício.

2. METODOLOGIA

Foi realizado uma revisão bibliográfica, descrevendo algumas das conceituações da alvenaria estrutural sendo elas não armadas, armadas ou parcialmente armadas e protendidas, alguns fatores presentes destacados como uma breve explicação do seu histórico ao decorrer dos anos com suas devidas citações.

Apresentou-se os principais projetos e materiais utilizados de uma forma clara e sucinta, onde pode-se estabelecer os procedimentos corretos de uma edificação eficaz utilizando o método em alvenaria estrutural, seguindo passos importantes para que não tenha problemas futuros.

Levantou-se aspectos técnicos e econômicos onde estabeleceu as vantagens e desvantagens na utilização da alvenaria estrutural, onde houve redução de entulhos no canteiro de obra, mão de obra qualificada, perdas de materiais e redução no tempo da construção.

Foi realizado uma visita técnica a uma edificação em alvenaria estrutural, podendo ver os encanamentos hidráulicos e conduítes passando pelos tijolos vazados sem ser preciso rasgar paredes com equipamentos, uma breve conversa com o engenheiro responsável pela edificação, podendo tirar informações como tempo da execução e redução em seu orçamento final em comparação a alguns materiais da alvenaria convencional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCEITUAÇÃO

O emprego das alvenarias pelo homem deriva num primeiro momento do empilhamento de rochas fragmentadas e, num segundo momento, dos muros de pedras.

Muitas construções milenares, dos egípcios e dos romanos particularmente, permanecem até hoje como testemunhos vivos da história da humanidade e da própria história das alvenarias, como as pirâmides do Egito, onde, conforme figura 1, destaca-se a de Quéfren. CAMPOS (2012)



Figura 1 - Pirâmide Quéfren, Fonte: SIMON (2010)

Conforme Tauil e Nese (2010) definem alvenaria como o conjunto de elementos justapostas coladas e interligadas, por uma argamassa apropriada para o serviço específico, formando um elemento vertical coeso. As alvenarias podem ser armadas, não armadas e protendidas.

Entre os séculos XIX e XX, obras de maior porte foram construídas em alvenaria com base em modelos mais racionais, servindo como exemplo clássico o

edifício "Monadnock" – (figura 2), construído em Chicago entre 1889 e 1891 com 16 pavimentos e 65 metros de altura, cujas paredes inferiores possuíam 1,80m de espessura. CAMPOS (2012)



Figura 2, edifício Monadnock, Fonte: JANBERG (2014)

A tecnologia em 1891 não lhes permitia fazer um edifício com alvenaria menos espessa, mais a partir de estudos e ensaios realizados ao longo dos anos nos permite dizer que se o Monadnock fosse construído nos dias de hoje ele possuiria paredes de aproximadamente 30 cm na sua base.

A alvenaria estrutural é uma arte milenar que já é utilizada a milhares de anos, e com o seu desenvolvimento e seu crescimento no mercado cada vez mais será utilizada, por questões de estética na qual pode ser eliminado pilares, também por poder tornar a edificação mais limpa e organizada evitando desperdícios no canteiro de obra.

No início século XX, com a implantação do concreto e do aço, que abriu a possibilidade da construção de edificações esbeltas e de grande altura, a alvenaria ficou distanciada das construções de pequeno porte ou sendo utilizada somente como elemento de vedação. Neste período, a alvenaria estrutural não foi tratada na forma de um sistema construtivo técnico como as construções de aço e de concreto.

Em decorrência, os estudos e o desenvolvimento da alvenaria pararam por um longo período. CAMPOS (2012)

Em 1951, o engenheiro suíço Paul Haller dimensionou e construiu na Basileia um edifício de 13 pavimentos em alvenaria não armada. Este edifício é considerado como um marco da alvenaria estrutural não armada. A partir desse período, as pesquisas sobre o comportamento estrutural da alvenaria foram retomadas. Em 1967 foi realizado o primeiro Congresso Internacional sobre o tema, em Austin, Texas. No Brasil, os primeiros prédios em alvenaria armada foram construídos em São Paulo, o conjunto habitacional “Central Parque da Lapa” (Figura 3), em 1966. CAMPOS (2012)



Figura 3, conjunto habitacional (Central Parque da Lapa), Fonte: RIOS (2014)

A alvenaria estrutural atingiu o auge no Brasil na década de 80, disseminada com a construção dos conjuntos habitacionais, onde ficou tida como um sistema para baixa renda. Devido ao seu grande potencial de redução de custos diversas construtoras e produtoras de blocos investiram nessa tecnologia para torná-la mais vantajosa. A inexperiência por parte dos profissionais dificultou sua aplicação com vantagens e causou várias patologias nesse tipo de edificação, fazendo com que o processo da alvenaria estrutural desacelerasse novamente. KALIL (2006)

Porém, as vantagens econômicas proporcionadas pela alvenaria estrutural incentivaram algumas construtoras a continuarem no sistema e buscarem soluções para os problemas patológicos observados. KALIL (2006)

3.1.1 ALVENARIA NÃO ARMADA

De acordo com Tauil e Nese (2010) definem como um formato de alvenaria que não se aplica o graute mais os reforços de aço (fios, barras e telas) apenas por razões construtivas aplica-se, vergas de portas, vergas e contra vergas de janelas e outros reforços construtivos para aberturas, e para evitar patologias futuras como: fissuras e trincas decorrentes da acomodação da estrutura, podendo ocorrer dilatação por efeitos térmicos, movimentação causada por vento e concentração de tensões. (Figura 4)

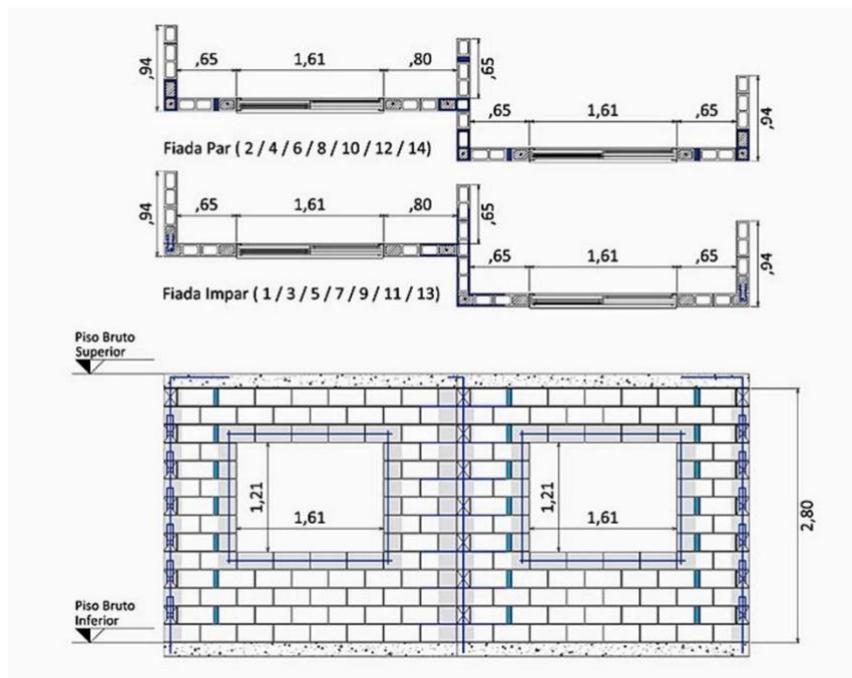


Figura 4, alvenaria não armada, Fonte: Tauil, Carlos Alberto Alvenaria estrutural / Carlos Alberto Tauil, Flávio José Martins Nese. - São Paulo: Pini, 2010.

