UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
LEONARDO COMELLI

ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL COM A ALVENARIA COMUM

Palhoça
2019

LEONARDO COMELLI

ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL COM A ALVENARIA COMUM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Palhoça

2019

Dedico este trabalho ao meu pai Nazareno Comelli (in memoriam), a minha mãe Gislane da Silva Cruz Comelli, e ao meu irmão Jonatan Comelli, que muito contribuíram para minha vida.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Gislane da Silva Cruz Comelli, que sempre me apoiou na faculdade e na minha vida de todas as maneiras.

Ao meu irmão, Jonatan Comelli, que sempre dedicou seu tempo e esforço para que facilitasse a minha vida para poder concluir esse curso.

Aos meus amigos que me ajudaram durante todo esse processo, em especial ao Nicolas Goedert e Bruno Valceli Vieira.

A Deus, que sempre me ajudou e dá forças para seguir com a vida.

Ao meu orientador, Prof. Ricardo Moacyr Mafra, por ter aceitado me ajudar nesse trabalho.

RESUMO

A construção civil no Brasil é um dos setores que mais gera empregos e desenvolvimento para o país. Isso acontece, porque na construção de uma simples casa, envolve todo um processo de compras de materiais e contratações de funcionários. Também acaba se tornando um meio de ganhar dinheiro, no entanto, deve-se tomar cuidado, pois, tudo é muito caro e gera riscos Por conta desses fatos, os empresários e engenheiros, sempre estão em busca de recursos para poder fazer uma construção com menor custo e, que atenda aos requisitos técnicos necessários para uma obra seja bem feita e eficaz. Sempre que se inicia um projeto, tem que ser tomada a decisão de qual sistema construtivo será adotado para aquela obra. Hoje em dia a grande maioria são feitas pela alvenaria convencional, que também é chamada de concreto armado. Muitas das vezes apenas por costume sem levar em consideração alguns aspectos que poderiam levar a uma certa economia de tempo e dinheiro escolhendo outro sistema construtivo como a de alvenaria estrutural, por exemplo. Tendo isto em mente, foi feita a explicação de dois processos construtivos: O de alvenaria convencional (concreto armado) e alvenaria estrutural. Assim, sendo, será explicado como cada um funciona e que tipo de materiais são utilizados, isso para que possa ser feita a comparação de um com o outro elaborando uma planilha comparativas entre os processos, para que seja possível fazer uma análise dos processos quanto ao tempo, dinheiro e qualidade.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural, Alvenaria Convencional, Processo Construtivo.

ABSTRACT

Civil construction in Brazil is one of the sectors that most generates jobs and development for the country. This is because building a simple home involves a whole process of buying materials and hiring employees. It also ends up becoming a means of making money, however, you must be careful, because everything is very expensive and generates risks. Because of these facts, entrepreneurs and engineers are always looking for resources to be able to build with lower cost and that meets the technical requirements necessary for a work is well done and effective. Whenever a project starts, a decision has to be made as to which building system will be adopted for that work. Nowadays the vast majority are made by conventional masonry, which is also called reinforced concrete. Often just by custom without taking into account some aspects that could lead to a certain saving of time and money by choosing another building system such as structural masonry, for example. With this in mind, we explained two construction processes: conventional masonry (reinforced concrete) and structural masonry. Thus, it will be explained how each one works and what kind of materials are used, so that they can be compared with each other by elaborating a comparative spreadsheet between the processes, so that it is possible to make a process analysis regarding the time, money and quality.

Keywords: Structural Masonry, Conventional Masonry, Constructive Process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplos estruturas antigas que lembram alvenaria estrutural.....19
Figura 2 - Monadnock Building.....20
Figura 3 - Exemplo construção alvenaria estrutural 22
Figura 4- Bloco de concreto 23
Figura 5 - Bloco cerâmico para alvenaria estrutural 23
Figura 6 - Bloco silicocalcário.....24
Figura 7 - Conjunto graute, bloco e armadura.....26
Figura 8 - Tipos de amarrações 28
Figura 9 - Coliseu, Ponte Du Gard e o Panteon 30
Figura 10 - Ingalls Building.....31
Figura 11 - Edificio A noite e Martinelli 32
Figura 12 - Elementos de uma estrutura de concreto armado 33
Figura 13 - Laje maciça, lisa e cogumelo, nervurada, pré-fabricada.....34
Figura 14 - Vigas.....34
Figura 15 - Forma de pilar e pilar 35
Figura 16 - Ferramentas e equipamentos para execução da alvenaria estrutural.....44
Figura 17 - Principais passos da etapa de marcação.....46
Figura 18 - Fôrma de um pilar 48
Figura 19 - Fôrma de uma viga 49
Figura 20- Fôrma de uma laje 49
Figura 21 - Sistema completo de Fôrma 50
Figura 22 - Operação de dobra formando o estribo 51
Figura 23 - Amarração para formação das armaduras.....52
Figura 24 - Processo de concretagem.....53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de cimento no Brasil.....37
Quadro 2 - Características das barras.....40
Quadro 3 - Comparação entre os processos construtivos.....56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 JUSTIFICATIVA 15
1.2 OBJETIVOS 16
1.2.1 Objetivo Geral 16
1.2.2 Objetivos específicos 16
1.3 METODOLOGIA 17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO 17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL 19
2.1.1 Dados Históricos 19
2.1.2 Sistema Construtivo 21
2.1.3 Componente da Alvenaria Estrutural 22
2.1.4 Parâmetros para adoção do sistema 26
2.1.5 Modulação 27
2.1.6 Vantagens e desvantagens 28
2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL 29
2.2.1 Dados Históricos 29
2.2.2 Sistema construtivo 32
2.2.3 Componente Alvenaria Convencional ou Concreto Armado 36
2.2.4 Vantagens e desvantagens 40
3 PROCESSO CONSTRUTIVO 42
3.1 ALVENARIA ESTRUTURAL 42
3.1.1 Marcação 44
3.1.2 Levantamento 46
3.2 ALVENARIA CONVENCIONAL 47
3.2.1 Fôrmas 47
3.2.2 Armaduras 50
3.2.3 Concretagem 52
3.3 QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS PROCESSOS CONSTRUTIVOS 56
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS QUANTO AOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS 57
4.1 TEMPO E QUALIDADE 57

4.2 ECONOMICAMENTE 58
5 CONCLUSÃO 60
5.1 TRABALHOS FUTUROS 61
6 REFERÊNCIAS 62

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem cada vez mais investindo em novas tecnologias e técnicas para que seja possível construir obras mais rápidas e baratas, pois o mercado está cada vez mais competitivo. O programa minha casa minha vida é um dos principais responsáveis disso tudo. Por esse motivo que o olhar dos construtores quanto à alvenaria convencional, que é o concreto armado, vem mudando. No Brasil é muito comum partir logo para esse tipo de construção sem avaliar os seus prós e contras, simplesmente por antigas práticas, já que é o sistema construtivo mais utilizado no país.

A alvenaria estrutural agora vem ganhando espaço no cenário brasileiro por conta da sua promessa, que é uma obra mais barata e rápida sem tanto desperdício. Porém, ela tem um certo preconceito com os brasileiros, principalmente quando se fala do seu uso para obras de médio e alto padrão. Isso acontece por causa de algumas desvantagens que possuem, como a impossibilidade de mudanças arquitetônicas e vãos limitados, por exemplo.

A alvenaria convencional já vem sendo escolhido para qualquer tipo de construção no Brasil, pois além de ter boas qualidades técnicas, como a possibilidade de grandes vãos e fácil modelagem estrutural, por exemplo. Ela é o método construtivo mais utilizado no Brasil, isso faz com que a compra do material utilizado, e o emprego de funcionários com boa qualidade técnica seja muito mais fácil de se encontrar.

O estudo de caso foi elaborado no ano de 2019, no município de Palhoça, Santa Catarina, pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), e foi apresentada uma planilha comparativa entre os sistemas quanto ao seu processo construtivo, mostrando as suas vantagens e desvantagens em relação de um com o outro.

1.1 JUSTIFICATIVA

Na região da Grande Florianópolis é muito comum ver construções de concreto armado, principalmente nas obras de médio e alto padrão. Isso acontece em todas as regiões do Brasil, é a forma de se construir mais comum, tem uma maior facilidade para conseguir bons funcionários. Porém, até mesmo nas construções de baixo padrão, onde a uma grande concorrência na região, muitos construtores, engenheiros

e outras pessoas envolvidas, vivem desse tipo de obra (programa minha casa minha vida), não se costuma utilizar outro método de construção, como a alvenaria estrutural, por exemplo.

Uma grande reclamação dos pequenos construtores da região é o pequeno lucro que essas construções do padrão minha casa minha vida, estão dando. Mesmo tendo isso em mente, é muito pouco utilizado a alvenaria estrutural quando comparada com a alvenaria convencional. Isso nos mostra como a falta de informação, tanto dos construtores como dos engenheiros são visíveis.

A alvenaria estrutural pode permitir aos construtores uma melhoria no seu lucro, ou até mesmo fazer um maior giro de capital, pois esse sistema promete uma obra significativamente mais barata e rápida, ou seja, com menor custo permitindo mais construções num menor tempo.

Dessa forma foi feita a justificativa do trabalho, fazendo o levantamento de dados para que seja possível ampliar a visão dos construtores e engenheiros da região da Grande Florianópolis, mostrando que é possível construir de outra maneira, e que em especial, a alvenaria estrutural pode ser de grande relevância na região com as vantagens que se procede.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção do trabalho serão apresentados o objetivo geral e os específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural, comparando-a com a alvenaria convencional.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral acima pretende-se:

a) Elaborar um quadro comparativo entre o processo construtivo da alvenaria estrutural e o processo construtivo da alvenaria convencional (concreto armado);
b) Analisar as vantagens e desvantagens quanto ao tempo e qualidade do processo construtivo da alvenaria estrutural com a alvenaria convencional (concreto armado);
c) Identificar as principais diferenças econômicas quanto aos processos em análise.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de caráter qualitativo, pois pretende fazer o levantamento de estudos já feitos sobre os processos construtivos, conseguindo assim entender como funciona e onde pode ser aplicado no dia a dia.

Este é um estudo de caso que se considera representativo pelo fato de ser um meio de construção diferente do usual que tem a promessa de gerar mais economia e, menos desperdício de materiais, que é de suma importância para os construtores da região da Grande Florianópolis em ter a oportunidade de conhecer novas formas de construir com mais produtividade e lhe trazer benefícios.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em cinco capítulos que serão descritos da seguinte forma.

a) O primeiro capítulo será dedicado a introdução ao tema abordado pelo mesmo, justificativa, objetivos gerais, específicos, metodologia e estrutura de trabalho;
b) O segundo será dedicado à revisão bibliográfica, onde serão apresentadas informações para o embasamento do trabalho;
c) No capítulo três será descrito os processos construtivos dos sistemas em análise.
d) O quarto capítulo será feito uma análise dos processos construtivos avaliando as vantagens e desvantagens econômicas, de qualidade e tempo.

e) Quinto capítulo será dedicado às conclusões do trabalho.
f) Sexto capítulo será mostrado as referencias bibliográficas do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico da alvenaria estrutural e do concreto armado para que sirva de embasamento para o estudo de caso.

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

Nesta seção será apresentada os componentes da alvenaria estrutural, assim como as suas vantagens e desvantagens.