3.1.2 ALVENARIA ARMADA OU PARCIALMENTE ARMADA

Um formato de alvenaria onde se aplica reforços em algumas regiões, decorrente de exigências estruturais. São aplicadas armaduras passivas de fios, telas e barras de aço dentro dos vazios dos blocos e em seguida grauteados, também é feito o preenchimento de todas as juntas verticais conforme figura 5. Tauil e Nese (2010)

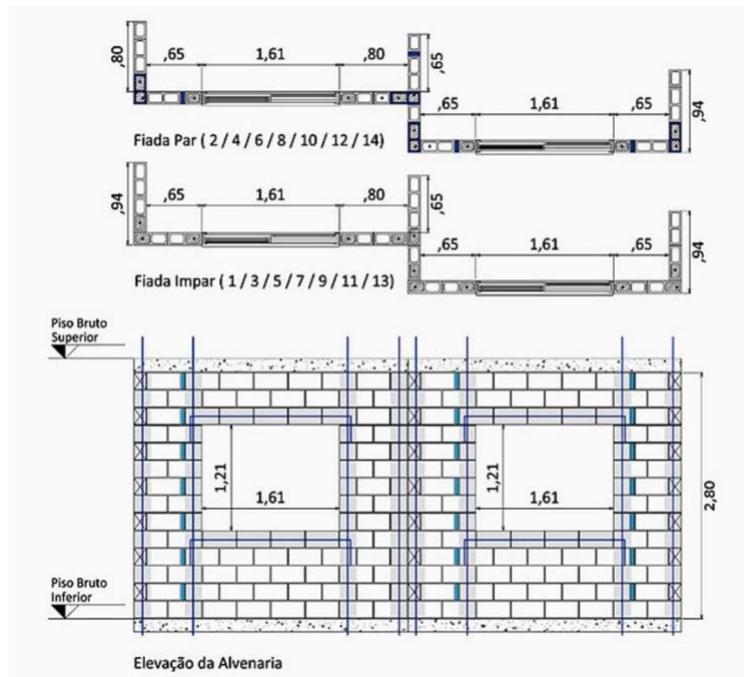


Figura 5, alvenaria armada ou parcialmente armada, Fonte: Tauil, Carlos Alberto Alvenaria estrutural / Carlos Alberto Tauil, Flávio José Martins Nese. - São Paulo: Pini, 2010.

3.1.3 ALVENARIA PROTENDIDA

Tipo de alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão. Esse tipo de alvenaria é pouco utilizado, pois os materiais, dispositivos e mão de obra para a protensão têm custo muito alto para o nosso padrão de construção, (figura 6). Tauil e Nese (2010)

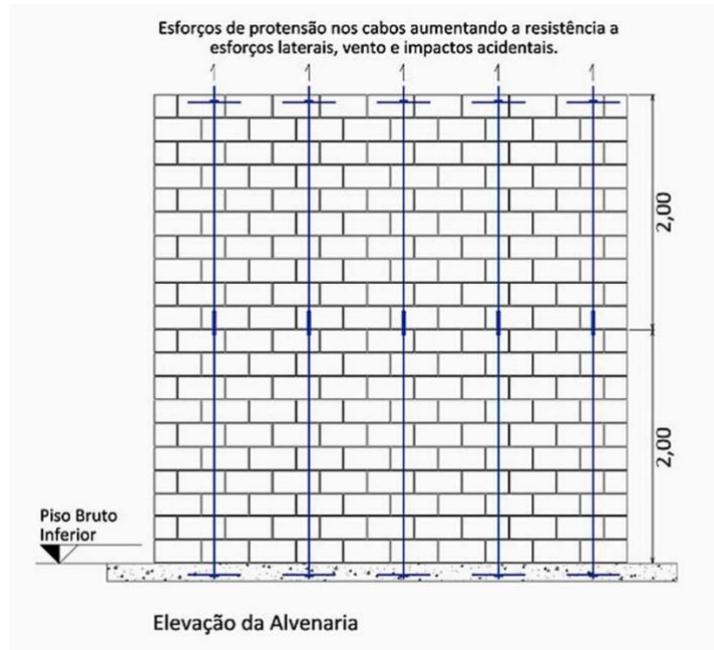


Figura 6, alvenaria protendida, Fonte: Tauil, Carlos Alberto Alvenaria estrutural / Carlos Alberto Tauil, Flávio José Martins Nese. - São Paulo: Pini, 2010.

3.2 PRINCIPAIS PROJETOS E MATERIAS UTILIZADOS

Na alvenaria estrutural é muito importante saber com quais materiais irá trabalhar para poder desenvolver um projeto sem problemas futuros, os materiais mais usuais são blocos (cerâmicos ou de concreto), argamassa de assentamento, graute e armadura. Alguns projetos também devem ser levados em consideração antes da execução da alvenaria, como projeto arquitetônico, elétrico e hidráulico, pois a alvenaria estrutural não nos permite ficar cortando ou demolindo paredes.

3.2.1 BLOCOS

Como elementos fundamentais da alvenaria estrutural, os blocos e tijolos são importantes responsáveis pela composição das características resistentes da estrutura. Os blocos e tijolos mais utilizados no Brasil para edificações de alvenaria

estrutural são, na seguinte ordem de utilização: blocos de concreto, tijolos cerâmicos e blocos sílico-calcáreo. Ramalho e Correa (2003)

Quanto à forma os blocos e tijolos podem ser maciços ou vazados, respectivamente. São consideradas maciços aqueles que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total. Se os vazios excederem esse limite, a unidade é classificada como vazada, se for vazada considera-se como tijolo. Ramalho e Correa (2003)

Então definindo sua aplicação, os blocos e tijolos estruturais podem ser classificados como de vedação e estruturais. Nesta monografia leva-se em consideração apenas como estrutural. Ramalho e Correa (2003)

Conforme Ramalho e Correa (2003) devemos ficar atentos as normas e levar em consideração, a norma que estabelece os padrões é a NBR 6136 - Blocos Vazados de Concreto Simples para alvenaria estrutural específica que a resistência característica do bloco à compressão, medida em relação à área bruta, deve obedecer aos seguintes limites:

$F_{bk} \geq 6$ MPa: blocos em paredes externas sem revestimento;

$F_{bk} \geq 4,5$ MPa: blocos em paredes internas ou externas com revestimento.

Consequentemente, só podem ser utilizados blocos de concreto com resistência característica de no mínimo 4,5 MPa. Já a NBR 7171 - Bloco Cerâmico para Alvenaria menciona que para os blocos portantes cerâmicos a resistência mínima deve ser de 4 MPa. Ramalho e Correa (2003).

A seguir serão apresentados algumas tipologias de blocos de concreto, (figura 7) e blocos de cerâmica conforme a figura 8.

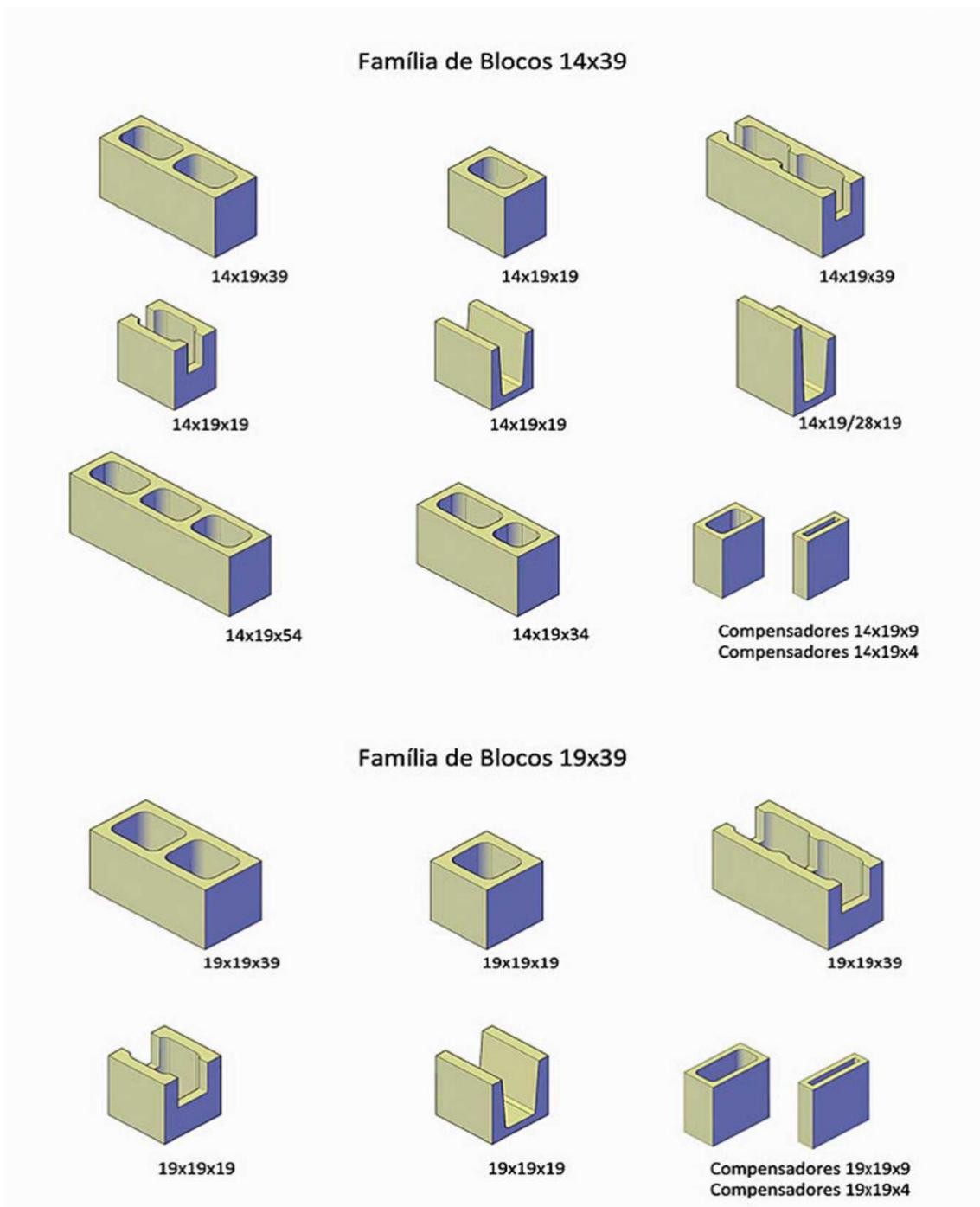


Figura 7, bloco de concreto, Fonte: Tauil, Carlos Alberto Tauil, Carlos Alberto Alvenaria estrutural / Carlos Alberto Tauil, Flávio José Martins Nese. - São Paulo: Pini, 2010.

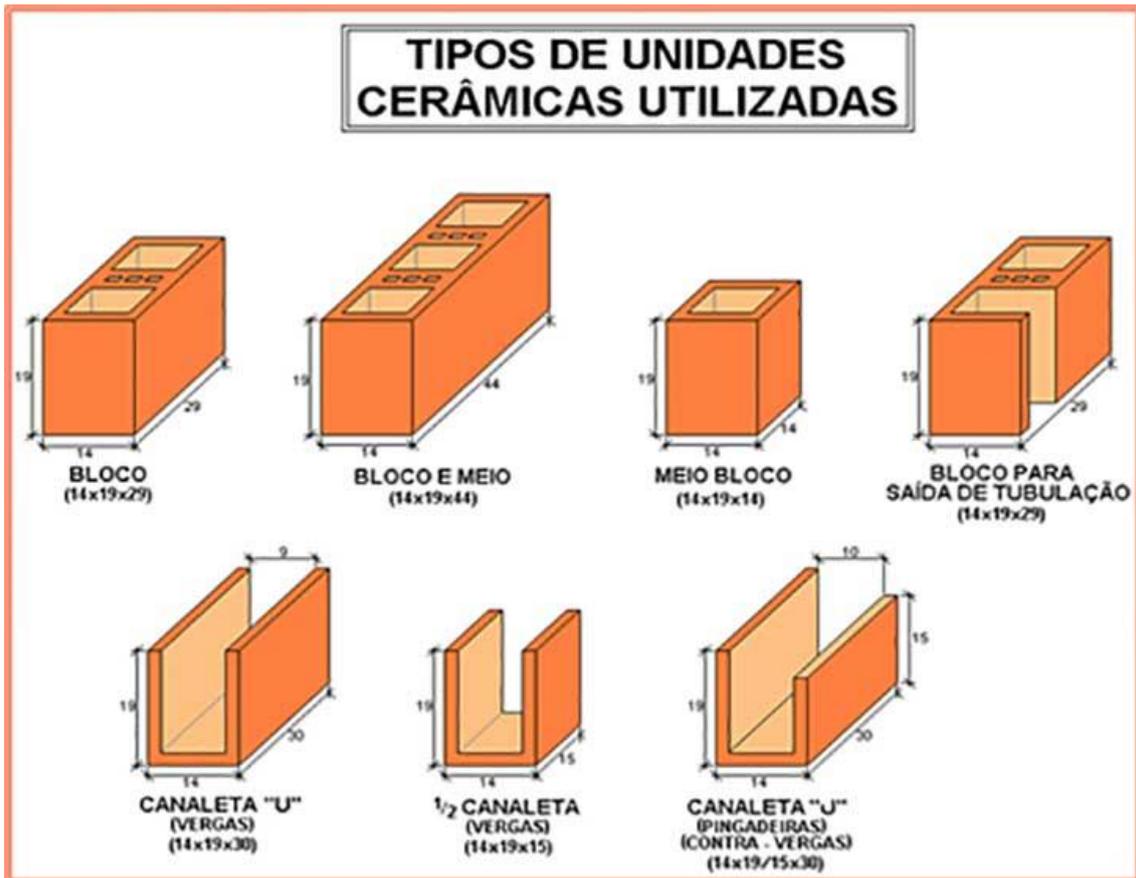


Figura 8, bloco de cerâmica, Fonte: ROSSI (2018)