2.1.1 Dados Históricos

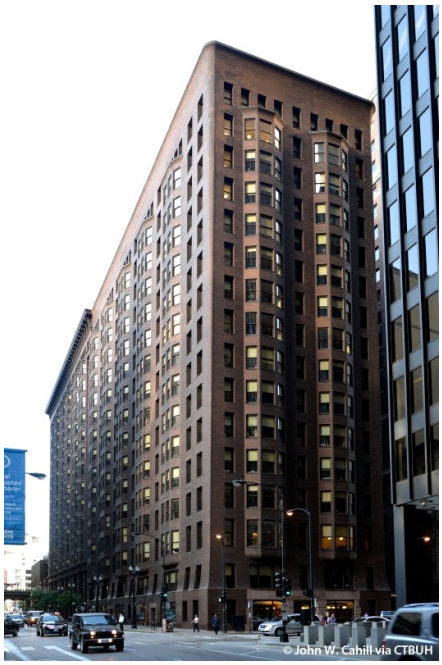
Segundo Camacho (2006) o desenvolvimento da humanidade é comum ver obras que lembram o sistema construtivo de alvenaria estrutural. Um exemplo disso são as pirâmides, o coliseu, as muralhas e etc., conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Exemplos estruturas antigas que lembram alvenaria estrutural

Fonte: Pirâmides (2007) e Navarro (2011).

Tais estruturas eram construídas sem qualquer tipo de cálculo, apenas tendo como base conhecimentos adquiridos ao longo tempo. Porém se engana quem acha que esse tipo de construção era feito aleatoriamente apenas naquela época, nos anos de 1889 e 1891, se deu a construção do Monadnock Building, um edifício de 16 pavimentos, onde foram feitas paredes de até 1,8 metros de espessura para aguentar as cargas existentes, ou seja, isso mostra como até pouco tempo atrás não se tinha uma ideia de como fazer o cálculo para esse tipo de sistema construtivo, causando assim um desperdício de materiais, espaço, dinheiro e etc. A figura 2 mostra o resultado da construção do edifício Monadnock Building.

Figura 2 - Monadnock Building



Fonte: Monadnock (2013).

Por esses motivos citados, esse sistema não foi bem visto para edifícios altos, e assim acabou por não ter uma boa posição no mercado. No Brasil esse sistema veio a ser usado na década de 70, com base em técnicas comprovadas cientificamente na época, e apenas nos anos 80 foi realmente consolidada no Brasil.

No século XX estudos e ensaios foram feitos para que se soubesse mais sobre esse sistema a fim de se obter resultados mais econômicos do que haviam naquele momento. Hoje, no Brasil existem a ABNT NBR 15191 – partes 1 e 2 – que tratam da alvenaria estrutural com blocos de concreto. Ela está para ser revisada para ser uma referência a esse sistema de construção, definindo assim a altura permitida de prédio e demais exigências. A parte 1 da norma (ABNT NBR 15961-1:2011) trata das exigências mínimas para o projeto de estruturas de alvenaria de blocos de concreto, e a parte 2 (ABNT NBR 15961-2:2011) se trata das exigências mínimas para a execução e o controle de obras com estruturas de alvenaria que utilizam blocos.

2.1.2 Sistema Construtivo

Segundo Salgado (2011), a alvenaria pode ser caracterizada pela combinação entre dois elementos: os blocos (unidades) e a argamassa (elemento de ligação), que acabam por dar origem as paredes, formando assim um sistema rígido e estável que também tem como função a parte de vedação.

Segundo Penteado (2003), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo onde a estrutura, ou seja, as paredes da edificação tem a função de resistir as tensões de compressão provenientes do seu peso próprio e de outras cargas, já que não há a presença de vigas e pilares como no sistema convencional. Esse sistema também admite uma quantia de esforços de tração desde que não seja um valor significativo, caso a estrutura esteja necessitando de uma maior resistência a tração, reforços com armadura e graute devem ser feitos (RAMALHO, CORRÊA, 2003). Sabendo disso percebe-se que esse sistema pode ser dividido em duas categorias basicamente, a alvenaria armada onde nos vazios do bloco é feito o preenchimento do graute com a armadura (quando há pontos que a estrutura necessita de reforços), e a alvenaria não armada onde são usadas as armaduras apenas no sentido de amarração e prevenção de fissuras (vergas, contravergas e cintas de amarração).

Segundo Penteado (2003) há quatro tipos de esforços para as paredes de alvenaria resistirem, são: compressão (principal esforço solicitante), cisalhamento e flexões dentro e fora do plano da alvenaria. Todo esse sistema segundo Ramalho e Corrêa (2003), afinal é formado pelos seguintes componentes: unidades (blocos), argamassa, graute e armadura. A figura 3 mostra um exemplo de construção em alvenaria estrutural na vida real.

Figura 3 - Exemplo construção alvenaria estrutural

Fonte: Elevação (2017).

2.1.3 Componente da Alvenaria Estrutural

Os principais componentes da alvenaria estrutural segundo Penteado (2003), Ramalho e Corrêa (2003) são as unidades (blocos), argamassa, graute e armadura.

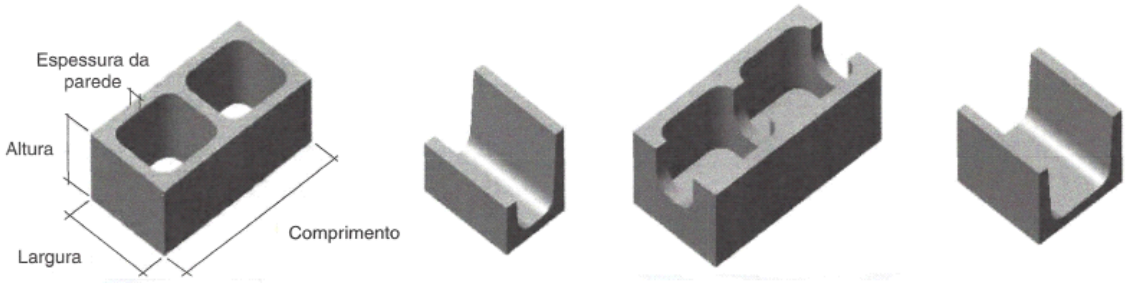
2.1.3.1 Unidades

Segundo Duarte (1999) a resistência a compressão nas unidades usadas para a alvenaria estrutural é o principal elemento responsável por resistir os esforços existentes a compressão, isso é facilmente notado, pois praticamente toda a estrutura é composta por ela, chegando a representar mais de 80% de seu volume.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) as unidades mais utilizadas no Brasil são: unidades de concreto, cerâmica, e silicocalcário.

Segundo Salgado (2011), as principais unidades utilizadas no Brasil possuem as determinadas especificações: os blocos de concreto são executados com pedrisco, areia e cimento, possuindo função de vedação e estrutural. Existem diferentes tipos de bloco para evitar o desperdício e cortes na estrutura, estes são o meio bloco e o bloco tipo caneleta para construção de vergas e vigas. As principais dimensões encontradas são de 9x19x39, 14x19x39, 19x19x39 centímetros. Esse tipo de unidade é normatizado pela NBR 6136 (ABNT, 2016) – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria. Afigura 4 mostra os tipos de blocos de concreto existentes.

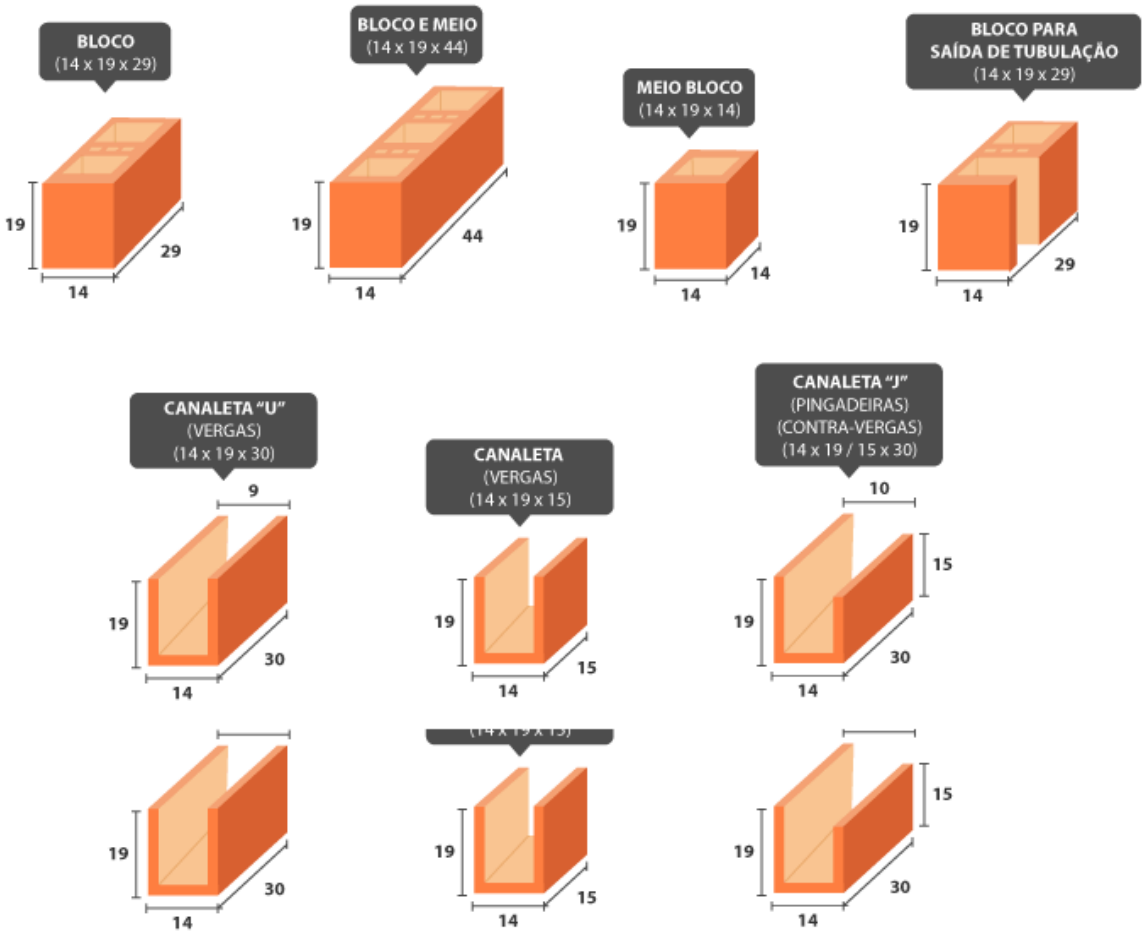
Figura 4- Bloco de concreto



Fonte: NBR 6136:2016 – Blocos vazados de Concreto Simples para Alvenaria.

Os blocos cerâmicos para alvenaria estrutural proporcionam algumas vantagens, sendo elas: diminuição da quantidade de formas e armadura, menos desperdício, e uma boa produtividade. É responsável pela normatização dessa unidade a NBR 15270-1 (ABNT, 2017) – Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. A figura 5 mostra os tipos de blocos cerâmicos.

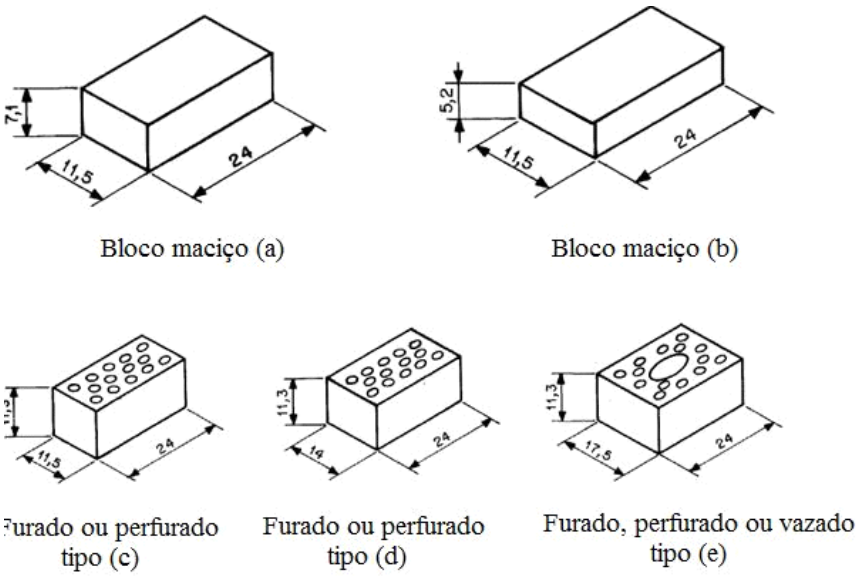
Figura 5 - Bloco cerâmico para alvenaria estrutural



Fonte: Lima (2019).

E o bloco silicocalcário é formado de areia e cal, com pequenas dosagens de cimento, este possui função estrutural, pois tem uma grande resistência a compressão, também podendo ser utilizado para paredes tipo à vista. A figura 6 mostra os tipos de bloco de silicocalcário.

Figura 6 - Bloco silicocalcário



Fonte: NBR 14974-1:2003 - Bloco sílico-calcário para alvenaria.

2.1.3.2 Argamassa

Segundo Duarte (1999), a argamassa fica em segundo plano em relação a resistir as tensões de compressão da parede em relação as unidades, pois ela pode chegar a representar apenas 20% do volume total da parede, porém não é interessante fazer uma mistura mais resistente que o bloco, ou uma argamassa de baixa resistência, pois respectivamente ela pode acabar por não absorver deformações ou ocasionar uma baixa aderência diminuindo a resistência a compressão, o traço deve ser estudado e delimitado para que não ocorra tais problemas.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a argamassa tem a função de admitir deformações na estrutura e regularizar as tensões solicitantes da parede. Ela é composta normalmente de areia, cal, água e cimento e deve ter boas qualidades de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade.

Segundo Roman et al. (1999) e Recena (2007) tais características são importantes para a argamassa e suas definições são:

Trabalhabilidade – é a correta interação entre coesão e consistência, a argamassa deve não ser nem muito ou pouco fluida, pois ambas atrapalhariam seu objetivo que é a boa trabalhabilidade da argamassa, ou seja ter uma boa plasticidade para se preencher bem na superfície aplicada, e ser possível fazer sua aplicação com facilidade,

Durabilidade – é a capacidade do material de manter suas características ao longo do tempo sem deixar de cumprir a função ao qual foi determinado, problemas como fissuras, goteiras e etc., são causados por problemas como a falta de manutenção da estrutura, ou o traço errado na hora da mistura, o que acaba por diminuir a vida útil do material,

Retenção de água – é a capacidade da argamassa de reter água contra a sucção do bloco, ou seja, caso a unidade utilizada retenha água da argamassa, fará assim com que ela tenha uma fraca aderência ao substrato.

Capacidade de absorver deformações – a argamassa é feita para fazer a unificação de diferentes materiais, como a argamassa e os blocos de concreto, e sua função e permitir a deformação que surgira na estrutura já que cada material possui uma deformação diferente, assim ela permite a sua movimentação sem causar problemas na estrutura,

Elasticidade – é a capacidade que a argamassa tem de deformar sem que prejudique a estrutura com fissuras ou algo do tipo.

2.1.3.3 Graute e Armadura

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), o graute é um concreto que tem a função de fazer a sua consolidação com o bloco e a possível armadura para que trabalhem como um conjunto único, sendo utilizado quando há necessidade de preenchimento de vazios para aumentar a capacidade de resistência a compressão (de 30% a 40%), dessa forma em contato com a armadura, esforços de tração também podem ser resistidos através desse método. O aço utilizado é o mesmo que é utilizado nas obras de alvenarias convencionais, na figura 7 mostra um exemplo da utilização do graute e da armadura em uma construção de alvenaria estrutural.

Figura 7 - Conjunto graute, bloco e armadura

Fonte: Alvenaria (2019).

2.1.4 Parâmetros para adoção do sistema

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) a alvenaria estrutural compensa muita mais, economicamente falando do que outros sistemas construtivos, isso se dá por conta de não existir a presença de vigas e pilares, utilizando assim menos concreto, formas e etc., porém certos cuidados devem ser tomados para que esse sistema não acabe por se tornar um problema, os mesmo autores descrevem que tais cuidados devem ser tomados:

a) Altura da edificação: no Brasil as unidades existentes para construção de obras tipo alvenaria estrutural, restringem a construções de até 16 pavimentos, isso ocorre pois a resistência dos blocos não permite mais que isso, e também pelo fato de que estruturas dessas dimensões acabam por gerar esforços de tração onde o emprego de armaduras para poder resistir os esforços solicitantes se tornariam o sistema inviável economicamente, quando comparado o seu custo equivalente ao sistema de alvenaria convencional.

b) Tipo de uso: edifícios comerciais ou de luxo não são bem vistos para esse tipo de sistema construtivo, tanto pelo motivo de haver um certo preconceito com esse sistema, mas também polo motivo de que obras desse porte provavelmente terão mudanças ou exigências de grandes vãos, o que não é possível com esse sistema pois tiraria sua função estrutural.

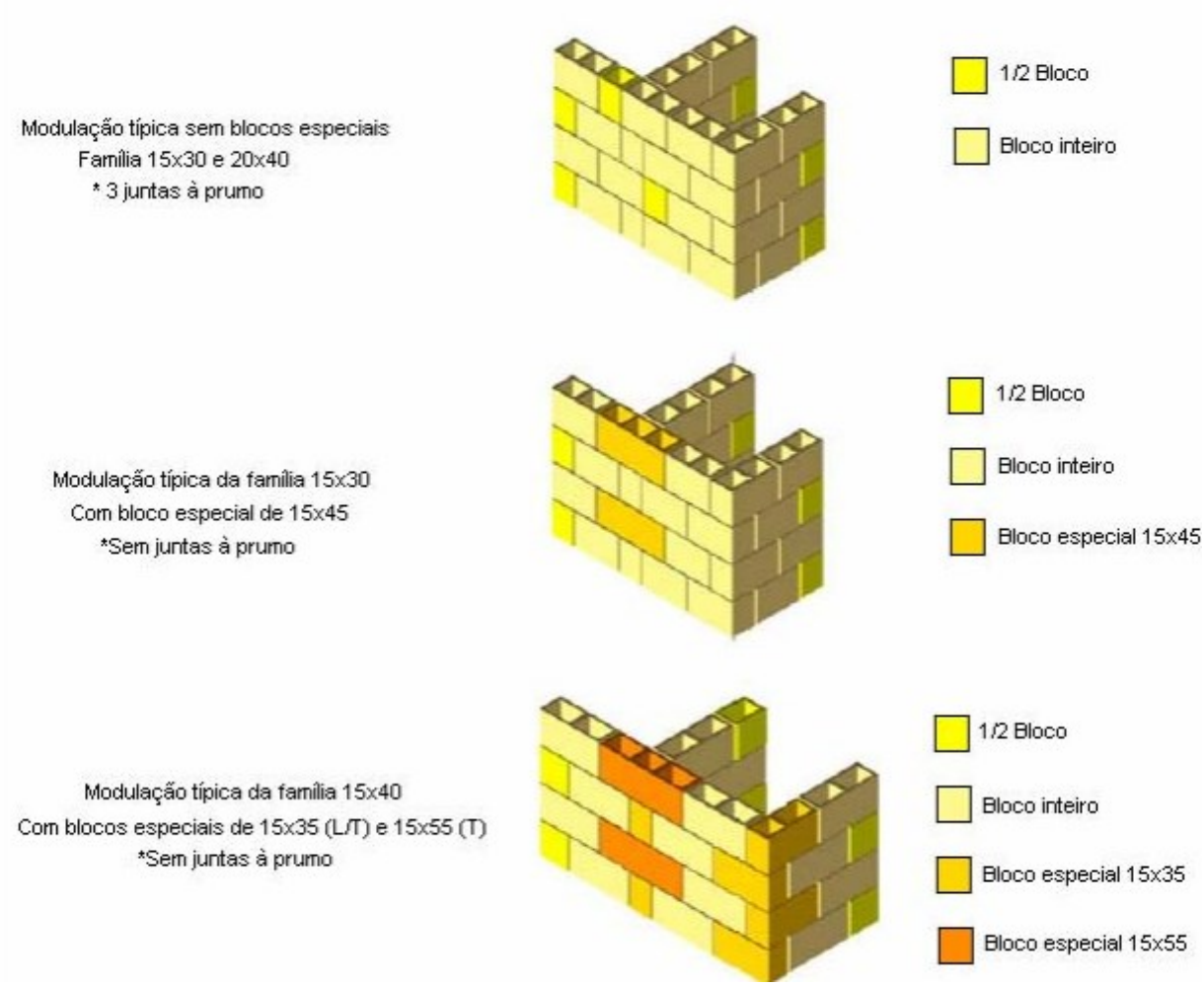
c) Arranjo Arquitetônico: é indicado que se tenha de 0,5 a 0,7 metros de parede por m², quando se ultrapassa esses limites o método acaba por se tornas desfavorável.

2.1.5 Modulação

Segundo Camacho (2006) e Ramalho e Corrêa (2003) a modulação tem a principal função de trazer economia para obra evitando o desperdício de materiais, isso ocorre fazendo com que as dimensões da obra sejam múltiplas das unidades utilizadas para a construção das paredes, assim é possível evitar cortes.

Para que a modulação funcione que no projeto se tenha todo o detalhamento das fiadas, vergas, janelas e etc, para que se tenha a dimensão correta para o cálculo da dimensão das unidades e que seja possível fazer uma amarração na construção das paredes, sempre tentando evitar a formação de juntas verticais. A figura 8 mostra alguns exemplos de amarrações que devem existir nas construções de alvenaria estrutural, com as unidades utilizadas para esse método:

Figura 8 - Tipos de amarrações



Fonte: CAMACHO, 2006.

2.1.6 Vantagens e desvantagens

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) os principais pontos positivos do sistema são:

a) Economia de formas e armaduras já que o sistema não possui pilares e vigas.

b) Menor número de funcionários devido às formas e etc.

c) Maior agilidade para construção da obra, pois as paredes tem função estrutural e de vedação, fazendo assim que eliminem etapas de execução quando comparada com a alvenaria convencional, os

processos de execução podem ser feitos até 50% mais rápidos, pois são procedimentos comuns.

d) Redução dos materiais utilizados diminuindo os desperdícios.

E os principais pontos negativos do sistema:

a) Não permite a remoção de paredes, ao não ser que esteja prevista em projeto, pois as paredes que tem a função estrutural do sistema o que não seria interessante fazer.

b) Vãos limitados.

c) Mão de obra qualificada, pois há necessidade de utilização de instrumentos adequados para execução, a falta de consideração neste item podem ocasionar problemas na obra até mesmo além do financeiro.