3.2.2 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

De acordo com Ramalho e Correa (2003) a argamassa de assentamento (figura 9) apresenta algumas características básicas dentre elas estão, fazer a ligação entre os blocos, transmitir uniformemente as tensões entre os blocos de alvenaria, eliminar deformações pequenas e evitar a entrada de vento e de água nas edificações.

Na maioria das vezes a argamassa é composta por cimento, areia, cal e água, a argamassa deve apresentar boa trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para que ela possa desempenhar suas funções sem problemas.



Figura 9, Argamassa de assentamento, Fonte: www.decorandocasas.com.br (2018)

A argamassa de assentamento dos blocos deve apresentar uma adequada aderência com os blocos e ainda auxiliar na distribuição uniforme de tensões, de modo a evitar fissuras na interface bloco-argamassa. Deve também garantir o desempenho estrutural e a durabilidade esperada da parede de alvenaria. O seu traço é calculado previamente e deve ser rigorosamente seguido.

- **Trabalhabilidade:** tem-se que levar em concordância vários fatores, dentre alguns, destacam-se: quantidade de água, qualidade do agregado, capacidade de retenção de água, a consistência, tempo decorrido de preparação, fluidez, adesão e massa. A argamassa quando tem uma boa trabalhabilidade se espalha facilmente sobre o bloco e adere às superfícies verticais.
- **Tempo de Endurecimento:** é uma reação química entre cimento e água, onde ocorre uma hidratação. Se o endurecimento é muito rápido, a argamassa causa problemas no assentamento dos blocos e no acabamento das juntas. Se for muito lento, atrasa a construção pelo tempo de espera para a continuidade do trabalho;

Considerando-se que uma argamassa parcialmente mais forte e eficaz, não elevará a resistência da sua parede, sabendo que ela não tem uma função de

resistir as cargas da parede da sua alvenaria, quem deve resistir são os blocos estruturais.

3.2.3 GRAUTE

O Graute é um concreto com agregados de menor volume e parcialmente fluido, quando necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos conforme a figura 10. Sua atividade é aderir o crescimento da área da seção transversal dos blocos ou tijolos e permitir a solidarização dos mesmos com possíveis armaduras apresentadas em seus vazios.

Desse modo pode-se ampliar a capacidade portante da alvenaria à compressão ou proporcionar que as armaduras ali presentes eliminam tensões de tração que a alvenaria não teria requisitos de resistir.

É importante evidenciar que a NBR 8798 determina quantidades-limite de cimento, cal e agregados para dosagens não experimentais, o que pode ser consultado como padrão sempre que necessário. Ramalho e Correa (2003).

Segundo a NBR 10837, o Graute deve apresentar uma resistência característica maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco.



Figura 10, Graute no vão do bloco de cerâmica, Fonte: www.ceramicasalema.com.br (2018)

3.2.4 ARMADURA

As armaduras da alvenaria estrutural armada são previstas para resistirem aos esforços de tração atuantes conforme figura 11, como no concreto armado convencional. Estas tensões de tração surgem na alvenaria devidas ao efeito do vento. As armaduras são embutidas verticalmente nos furos dos blocos e envolvidas por graute nas zonas de armação a resistência à compressão das paredes também fica maior devido à contribuição do aço.

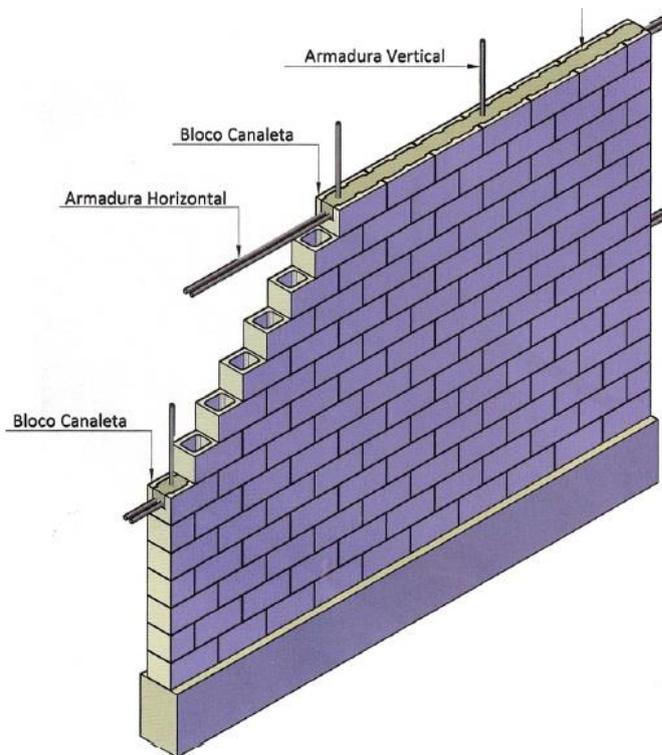


Figura 11, armaduras embutidas, Fonte: <http://prontomix.blogspot.com> (2018)

3.2.5 PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Conforme Tauil e Nese (2010) deve-se utilizar a etapa de projeto para prever todas as soluções que evitem os rasgos nos blocos para o embutimento das instalações. Rasgos de paredes significam retrabalho, desperdício, maior consumo de material e mão de obra e, principalmente, insegurança sob o ponto de vista

estrutural devido à redução da seção resistente. As soluções recomendadas para a passagem dos dutos hidrossanitários são as seguintes:

a) As tubulações devem ser embutidas em paredes nas quais não exista graute, fazendo as passagens pelos furos dos blocos, (figuras 12 e 13).

b) Aberturas de passagens tipo shâfts.

c) Adota-se paredes com menor espessura, nas quais serão feitas as instalações dos dutos, em seguida faz-se o enchimento da diferença de espessura.

d) Pode ser utilizadas tubulações aparentes, porém em alguns casos não há essa possibilidade.

e) Em casos que não possibilite a utilização de unidades especiais, sugere-se que as aberturas para passagem de tubulação e fixação de registros sejam feitas em bancadas fora do local do assentamento.