2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL

Nesta seção será apresentada os componentes da alvenaria convencional, assim como as suas vantagens e desvantagens.

2.2.1 Dados Históricos

Segundo Neville (1997) o emprego de cimentos na construção já são bem antigos, e os primeiros a conseguirem um tipo de concreto são os gregos e romanos, que usavam o calcário calcinado e faziam uma mistura com cal, água, areia, pedra, tijolos ou ceramicas frangmentadas. Existem também diversas estruturas onde haviam a ligação das pedras com a argamassa sendo alguns exemplos: o coliseu, a ponte Du Gard e o Panteon, a figura 9 mostra as respectivas construções citadas.

Figura 9 - Coliseu, Ponte Du Gard e o Panteon

Fonte: Vasconcelos (2011), Gwyther-Jones (2012) e Panteon (2011).

Segundo Neville (1997) apenas no século XVIII se registrou um avanço tenologico nesse tipo de material, John Smeaton, descobriu que ao misturar uma argamassa obtida através da trituração de elementos naturais com o calcário com elevado teor de argila, se obtinha uma boa argamassa. James Parker obteve o desenvolvimento do cimento Romano que acabou resultando na patente do cimento Portland por John Aspdin em 1824.

Segundo Kaefer (1998) com a forte crença no concreto armado, François Hennebique acabou por construir um prédio de 7 andares, inagurado em 1901 a fim de mostrar as vantagens desse sistema construtivo, seu feito foi tão bem notado e respeitado que seu sucesso foi eminente com vários escritórios ao redor do mundo.

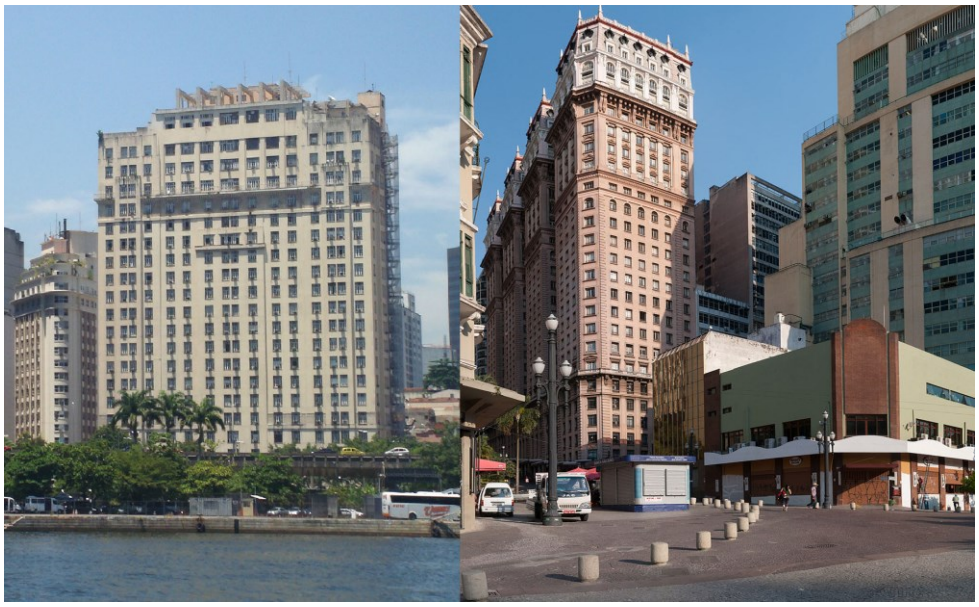
Nos Estados Unidos o primeiro arranha céu construído em concreto armado foi o Ingalls Building, com 16 andares sendo inaugurado com 1903, a figura 10 mostra o edifício pronto.

Figura 10 - Ingalls Building

Fonte: Ingalls (2019).

E no Brasil dois edifícios foram construídos que acabaram quebrando recordes mundiais, o edifício A Noite, inaugurado em 1927 no Rio de janeiro, e o edifício Martinelli inaugura em 1929 em São Paulo, a figura 11 mostra os edifícios respectivamente.

Figura 11 - Edificio A noite e Martinelli

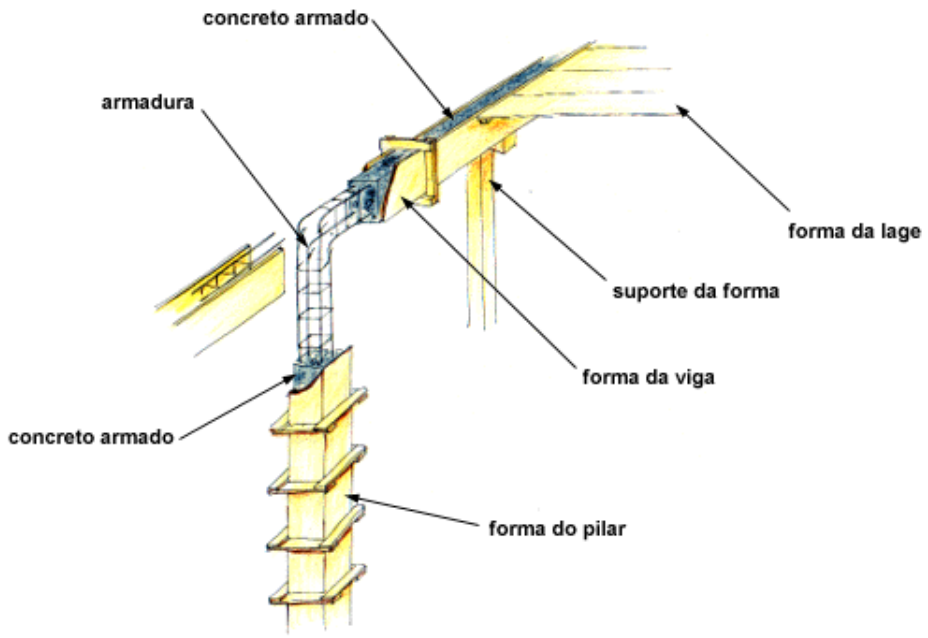


Fonte: Edifício (2019) e Edifício (2019).

2.2.2 Sistema construtivo

Segundo Araújo (2003) o concreto armado é a união do concreto (combinação de agregado graúdo e miúdo, cimento, areia e água) com barras de aço, formando assim os elementos estruturais ao qual é comum visualizarmos diariamente, como as vigas, pilares, lajes e etc. O funcionamento desse sistema é possível graças a aderência, fazendo com que as deformações existentes sejam praticamente iguais para ambos, assim o concreto acaba por ter a função de absorver os esforços de compressão da estrutura, enquanto o aço acaba por resistir os esforços de tração existentes. Todo sistema tem os seus elementos estruturais principais, a figura 12 mostra quais são.

Figura 12 - Elementos de uma estrutura de concreto armado



Fonte: Estrutura (2019).

Segundo Bastos (2019) os elementos mostrados na figura 10 possuem as seguintes definições:

a) Lajes: recebe as cargas de pessoas, paredes, móveis e etc. Elas são apoiadas nas vigas ou pilares onde transferem suas cargas. Existem diferentes tipos, sendo: laje maciça (varia de 7 a 15 cm, comuns em edifícios de grande porte), laje cogumelo (a laje é apoiada sobre capitéis feitos no pilar), laje lisa (laje é apoiada direto no pilar), laje nervurada (moldada no local ou pré-fabricadas, onde a zona de tração para momento positivos está nas nervuras, onde se coloca material nulo, isopor por exemplo) e as lajes pré-fabricadas tipo treliça (possui um bom comportamento para estruturas de pequeno porte, e é de fácil execução). A figura 13 mostra os diferente tipos citados respectivamente:

Figura 13 - Laje maciça, lisa e cogumelo, nervurada, pré-fabricada

Fonte: Bastos (2019).

b) Vigas: proporciona a estabilidade da estrutura tanto verticalmente como horizontalmente (amarração da estrutura), são elementos horizontais que recebem as cagas das paredes, lajes e etc., onde transferem os esforços para o pilar geralmente. Há tensões de compressão na parte superior, e tração na inferior (base). A figura 14 alguns exemplos de vigas.

Figura 14 - Vigas

Fonte: Bastos, 2019.

c) Pilar: responsável por resistir as forças provenientes da estrutura, no caso compressão basicamente, e transferir para a fundação, ou para outros elementos no caso de prédios por exemplo, também é responsável pela amarração da estrutura para resistir aos esforços horizontais e verticais. A figura 15 mostra alguns exemplos de pilares.

Figura 15 - Forma de pilar e pilar

Fonte: Bastos, 2019.

Segundo Salgado (2011) as formas tem a função de dar o formato definitivo do concreto e é uma das fases mais importantes da obra, dessa forma sua execução deve ser feita perfeitamente para que não haja problemas estruturais, é um material caro que além de não poder ser reaproveitando 100% das vezes, acaba por ficar inutilizável com o tempo, por isso a sua compra sempre deve ser bem avaliada. Outro elemento importante da estrutura de concreto armado, são as paredes de vedação, tais tem a função de fazer a vedação da estrutura como o próprio nome sugere, e suportar o seu próprio peso.

2.2.3 Componente Alvenaria Convencional ou Concreto Armado

Os principais componentes da alvenaria estrutural segundo Bastos (2019) e Petrucci (1998) são cimentos, agregados, água, aditivos e armadura.

2.2.3.1 Cimento

Segundo Petrucci (1998), o cimento portland é um resultado da moagem do clinquer, que é um material granular rígido obtido a partir da mistura em alta temperatura de calcário e argila, e a sua principal característica é o seu endurecimento quando a contato com a água, ou seja, acaba por ser um material ligante.

O cimento no canteiro de obras deve ser bem armazenado, ou seja, empilhado de maneira correta e evitando a umidade para que não haja alteração da sua matéria, e também deve-se tomar o cuidado de não deixar o produto muito tempo guardado para evitar o empedramento.

Os cimentos obtidos no comércio são vendidos em sacos de 25 e 50 quilos e devem seguir algumas especificações, como por exemplo, indicar os números que significa a quantidade de resistência mínima que deve atingir aos 28 dias, com exceção dos cimentos que são produzidos para atingirem a resistência mínima até os 7 dias como o cimento CP V-ARI por exemplo, na figura 15 a seguir mostram os diferentes tipos de cimentos existentes no Brasil:

Quadro 1 - Tipos de cimento no Brasil

Nome técnico		Identificação do tipo e classe
Cimento portland comum	Cimento portland comum	CP I-25 CP I-32 CP I-40
	Cimento portland comum com adição	CP I-S-25 CP I-S-32 CP I-S-40
Cimento portland composto	Cimento portland composto com escória	CP II-E-25 CP II-E-32 CP II-E-40
	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z-25 CP II-Z-32 CP II-Z-40
	Cimento portland composto com fíler	CP II-F-25 CP II-F-32 CP II-F-40
Cimento portland de alto-forno		CP III-25 CP III-32 CP III-40
Cimento portland pozolânico		CP IV-25 CP IV-32
Cimento portland de alta resistência incial		CP V-ARI
Cimento portland resistente a sulfatos		Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo RS. Exemplo: CP I-32RS, CP II-F-32RS, CP III-40RS, etc.
Cimento portland de baixo calor de hidratação		Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo BC. Exemplo: CP I-32BC, CP II-F-32BC, CP III-40BC, etc.
Cimento portland branco	Cimento portland branco estrutural	CPB-25 CPB-32 CPB-40
	Cimento portland branco não estrutural	CPB
Cimento para poços petrolíferos		CPP - classe G

Fonte: Bastos, 2019.

2.2.3.2 Agregados

Segundo Petrucci (1998), o agregado tem como definição qualquer material granular que possa ser usados nos mais diversos segmentos de obras de engenharia civil (estradas, prédios e etc.), e esses agregados são os fragmentos rolados, rochas britadas e etc. O seu papel na composição do concreto é muito importante já que representa basicamente 70% dele.

Petrucci (1998) também diz que ele pode sem classificados em dois tipos:

a) Naturais: material que já é encontrado na natureza em forma de agregado, como areia de rios e cascalhos;
b) Artificiais: material que necessita do trabalho do homem para que vire um agregado, como o britamento de rochas por exemplo.

E todos esses materiais também são divididos em dois grupos:

a) Agregado miúdo: material que passa na peneira número 4 de 4,8 milímetros;
b) Agregado graúdo: material que não passa na peneira número 4.

2.2.3.3 Água

Segundo Petrucci (1998), a água utilizada para fazer o concreto não deve conter impurezas para que não haja risco de causar problemas na sua composição, apesar de que nada se comprove que uma água com coloração ou cheiro diferente obteve resultados ruins no seu rendimento, mas riscos devem ser evitados.

Nas obras é muito comum ver problemas com relação a água, na sua quantidade usada, ou seja, o excesso de água durante a sua fabricação causa problemas, e isso é muito comum, tanto para concreto como para as argamassas, por isso o fator água-cimento sempre deve ser cuidado.

2.2.3.4 Aditivo

Segundo Petrucci (1998) os aditivos são utilizados no concreto para que algumas caracterisitca sejam melhoradas, o uso do aditivo serve para ter um melhor desempenho nas seguintes aplicações:

a) Aumento de compacidade;
b) Acréscimo de resistência aos esforços mecânicos;
c) Melhora da trabalhabilidade;
d) Diminuição da higroscopicidade, que é a capacidade do material de absorver água;
e) Melhora na impermeabilidade;

f) Diminuição da retração;
g) Aumento da durabilidade;
h) Melhora do endurecimento nas concretagens em tempo frio;
i) Aptidão para ser injetado (argamassa tixotrópica);
j) Possibilidade de retirada dos cimbres e formas em curto prazo;
k) Preparo de concretos leves;
l) Diminuição do calor de hidratação;
m) Retardamento ou aceleração da pega.

Petrucci (1998) também classifica os aditivos da seguinte forma:

a) Plastificantes: melhorar a plasticidade do concreto ou argamassa, ou seja, permite a redução da quantidade de água, gerando uma maior resistência e menor retração.
b) Incorporadores de ar: permite o aumento da durabilidade do concreto e argamassa.
c) Produtos de cura: são pulverizados na superfície do concreto para que não haja a perca da água pela evaporação, é a cura do concreto que deve ser feita em todas as concretagens.
d) Dispersores: utilizados para melhora da resistência mecânica.
e) Impermeabilizantes: função de proteção da ação da água pela obstrução dos poros ou algo semelhante.
f) Produtores de gás ou espuma: introduz no concreto bolhas de gás ou espuma para dar origem a um concreto permeável.

2.2.3.5 Armadura

A armadura tem a principal função de resistir aos esforços de tração que ocorrem na estrutura e o aço utilizado é o mesmo da alvenaria estrutural. Eles são classificados de acordo com a sua resistência, ou seja, o aço CA 50 possui uma resistência de 500 MPa, CA 60 possui uma resistência de 600 MPa, e a NBR 7480:2007 faz algumas definições das barras de aço existentes, a figura 15 a seguir mostra algumas delas.

Quadro 2 - Características das barras

Diâmetro nominal [a] mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
Barras	Massa nominal [b] kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm^2	Perímetro mm
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8,0	0,395	± 7%	50,3	25,1
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16,0	1,578	± 5%	201,1	50,3
20,0	2,466	± 5%	314,2	62,8
22,0	2,984	± 4%	380,1	69,1
25,0	3,853	± 4%	490,9	78,5
32,0	6,313	± 4%	804,2	100,5
40,0	9,865	± 4%	1256,6	125,7

[a] Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

[b] A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m^3.

Fonte: ABNT, NBR 7480:2007.

2.2.4 Vantagens e desvantagens

Segundo Bastos (2019) os principais pontos positivos do sistema:

a) Possui um bom aspecto econômico, já que seu emprego é o mais utilizado em todo o Brasil, assim a facilidade de encontrar material e mão de obra de qualidade é mais acessível.
b) Tem um bom grau de conservação já que sua construção é feita pensando-se em uma vida útil de vários anos, sendo isso possível por causa do concreto, já que sua aparência continua boa e sua resistência aumenta com o passar do tempo.
c) Pode ser moldado da forma que quiser.
d) Execução relativamente rápida.
e) Boa resistência ao fogo.
f) Possui um baixo índice de manutenção, tanto que acaba por se tornar um problema dessas construções, que acaba por deixar de ser feita.

g) Boa resistência a choque e vibrações.

E os principais pontos negativos do sistema são:

a) Grande peso próprio, 2500 kg/m³.
b) Grande dificuldade de reformas e demolições.
c) Convívio com fissuras, elas são comuns nesse tipo de construção e devem sempre ser reguladas.
d) Não possui um bom desempenho térmico e acústico.

3 PROCESSO CONSTRUTIVO

Nesta seção do trabalho será explicado o processo construtivo da alvenaria estrutural e do concreto armado, mostrando o que é cada elemento que compõe o processo e qual sua função, para que assim seja possível confeccionar uma tabela comparativa entre eles.

3.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Manzione (2004) para ser possível começar a construir através desse método, algumas ferramentas e equipamentos são necessários ter em obra, eles são:

a) Colher de pedreiro: usado como instrumento de manuseio do pedreiro que permite a aplicação do cimento no local desejado, por exemplo do carrinho de massa ao bloco de concreto.

b) Fio traçante ou cordex: utilizado para a locação dos eixos, ou seja, vão de portas paredes e etc.

c) Esticador de linha: faz o alinhamento e nivelação dos blocos, prendendo as pontas da linha de um bloco a outro.

d) Broxa: função de molhar o bloco da primeira fiada na laje e também limpeza das ferramentas.

e) Esquadro: utilizado para marcação das paredes da obra, assentamento de azulejos e etc., permite que a obra "fique" a 90 graus.

f) Régua técnica prumo-nível: faz a verificação do prumo e nível da superfície desejada.

g) Nível a laser: mostra com exatidão o nível que se deseja na própria superfície.

h) Nível alemão: regula-se o reservatório no nível desejado, assim na outra ponta quando a água parar de subir ou descer do nível escolhido, achou-se o ponto desejada, diferencia-se no nível de mangueira, pois é possível utilizar com apenas uma pessoa.

i) Escantilhão: é uma haste vertical colocada nos pontos de encontro das paredes durante a fase de marcação da primeira fiada, que permite o perfeito nivelamento e prumo da parede.

j) Argamassadeira: equipamento de eixo horizontal que faz o preparo da argamassa, mais indicado que a betoneira, pois permite incorporar ar na mistura, oque acaba por melhorar as propriedades mecânicas do concreto ou argamassa.

k) Carrinho porta-argamassadeira: carrinho ergonômico que permite o transporte de massa retirado da argamassadeira, nas obras é mais comum apenas existirem os carrinhos de mão.

l) Andaime metálico: plataforma metálica montada sobre cavaletes, oque permite maior segurança no processo de construção e maior agilidade.

m) Carrinho "paleteiro": permite o transporte de até 18 blocos através dos garfos existentes em baixo.

n) Carrinho "jericão": faz o transporte de argamassa e granéis.

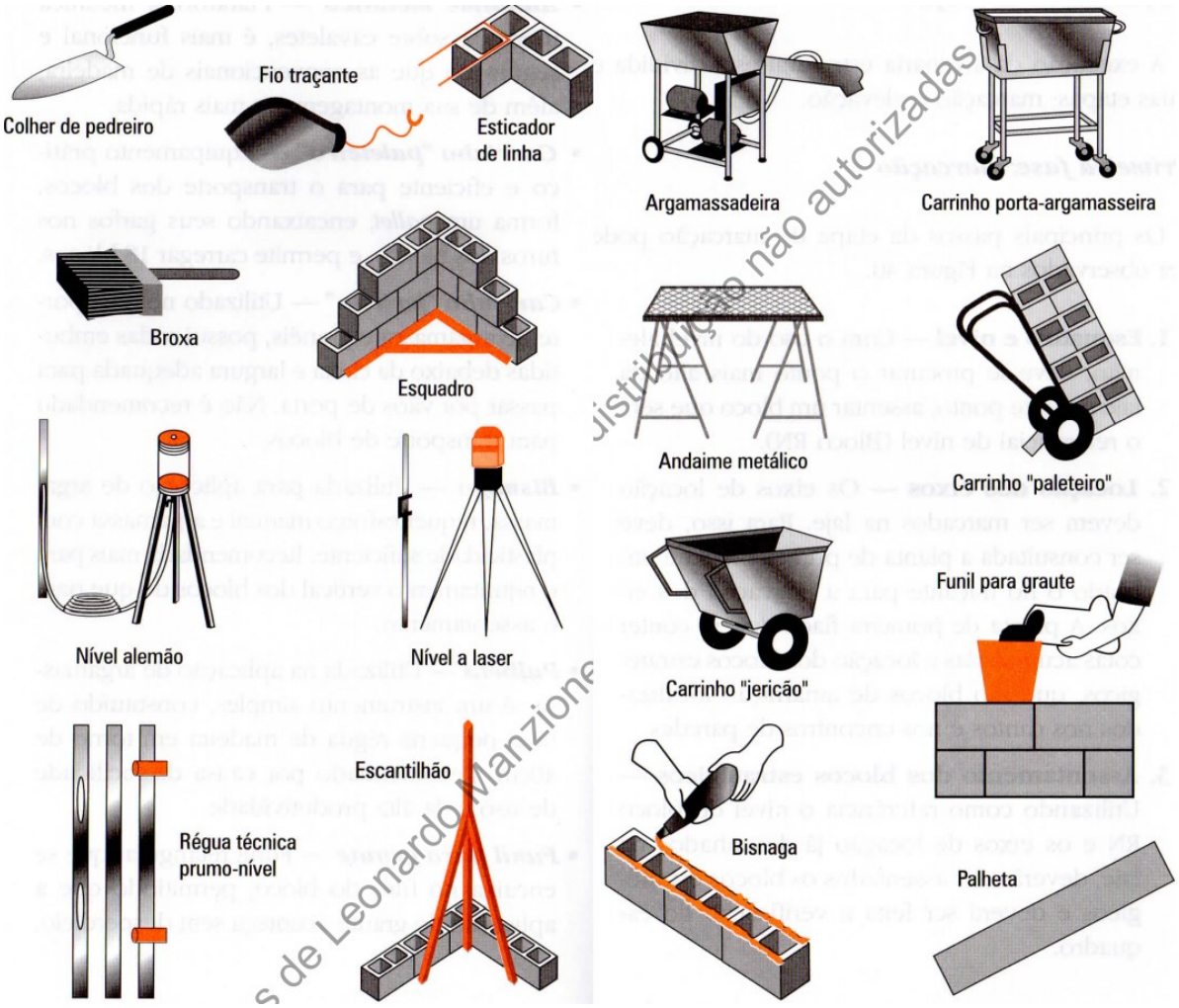
o) Bisnaga: mais viável para o preenchimento das juntas verticais, pois requer esforço para a sua aplicação, assim a palheta é preferida nas juntas horizontais.

p) Palheta: é tipo uma desempenadeira fina e de normalmente 40 centímetros de comprimento que serve para fazer as juntas horizontais dos blocos.

q) Funil para graute: funil que se encaixa no furo do bloco para que possa haver o preenchimento do graute sem desperdício.