A melhor opção, tanto do ponto de vista estrutural quanto construtivo, é o uso de shâfts. Deve-se prestar atenção quanto à sua localização e dimensões. Eles podem ser fechados com painéis pré-fabricados, parafusados à parede, permitindo a remoção fácil em caso de verificação e manutenção.

Os banheiros e cozinhas devem ser projetados o mais próximo possível, de maneira que as instalações sejam agrupadas. Dessa forma, haverá economia de espaço na arquitetura e redução do número de shâfts.

Os shâfts podem ter os mais variados tamanhos, dependendo do número de instalações que o projetista conseguir agrupar.

Segundo a NBR 10837 – Cálculo da Alvenaria estrutural de Blocos Vazados de Concreto é proibida a passagem de tubulações que conduzam fluídos dentro das paredes com função estrutural.



Figura 12, instalação hidráulica, Fonte: <https://www.tijolosolocimento.com.br> (2018)



Figura 13, instalação hidráulica, Fonte: <https://www.tijolosolocimento.com.br> (2018)

3.2.6 PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O projeto elétrico é composto de instalações e tubulações de eletricidade, interfonos, telefonia, alarmes, antena coletiva ou outros elementos que existirem no projeto.

O projeto elétrico deve ser definido a partir das especificações e condicionantes contidas no projeto arquitetônico.

A responsabilidade pelo detalhamento do Projeto Executivo deverá ser definida com o arquiteto, apresentando nas elevações os locais em que deverão ser utilizados os blocos apropriados para instalações. Tauil e Nese (2010)

Para fazer a passagem dos eletrodutos embutidos utiliza-se blocos vazados. As caixas de interruptores e tomadas podem ser previamente instaladas em blocos cortados, que, por sua vez, serão assentados em posições predeterminadas da parede durante a execução da alvenaria. Alternativamente, pode-se colocar o bloco cortado com espaço para a colocação posterior da caixa, que é então chumbada nele. Tauil e Nese (2010)

As caixas de quadros de distribuição e de passagem devem ser previamente definidas e especificadas no Projeto Executivo, em dimensões que evitem cortes nas alvenarias para sua perfeita acomodação conforme figuras 14 e 15.

O projetista estrutural deverá ser informado das posições desses quadros e dimensões para que seja feito, se necessário o reforço na abertura para que assim, mantenha a característica estrutural da parede. Tauil e Nese (2010)



Figura 14, instalação elétrica, Fonte: <http://www.tijolosecologicostrindade.com.br> (2018)



Figura 15, instalação elétrica, Fonte: www.tijolosecologicostrindade.com.br (2018)

3.2.7 PROJETO ARQUITETÔNICO

É o projeto que define a forma da edificação, o número e a distribuição das peças, assim condicionando os demais projetos. Consecutivamente o sucesso do empreendimento está ligado à boa qualidade do projeto arquitetônico, pois o mesmo não sendo adequado afetaria diretamente os outros projetos, necessitando de compensações nas medidas desses projetos ou intervenções em obra, o que influenciaria negativamente a qualidade tanto do projeto como na execução da edificação. KALIL (2006)

O projeto arquitetônico tem uma grande importância pois através dele devem ser levados em considerações alguns parâmetros como a simetria em planta, e a coordenação modular.

3.3 PROJETO EXECUTIVO

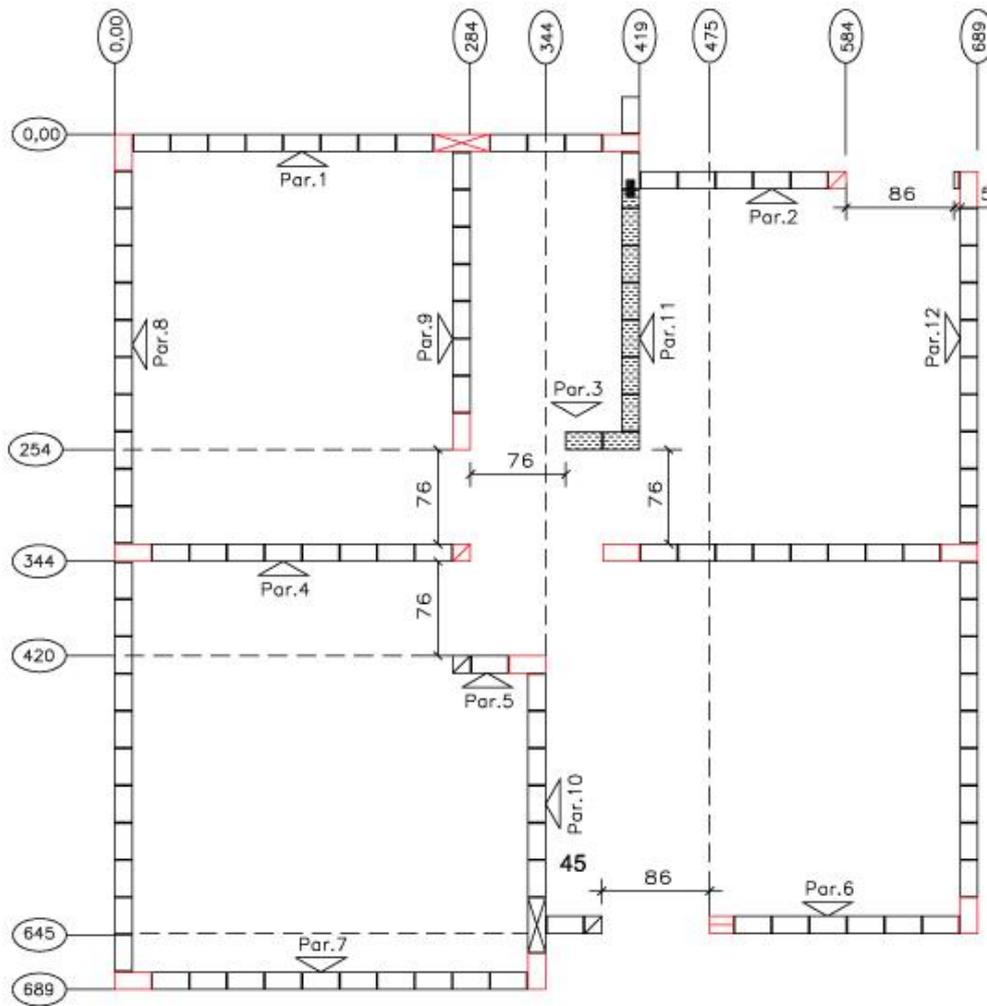
O projeto executivo é de grande importância para se obter as vantagens que o método construtivo em alvenaria estrutural permite. É composto de desenhos, detalhes e informações necessárias a realização dos serviços, pois a utilização apenas de projetos arquitetônicos, estruturais e complementares podem causar problemas de entendimento na obra.

3.3.1 PLANTAS DE PRIMEIRA E SEGUNDA FIADAS

Nas plantas de primeira e segunda fiadas são mostradas as posições de cada bloco em planta baixa, inclusive com os posicionamentos dos blocos necessários para iniciar a construção (blocos-chave), estes apresentando normalmente cor diferenciada em planta para facilitar o entendimento. Além disso, constam nas plantas de primeira e segunda fiadas uma legenda indicando os tipos e as quantidades de blocos empregados, as cotas da edificação e a codificação da vista de cada parede elaborada na planta de paginação, conforme figura 16 e 17. PRUDÊNCIO (2002)

Esta planta será utilizada na etapa da obra denominada marcação da alvenaria e tem como principal finalidade fornecer dados para a execução da primeira fiada de blocos. Esta planta também é imprescindível na elaboração das plantas de elevação de paredes, a planta deve conter diversas informações onde algumas serão citadas abaixo:

- Modulação de blocos da primeira fiada de todas as paredes.
- Vãos de portas com medidas apenas das espaletas e dos vãos.
- Identificação das paredes.
- Localização dos Shâfts.
- Identificação das paredes de vedação, quando existirem.
- Legenda de blocos com desenhos das peças em perspectiva e com suas dimensões, suas representações em planta e suas denominações de forma que um operário possa facilmente identifica-los.
- Localização dos furos grauteados e indicação de armaduras, quando houver.
- Janelas, quadros de luz e outros vãos contidos nas paredes, não devem aparecer representados sobre elas, para que não se confundam com as linhas de distribuição dos blocos.



MODULAÇÃO – 1ª FIADA

-  BE30 – 14x19x29
-  BE 45 – 14x19x44
-  BE 30 – ALVENARIA DE VEDAÇÃO
-  BE 15 – 14x19x14
-  BE 20 – 14x19x19
-  BC14/4 – 14x19x04
-  Blocos Estratégicos
-  0,00 — Origem da Marcação

Figura 16, Modulação Horizontal - Primeira Fiada, Fonte: www.selectblocos.com.br (2018)

3.3.2 PLANTAS DE LOCAÇÃO

Plantas de locação são projetos executados com o objetivo de evitar erros ou enganos durante a execução da obra. Nas plantas devem constar a locação dos blocos-chave, pois o posicionamento errado desses blocos prejudica a modulação e o alinhamento das aberturas.

Esses blocos-chave são geralmente os blocos de canto de paredes ou aqueles adjacentes às aberturas das portas. Para orientação podem ser empregados nas plantas de locação o sistema de cotas acumuladas ou o sistema de locação por coordenadas polares.

No sistema de cotas acumuladas a distância longitudinal e transversal da parede se dá em relação à um ponto de origem. Esse sistema é empregado quando a locação das paredes é executada de forma tradicional, empregando-se trenas, fios, quadros de locação, esquadro, etc. Já na locação por coordenadas polares são determinadas as distâncias radiais e angulares entre o ponto de origem e os blocos-chave, utilizando-se teodolito e trena ou estação total para a determinação dessas medidas.

3.3.3 PAGINAÇÕES

As paginações ou elevações são plantas que complementam as plantas de primeira e segunda fiadas, pois nessas não é possível visualizar todos os detalhes da alvenaria, como o posicionamento da descida das prumadas de luz e água, a amarração entre paredes, os blocos canaleta nas fiadas de respaldo, a existência ou não de grauteamento ou armaduras nos vazados dos blocos, etc.

3.4 COORDENAÇÃO MODULAR

A modulação é fundamental para a economia e a racionalização da construção em alvenaria estrutural. Modular um arranjo arquitetônico significa

acertar suas dimensões em planta e o pé-direito da edificação, através das dimensões das unidades, com o objetivo de reduzir ao máximo os cortes e ajustes na execução das paredes. Há dois tipos de modulação: a horizontal e a vertical. Os blocos ou tijolos de alvenaria são definidos por três dimensões: comprimento, largura e altura. O comprimento e a largura definem o módulo horizontal ou módulo em planta. Já a altura das unidades (blocos e tijolos) definem o módulo vertical, considerado nas elevações. KALIL (2006)

É muito importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, assim podemos ter um único módulo em planta, tornando simples a amarração entre as paredes, resultando em uma melhor racionalização ao sistema construtivo. KALIL (2006)

Analisando a maioria das referências, é possível concluir que a coordenação modular organiza todas as peças ou componentes que fazem parte de um edifício, dentro de uma base, com medidas pré-definidas.

Pela terminologia, pode-se concluir que coordenar modularmente é organizar ou arranjar peças e componentes, de forma a atenderem a uma medida de base padronizada. Tauil e Nese (2010)

Conforme MAMEDE (2001) as vantagens obtidas através da coordenação modular são várias, dentre as quais:

- Simplificação da elaboração do projeto;
- Normalização dos componentes de construção;
- Otimização das dimensões com redução do número de formatos dos componentes da construção;
- Diminuição de problemas de interface entre componentes e subsistemas;
- Padronização dos detalhes e precisão dimensional;
- Racionalização e simplificação na execução da obra com a facilidade da montagem e redução de quebra dos materiais e, conseqüentemente das perdas.

3.4.1 AMARRAÇÃO

A amarração entre as paredes adquire uma importância fundamental para que se aproveite plenamente a capacidade estrutural destes elementos FRANCO

(1992). A efetiva amarração entre os elementos de paredes é condição necessária para que se possa utilizar no cálculo procedimentos que melhoram a modelagem do funcionamento da alvenaria.

Na prática, ao iniciar a elevação das paredes de alvenaria estrutural, tem-se a necessidade de primeiramente fazer a marcação dos encontros entre elas. Assim, é importante que no projeto conste os eixos de locação, com medidas acumuladas a partir da origem até a face dos blocos de amarração. Essa informação pode estar representada no próprio projeto das fiadas ou em um projeto separado, contendo somente os blocos estratégicos dispostos na amarração e as medidas. A orientação para a elaboração das medidas de locação é que tenha como origem o canto mais próximo e progressivamente acumular os subtotais em direção ao centro, tanto no sentido horizontal quanto no vertical. MACHADO (2014)

Para Ramalho e Corrêa (2003), a amarração das paredes é efetuada de acordo com a modulação do projeto e pode ocorrer de duas maneiras, amarração direta ou indireta:

- Amarração direta: obtida através do intertravamento dos blocos, havendo penetração alternada de 50% na parede interceptada.
- Amarração indireta: quando não é possível a penetração alternada de 50%, a amarração é obtida através da colocação de armaduras nas juntas de argamassa.

Direta: ocorre o entrosamento alternado dos blocos das paredes que se interceptam, entre as fiadas conforme figuras 18 e 19.