A figura 16 mostra todas as ferramentas e equipamentos explicados anteriormente:

Figura 16 - Ferramentas e equipamentos para execução da alvenaria estrutural



Fonte: Manzione, 2004.

A sequência de execução será explicado a seguir tendo como base o manual da Associação Brasileira de Cimento Portland, e o livro de Manzione (2004). As suas etapas de construção, são divididas em duas partes: marcação e elevação.

3.1.1 Marcação

Para poder dar inicio ao processo construtivo da alvenaria estrutural a fundação deve estar pronta e o terreno em questão deve estar em boas condições de trabalho com todas as devidas marcações feitas, como a das tubulações por exemplo. Os próximos passos a serem seguidos são:

1 - Esquadro e nível: deve-se procurar o nível mais alto da laje para que a partir dai, seja locado um bloco que servirá de referencial de nível, chamado de bloco RN.

2 - Locação de eixos: utilizando a linha traçante ou o cordex, se faz a marcação dos eixos, ou seja, as paredes, vãos de portas e shafts (aberturas verticais na construção para passagem de alguma instalação, por exemplo). Prestar atenção neste momento nas instalações existentes na casa se estão de acordo com o projeto.

3 - Assentamento dos blocos estratégicos: tendo como base os eixos traçados e o bloco RN, deve ser feito a locação de blocos estratégicos, como encontros de parede, amarrações e etc.

4 - Assentamento dos blocos da primeira fiada: colocasse a linha na ponta de cada bloco, como todos os passos anteriores feitos de forma correta, isso garantirá o perfeito nivelamento e alinhamento da primeira fiada, assim deve-se estar com a superfície limpa (sem poeira outros possíveis problemas), nessa a hora a broxa será utilizada para molhar a superfície limpa, e após isso ser feito, com o auxílio da colher de pedreiro espalhasse a argamassa e posiciona o bloco obedecendo a linha.

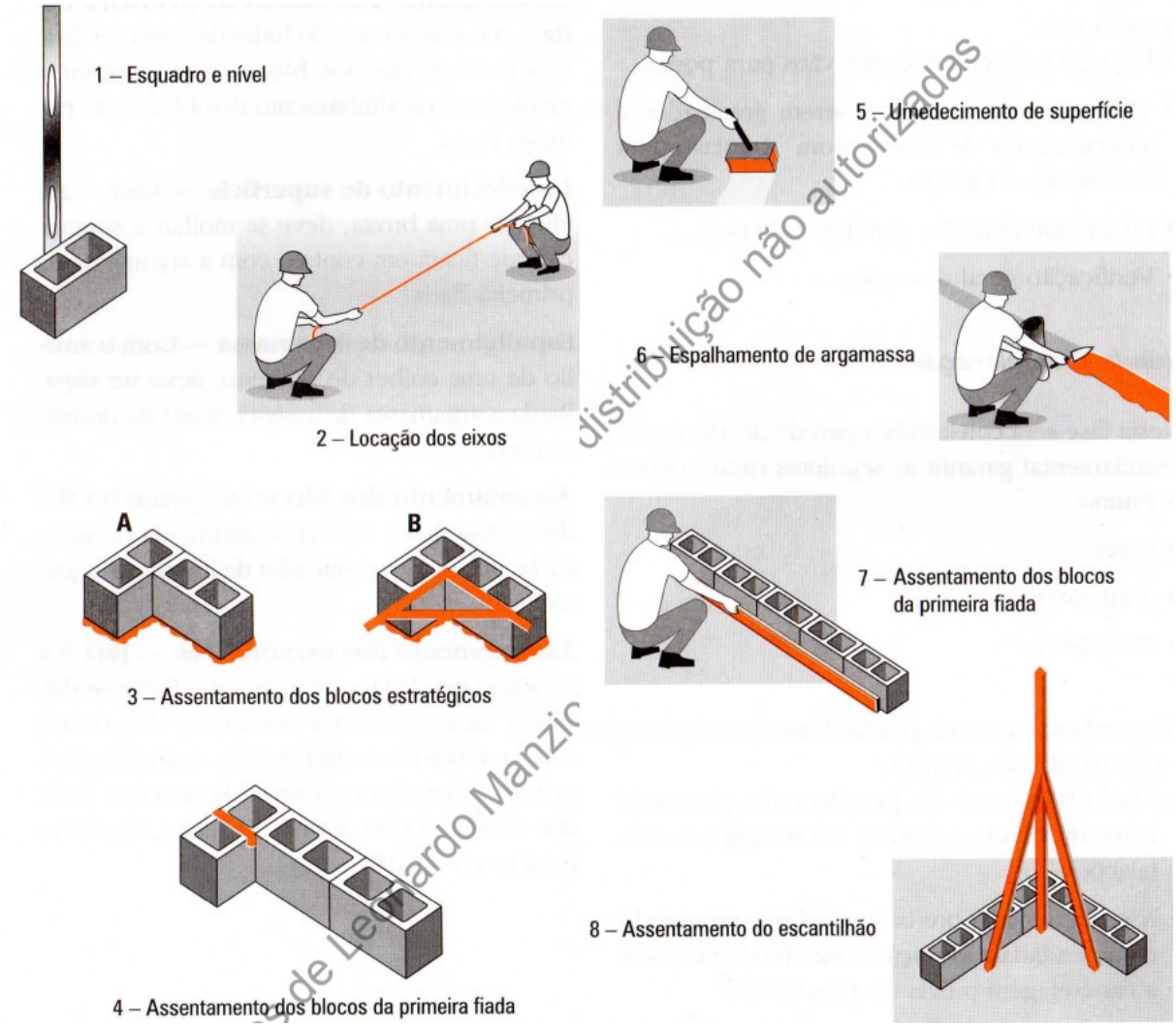
5 - Assentamento dos Escantilhões: se faz a distribuição dos escantilhões por todos os cantos onde são os pontos de encontros de paredes, e deve-se deixá-los nivelados e aprumados, marcasse o nível com a primeira fiada, garantindo assim a correta execução das próximas fiadas.

6 - Instalação dos gabaritos: faz-se a instalação dos gabaritos, que são vãos de portas e janelas de metal ou madeira, ao qual devem estar indicados no projeto a sua localização.

7 - Preparação dos blocos: fazer a preparação das caixas elétricas no bloco, ou deixar algum espaçamento para outro tipo de instalação que possa haver.

A figura 17 mostra os passos da etapa de marcação da alvenaria estrutural.

Figura 17 - Principais passos da etapa de marcação



Fonte: Manzione, 2004.

3.1.2 Levantamento

Esta etapa tem como função garantir a correta execução das paredes de alvenaria estrutural, e suas etapas são:

8 - Início do levantamento da parede: com a primeira fiada feita, a argamassa da segunda pode ser colocada com a palheta para evitar desperdício, e as faces com a colher, não se esquecendo de tirar o excesso de argamassa e de preencher as juntas verticais.

9 - Verificação: sempre estar atento ao projeto para ver se a locação dos blocos, os gabaritos, as vergas e etc., estão posicionadas de forma correta, e além desses elementos, as paredes também estão devidamente alinhadas e aprumadas.

Para que esse processo ocorra de forma correta sempre se deve prestar atenção nos projetos, a alvenaria estrutural exige projetos bem compatibilizados para que não ocorram problemas, e outros itens que também devem ser seguidos de acordo com Manzoni (2004):

a) O bloco não deve ser molhado durante a fase de levantamento, assim como o processo não poderá ocorrer debaixo da chuva.

b) Os blocos não podem ser quebrados, isso afeta a resistência da estrutura, caso haja necessidade deve-se utilizar blocos especiais para a amarração, por isso é importante a necessidade de uma modulação bem elaborada para a obra.

c) Nesse tipo de construção também são utilizadas as vergas e contravergas, aos quais devem ultrapassar os vão em 10 e 30 centímetros respectivamente.

d) Paredes que possuem função estrutural não devem ser colocadas juntas pois trabalham de forma diferente, assim para evitar patologias deve-se fazer juntas.

3.2 ALVENARIA CONVENCIONAL

Segundo Araújo (2004) e Barros (1998) o concreto armado, ou a alvenaria convencional, possui três etapas principais q são: produção das fôrmas, produção das armaduras, e concretagem. Para que se tenha uma boa produção na obra essas etapas devem ser feitas simultaneamente (produção das fôrmas e armaduras no caso), a seguir será explicado cada etapa desse tipo de alvenaria, para que seja possível entender melhor o processo construtivo que será mostrado, tendo como base os autores citados anteriormente.

3.2.1 Fôrmas

O sistema de fôrmas é um conjunto de peças que tem a função de atender os seguintes requisitos:

a) Modelagem da estrutura desejada;

b) Servir como base de apoio para que no seu interior seja posicionada a armadura e outros elementos de instalações, para que depois disso possa ser feito o enchimento com concreto até atingir a resistência definida em projeto;

c) Ser a base para que possa ser feito os processos de armação e concretagem, resistindo assim ao seu peso próprio, equipamentos, pessoas, o concreto e etc.

O sistema de formas é constituído pelos seguintes elementos:

a) Molde: é onde há o contato direto com o concreto, ou seja, é ele que dará o formato e a textura da peça estrutural desejada. Os materiais mais comuns para o seu emprego são a madeira (tabuas ou compensado) e o metal (alumínio ou aço).

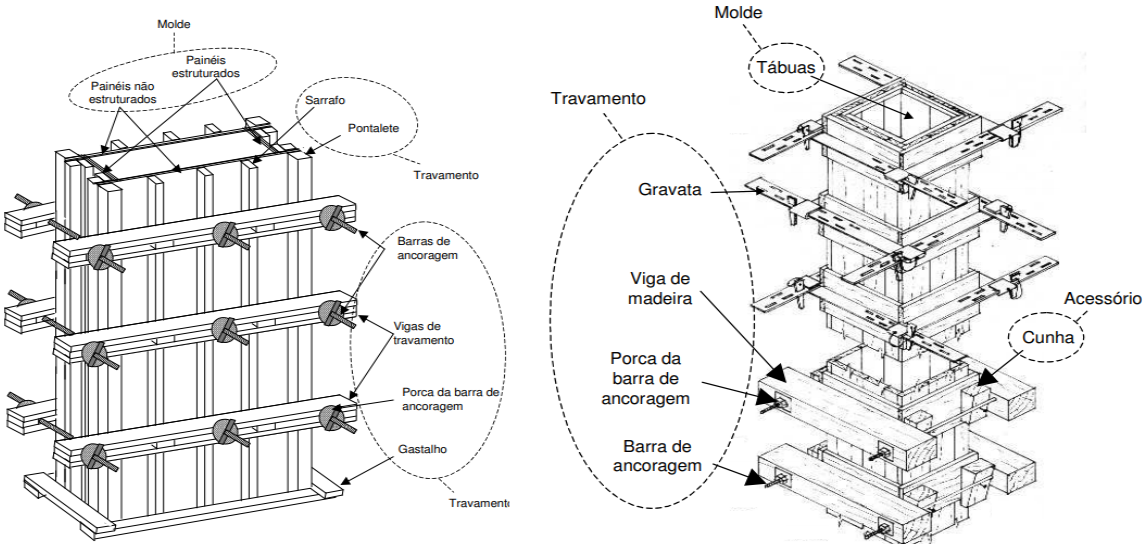
b) Estrutura do molde: faz a sustentação e o travamento do molde, e permite que não haja deformações quanto imposta cargas sobre ele. É formado por sarrafos, gravatas e travessões, geralmente feitos de madeira ou materiais metálicos.

c) Escoramento ou Cimbramento: permite o apoio de toda estrutura do molde transferindo a carga para o solo ou outra estrutura segura, a madeira ou perfis tubulares de aço são utilizados nessa etapa.

d) Acessórios: auxilia o desempenho de outras peças garantindo, por exemplo, o seu prumo, nivelamento e etc., é utilizado como material peças de metal ou cunhas de madeira.