Figura 18, Amarração direta, Fonte: BASTOS (2016)

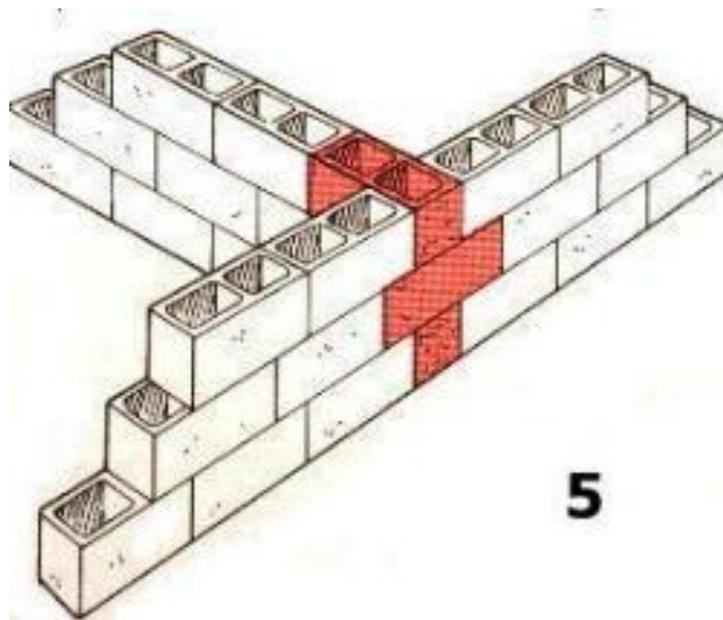


Figura 19, Amarração direta, Fonte: BASTOS (2016)

Indireta: não ocorre o entrosamento alternado dos blocos das paredes que se interceptam. Ocorre uma junta a prumo e/ou grampeadas entre as paredes conforme a figura 20.

Encontro de paredes em “T” com junta a prumo grampeadas

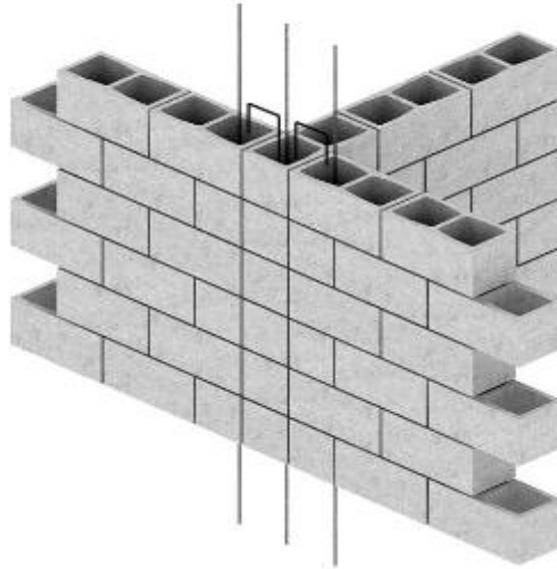


Figura 20, Amarração indireta, Fonte: BASTOS (2016)

3.5 ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

Sempre que se traz à tona um novo método construtivo, haverá discussão quanto aos aspectos técnicos e econômicos envolvidos. Devemos levar em consideração alguns quesitos principais, como as vantagens e desvantagens do sistema evidenciado, optou-se em apresentar algumas de suas principais características da alvenaria estrutural não levando em consideração cálculo estrutural, mostrando apenas vantagens desvantagens e projetos que se fazem necessário para uma edificação viável. Ramalho e Correa (2003)

Deve-se ressaltar que na utilização do método construtivo de alvenaria estrutural, eliminam-se vigas e pilares, onde as paredes tem como função fazer a vedação e também atuar como elemento estrutural, isso a torna um método muito diferente da alvenaria convencional, mais ainda é um processo pouco utilizado no brasil, mais por questão cultural do que estrutural.

3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Assim como qualquer outro método de edificação, a alvenaria estrutural tem seus prós e seus contras, através de métodos executivos analisados e estudados, porém está sempre em alta as suas vantagens, mas tem-se que levar em consideração que também haverá desvantagens, mas as vantagens se sobressaem.

3.6.1 VANTAGENS

Neste tópico serão apresentadas algumas características que mostram as vantagens da alvenaria estrutural com relação a alvenaria comum ou convencional, mostrando uma diminuição em alguns fatores primordiais em qualquer edificação. Ramalho e Correa (2003)

a) Economia de fôrmas

Quando se faz necessário, as fôrmas se limitam para a concretagem das lajes. Na maioria dos casos são fôrmas lisas, baratas e que podem ser reutilizadas por um número maior de vezes.

b) Considerável redução nos revestimentos

Quando se utiliza alvenaria estrutural, ou seja, blocos com uma controlada qualidade, possibilita uma grande redução de revestimento. O revestimento interno pode ser feito com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície dos blocos. No caso dos azulejos, eles também podem ser colados diretamente sobre os blocos pois as paredes apresentam um acabamento próprio para o mesmo.

c) Redução na mão-de-obra e desperdícios de material

Pelo fato de as paredes não permitirem rasgos e mudanças bruscas de layout, o que pode apresentar como uma desvantagem, acaba se tornando uma vantagem, pois quando não houver desperdícios de materiais e entulhos provenientes de rasgos ou demolições conseqüentemente sua edificação estará reduzindo mão de obra e ficando mais barata.

d) Diminuição do número de mão de obra com maior qualificação

Não se faz necessário profissionais como carpinteiros e armadores.

e) Versatilidade no andamento da execução da obra

Para lajes pré-moldadas, o andamento da obra estará desligado do tempo de cura que deve ser levado em consideração no caso de elementos de concreto armado.

3.6.2 DESVANTAGENS

Ainda conforme Ramalho e Correa (2003) embora as vantagens apresentadas corresponderem com grande interesse, a alvenaria tem algumas desvantagens que não podem ser deixadas de lado, com relação às estruturas tradicionais em concreto armado. Elas se encontram pautadas a seguir, também em ordem decrescente de importância.

A alvenaria estrutural também exige uma alta taxa inspeção, onde o engenheiro tem que estar sempre presente observando os aspectos construtivos para que suas paredes estejam sempre niveladas e aprumadas, sendo que por sua vez algumas paredes se tornam pilares com os pontos de grauteamento, essa é uma desvantagem bem alta em edificações menores, pois manter o engenheiro na obra o tempo todo se torna economicamente mais caro.

a) Dificuldade de se fazer mudanças em sua estrutura arquitetônica

Representando as paredes parte da estrutura, evidentemente não existe a alternativa de alterações significativas no projeto arquitetônico. Dentro de algumas circunstâncias isso acaba se tornando um problema extremamente sério. Pesquisas realizadas revelam que ao longo de sua vida útil uma edificação tende a sofrer alterações para se adaptar a novas exigências de seus usufruidores. No processo da alvenaria isso não só é obstáculo quanto tecnicamente inadmissível na grande supremacia dos casos.

b) Interposição entre projetos estruturais, instalações e arquitetura

A interposição entre os projetos é grande quando se trata de uma edificação em alvenaria estrutural. A manutenção do módulo afeta de forma direta o projeto

arquitetônico e a impossibilidade de se furar paredes, sem um controle específico desses furos, condiciona de forma marcante os projetos de instalações hidráulicas e elétricas.

c) Necessita-se obter mão-de-obra treinada e bem qualificada

A alvenaria estrutural requisita de mão-de-obra treinada e apta a fazer uso de instrumentos apropriados para sua execução. Significa então, um treinamento antecedente da equipe contratada para execução. Caso contrário, as patologias que comprometam a segurança da edificação por falta de qualificação profissional crescem consideravelmente.