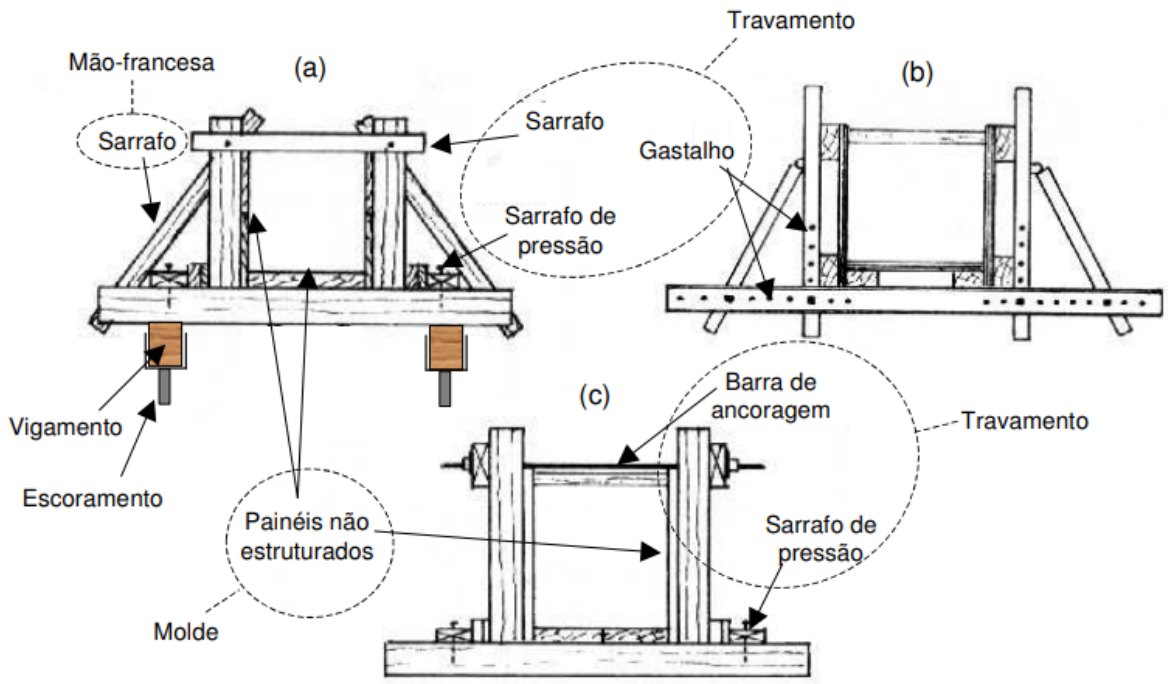
Para que se entenda como funciona o molde para que possa ser feita a estrutura desejada (laje, pilar e viga), e a função dos elementos citados, as figuras 18, 19, 20 e 21 demonstrarão como funcionam o sistema de formas:

Figura 18 - Fôrma de um pilar



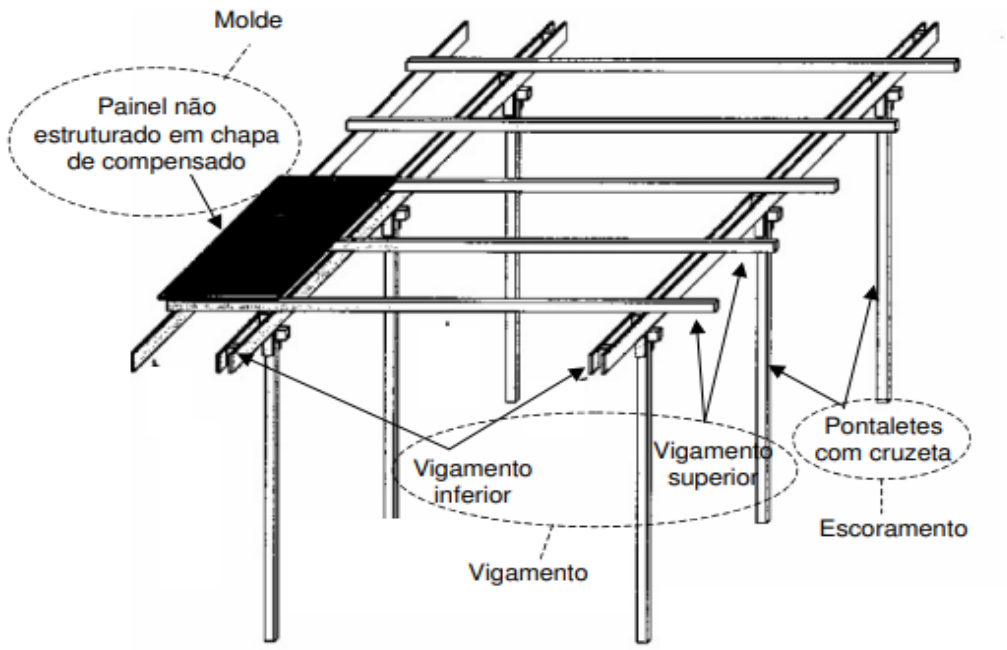
Fonte: Araújo, 2004.

Figura 19 - Fôrma de uma viga



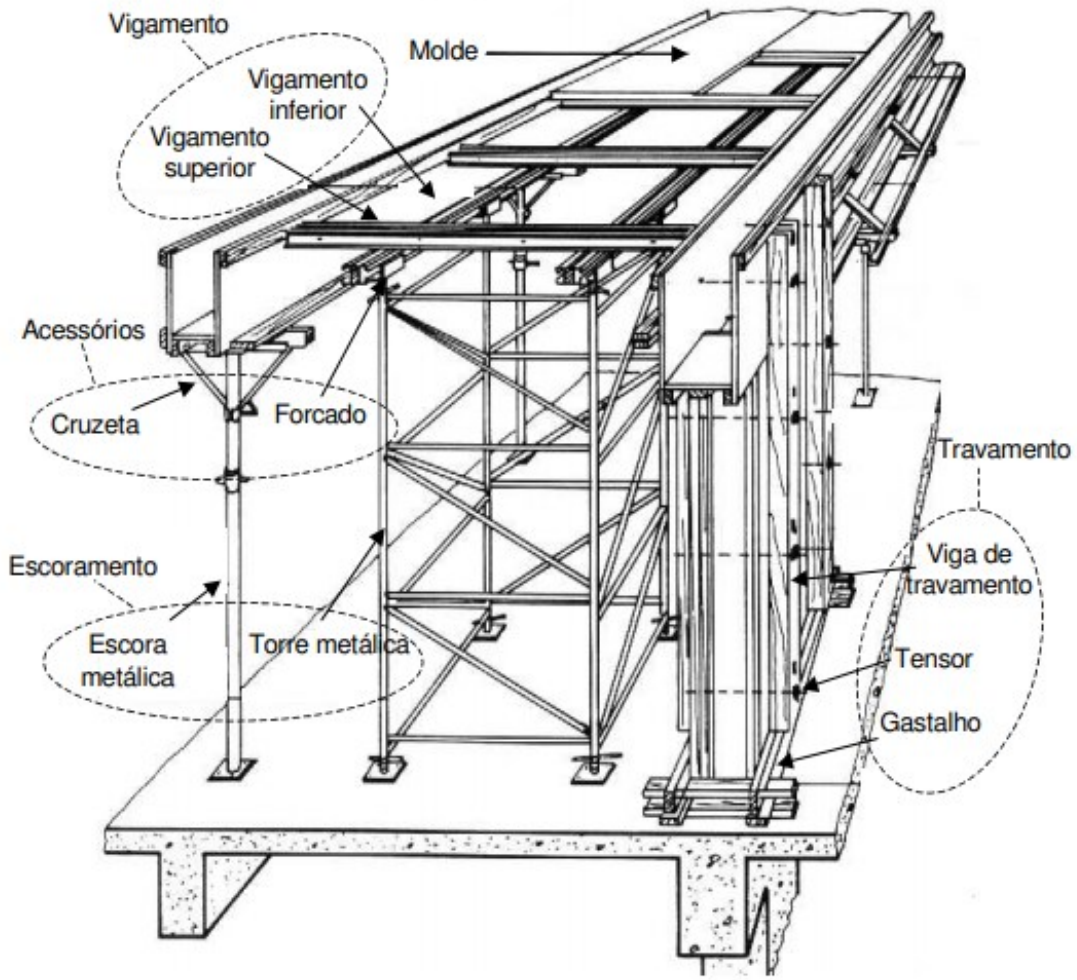
Fonte: Araújo, 2004.

Figura 20- Fôrma de uma laje



Fonte: Araújo, 2004.

Figura 21 - Sistema completo de Fôrma



Fonte: Araújo, 2004.

3.2.2 Armaduras

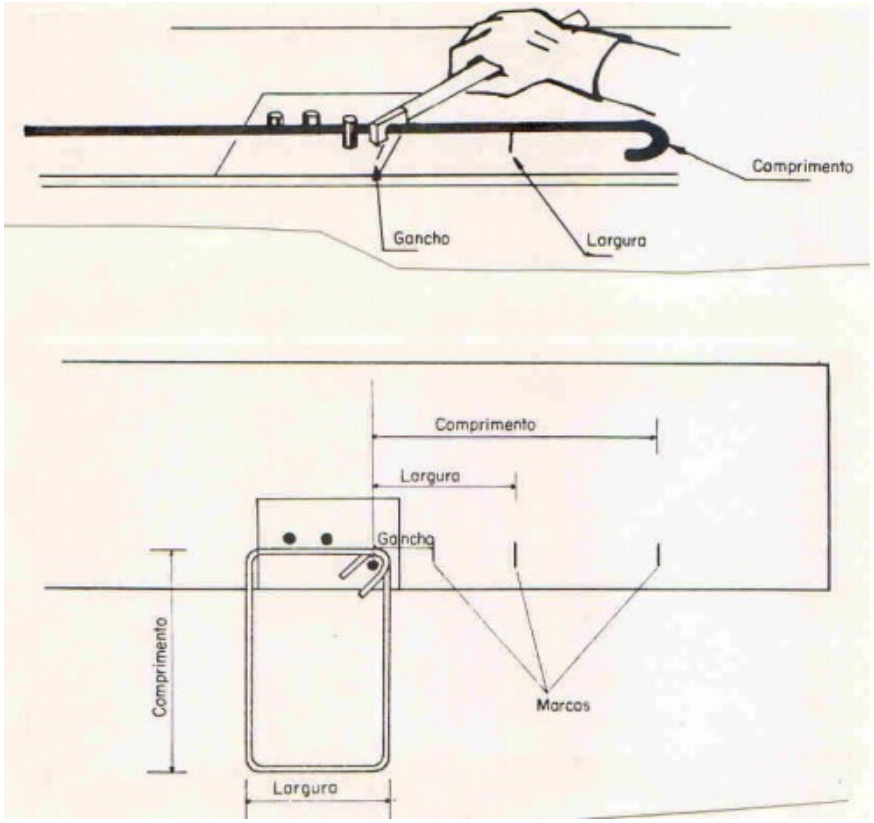
Toda obra deve ter um projeto estrutural onde faz as demonstrações dos tipos de armaduras utilizadas nas vigas, lajes e pilares, informando assim, sua bitola, posicionamento, dobras e etc. O serviço para atender essas especificações ditas em projeto fica por conta do armador da obra, que segue alguns passos para que isso aconteça, sendo eles:

1 - Corte da armadura: as barras de aço são dispostas de peças de 12 metros de comprimento, como as demais estruturas da obra não têm essas medidas fechadas, o corte de barras é necessário para que possa ser feito o seu molde.