Quanto às desvantagens, deve-se destacar a impossibilidade de se efetuar mudanças na disposição arquitetônica inicial da edificação, até mesmo uma tomada ou uma torneira para ser mudada de lugar tem que ser feito uma análise por um profissional, para que sua edificação não sofra danos irreversíveis. Essa impossibilidade é um importante inibidor de vendas e até mesmo um fator que pode colocar em risco a segurança de uma edificação durante a sua vida útil.

4. VISITA TÉCNICA A UMA EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Foi realizado um acompanhamento de uma edificação em alvenaria estrutural até o ponto de laje, onde foi observado diversos fatores descritos anteriormente, localizada na cidade de Bragança Paulista – SP, no condomínio jardim das palmeiras, executada pela construtora “CONSTRULEMES”, o tempo dessa construção para chegar na laje foi de 1 mês, trabalhando de segunda a sexta no horário das 7:00 da manhã até as 17:00 da tarde, através de fotos tiradas no local serão demonstrados alguns fatores importantes que foram observados.

A primeira fiada é uma etapa muito importante porque se trata da referência das etapas posteriores. É fundamental que todas as paredes estejam esquadrejadas e o alinhamento esteja correto. A execução correta dessa etapa resulta em uma boa execução da elevação, e diminui o desperdício de materiais no revestimento interno e externo conforme a figura 21.



Figura 21, Primeira Fiada, Fonte: O autor (2018)

Na alvenaria estrutural é muito importante que a edificação esteja sempre nivelada e aprumada para que não haja patologias, é sempre verificado o nível atrás de equipamentos de fácil manuseio, conforme a figura 22.



Figura 22, Paredes niveladas com o nível de mão, Fonte: O autor (2018)

Para que a alvenaria estrutural seja produtiva e para que se consiga uma redução de custos deve ser feito um projeto arquitetônico de forma que observe a quantidade de bloco de cada parede, para que não tenha que ficar quebrando blocos fazendo sujeira e perdendo tempo, através da figura 23, podemos ver uma obra bem limpa e sem blocos quebrados, as paredes são todas acabadas com blocos inteiros ou meio bloco.



Figura 23, Paredes com os cantos sempre sem blocos quebrados, Fonte: O autor (2018)

Uma patologia na edificação acompanhada foi o não assentamento de blocos especiais furados com as aberturas para interruptores, onde foram marcados com tinta spray para mais tarde serem abertos conforme a figura 24, precisando quebrar os blocos, na alvenaria estrutural não é recomendado ficar quebrando blocos porque as paredes são estruturais.



Figura 24, Parede sem blocos com furo para interruptores, Fonte: O autor (2018)

Portanto, nos projetos de alvenaria estrutural é fundamental que ocorra sempre a interação entre arquiteto e engenheiro, pois o resultado final é baseado na interação dos diversos projetos e na eficácia do conjunto, sem esses fatores sua edificação provavelmente apresentará patologias e poderá haver conflitos de informações, tornando-a financeiramente mais cara.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da revisão bibliográfica apresentada entende-se que a alvenaria estrutural, quando bem racionalizada e estudada, é vantajosa mesmo tendo suas desvantagens, através da revisão evidenciou-se que a principal desvantagem é a impossibilidade de mudanças bruscas de layout da edificação.

Mostra-se redução de custo de material e serviços, bem como a redução no tempo de execução. Pode-se concluir, portanto, que este método construtivo é satisfatório e, sendo bem administrado e havendo controle tecnológico do material utilizado, se torna muito viável.

A qualidade do material utilizado na obra e os projetos bem elaborados são extremamente importantes e garantem a segurança e a viabilidade técnico-econômica do empreendimento.

6. CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados para essa monografia notou-se que, para esse método construtivo em alvenaria estrutural se tornar barato e eficaz, são necessário levar em consideração diversos fatores construtivos, desde a iniciação, concepção de projetos e até a finalização, suas etapas devem ser seguidas com erro numa escala muito baixa para que se evite desperdícios no canteiro de obra.

Este método apresenta alguns obstáculos e limitações, como a falta de conhecimento na maioria das vezes, sendo escassa a mão de obra qualificada, ressalta-se que a falta de conhecimento não é uma falta de competência dos profissionais, mais levando em consideração que, culturalmente a população brasileira prioriza o método de construção convencional.

Más a alvenaria estrutural está crescendo gradativamente, por ser um método rápido e barato, por isso as grandes construtoras estão o adotando em maior escala, temos como exemplo o plano da CAIXA (minha casa minha vida) que faz muitas casas em alvenaria estrutural porque é mais barato e economiza tempo.

Para que este método se torne viável e não afete o empreendimento necessita-se de profissionais capacitados, elaborando projetos estratégicos como, arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico, estar sempre fiscalizando a obra para que não saia dos conformes, para poder ter uma coordenação modular efetiva e eficaz, evitando gastos desnecessários no canteiro de obra.

Conclui-se então que o método construtivo em alvenaria estrutural, é eficiente e eficaz onde temos, menor tempo de execução, já que a tubulação é instalada ao mesmo tempo em que as paredes são erguidas, rapidez no treinamento da mão-de-obra, redução no uso de concreto, aço e madeira, uma vez em que as vigas e os pilares são eliminados, maior organização e planejamento no processo de construção, Técnica de execução simples, com todos esses fatores a economia da edificação tem porcentagem de economia que giram em torno de 20 a 30% tanto em gastos como em tempo de execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, João Carlos. Alvenaria Estrutural. 2012. Especialização em Engenharia de Estruturas- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru.

TAUIL, Carlos Alberto *Alvenaria estrutural* / Carlos Alberto Tauil, Flávio José Martins Nese. - São Paulo: Pini, 2010.

KALIL, Sílvia Maria Baptista. Estruturas Mistas –Alvenaria Estrutural. Curso de Graduação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

Ramalho, Marcio. *Projeto de edifícios de alvenaria a estrutura*/ Marcio A. Ramalho, Marcio R. S. Corrêa. São Paulo:Pini,2003

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.

FRANCO, L. S; AGOPYAN, V. Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

MACHADO, Carlos Alberto Pinto. Análise de Perdas de Blocos de Concreto na Execução de um Conjunto Habitacional em Alvenaria Estrutural. Trabalho de conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8798: Execução e Controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados – Procedimento. Rio de Janeiro, 1985.

PRUDÊNCIO, Luiz R.; OLIVEIRA, Alexandre L., BEDIM, Carlos A. Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto, Florianópolis, 2002 (p.106)