Nessa etapa é importante ficar atento ao desperdício de material, por exemplo, um pilar com pé-direito de 3,5 metros, poderá ser feita três barras, o que resultará numa sobra de 1,5 metros, por isso deve-se adotar medidas na obra que resultem no mínimo de desperdício possível.

2 - Preparo da armadura: com todos os recortes feitos de acordo com as medidas ditas em projeto, deve-se fazer a dobra da armadura com auxílio de pinos em uma bancada de madeira ou máquina automática. Este procedimento dará formato aos estribos da estrutura. A figura 22 mostra como é o processo de fabricação de um estribo.

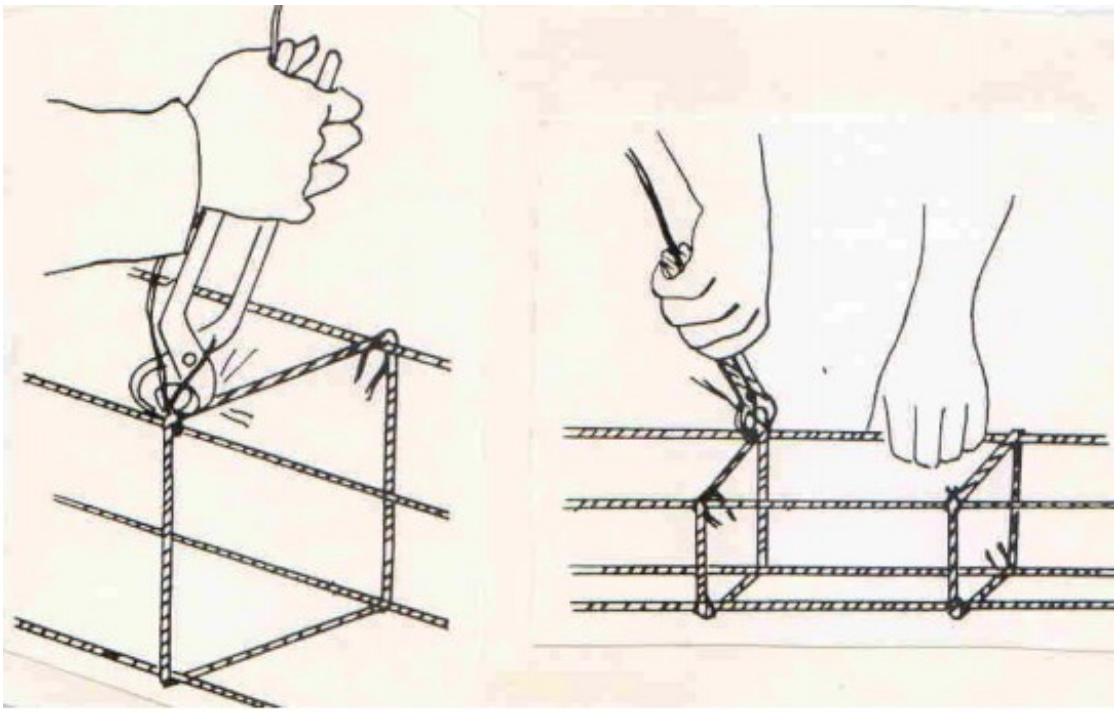
Figura 22 - Operação de dobra formando o estribo



Fonte: Barros, 1998.

3 - Montagem da armadura: para fazer a ligação das barras com os estribos deve-se utilizar arame recozido, que tem simplesmente a função de posicionar as barras de acordo com o projeto. Assim o conjunto da armadura pode ser posicionado nas formas, com a ajuda de espaçadores para garantir o cobrimento ideal. A figura 23 mostra o processo de amarração para moldagem da armadura desejada.

Figura 23 - Amarração para formação das armaduras



Fonte: Barros, 1998.

3.2.3 Concretagem

O concreto geralmente chega na obra através de caminhões, nada impedi também que seja produzido em obra, porém exigiria uma maior quantidade de funcionários e um controle mais rigoroso na sua dosagem, o que é a vantagem de se comprar concreto de empresas (usinas de concreto) pois faz todo serviço de dosagem , ou seja, o concreto chega na obra de acordo com o pedido do cliente especificado em projeto, sua aplicação tem as seguintes etapas:

1 - Lançamento: o concreto é depositado nas fôrmas com o auxílio de bombas e dos funcionários.

2 - Espalhamento: quando o concreto é lançado, deve-se espalhar ele sobre toda a estrutura com o auxílio de uma enxada ou algo do tipo.

3 - Adensamento: com a ajuda de um vibrador de imersão, retira-se o ar existente na estrutura, fazendo com que diminua a porosidade, e aumente a resistência e vida útil do concreto, deve-se tomar cuidado em não vibrar por muito tempo o mesmo local para não ocorrer a separação dos elementos do concreto.

4 - Nivelamento: na superfície da estrutura concretada, são colocados níveis para que se tenha o nível da altura desejada da laje, assim com a ajuda de um sarrafo, após os processos anteriores, nivela-se a laje tendo como base esses níveis. Após isso pode se dar acabamento à laje, usando por exemplo, a desempenadeira para dar um bom acabamento, ou simplesmente deixar como está para deixar a superfície com formato mais rugoso.

5 - Cura: fazer o processo de cura do concreto que permite o seu controle de temperatura e evita a perca de água evitando trincas na estrutura.

A figura 24 mostra o passo a passo de um processo de concretagem completo.

Figura 24 - Processo de concretagem

Fonte: Rossi (2019).

Sabendo como funcionam as principais etapas da alvenaria convencional agora é possível mostrar o seu processo construtivo, que é:

1 - Montagem das fôrmas dos pilares:

a) Locação dos pilares deve ser feita de acordo com o gabarito;

b) Os arranques devem estar limpos e posicionados de acordo com o projeto;

c) Posicionamento de três faces do pilar para que haja espaço para colocar a armadura;

d) Posicionamento da armadura de acordo com projeto;

e) Fechamento com a quarta face, sempre prestar atenção ao nível e prumo dessas faces para que o pilar não seja concretado na posição errada.

2 - Montagem de fôrmas de vigas e lajes:

a) Montagem do fundo da viga apoiada sobre escoras;

b) Posicionamento das laterais da viga levando em consideração o tamanho desejado após a desforma;

c) Posicionamento das galgas, tensores e gravatas da viga para garantir o travamento da estrutura;

d) Posicionamento das guias e do pé-direito para apoiar os painéis;

e) Posicionamento dos travessões para servir de base para os painéis;

f) Distribuição dos painéis;

g) Escoramento da estrutura;

h) Nivelamento da estrutura para liberação da colocação da armadura (armadura ainda não foi posicionada nas fôrmas).

3 - Concretagem dos pilares: com a chegada do concreto na obra, começa o seu lançamento, deve-se assim fazer o seu vibramento verificando se o mangote consegue alcançar todas as camadas do pilar para que não ocorra falhas na concretagem.

4 - Posicionamento da armadura das vigas e lajes:

a) Sempre ficar atento ao cobrimento das peças antes da colocação das armaduras, deve-se utilizar espaçadores para garantir isso;

b) Posicionamento da armadura de encontro do pilar e viga, como toda obra deveria ser, esse encontro deve estar especificado em projeto;

c) Montar a armadura na laje;

5 - Concretagem das vigas e lajes: deve-se seguir o mesmo conceito já explicado anteriormente, como a vibração e etc.

6 - Desforma: consiste em retirar o material que serviu de base para a modelagem das estruturas de concreto, para que assim possam ser reutilizadas nos próximos pavimentos fazendo todos esses processos novamente.

3.3 QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Com os processos construtivos explicados a planilha a seguir faz a sua comparação para melhor entendimento do processo.

Quadro 3 - Comparação entre os processos construtivos

ALVENARIA CONVENCIONAL	ALVENARIA ESTRUTURAL
Montagem forma dos pilares Posicionamento armadura do pilar Montagem formas vigas e lajes Posicionamento armadura vigas e lajes Concretagem Desforma * O processo de montagem da fôrma e armadura é feito simultaneamente para que haja produção, após a concretagem deve-se esperar o tempo de cura para retirada da madeira e assim reutilizar o material para o próximo pavimento.	Marcação Posicionamento dos gabaritos Levantamento das paredes com blocos de concreto * O processo já engloba a função estrutural como a de vedação, isso faz com que todos essas etapas descritas sejam feitas juntas, ou seja, a produção é muito boa com um trabalho repetitivo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS QUANTO AOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Nesta seção do trabalho será feito uma análise dos processos construtivos explicados da alvenaria estrutural e convencional em relação ao tempo, qualidade, e financeiramente.

4.1 TEMPO E QUALIDADE

Na alvenaria estrutural as fôrmas desempenham um importante papel na questão do tempo de construção da obra, pois ela é basicamente inexistente nesse processo construtivo, enquanto na alvenaria convencional o processo de produção das fôrmas para o molde das peças estruturais é o primeiro elemento a ser feito juntamente com a preparação das armaduras, processo que não acontece na alvenaria estrutural, pois não existem vigas e pilares, e sim paredes com função estrutural que através do seu processo construtivo, faz com que a sua produção seja muito maior, pois é um processo simples, que quando empregado na obra, vira uma rotina que resulta em uma boa produção e qualidade. Vale lembrar que a não utilização de formas implica muito no tempo de construção, pois além de ter que se feita a sua fabricação, não precisa esperar pelo tempo de cura para fazer a sua desforma, a alvenaria convencional tem um tempo de cura de 21 dias, só nesse fato já é possível perceber o ganho de tempo quanto a esse tipo de construção.

A alvenaria estrutural quando é feito um bom estudo, tem a modulação como um ponto positivo, pois permite assim o bom aproveitando das vantagens que esse tipo de construção tem a oferecer, causando o mínimo de desperdício possível, não gerando entulho, o que no concreto armado o desperdício e muito grande por conta dos rasgos que devem ser feitos na estrutura para passagem das instalações.

A alvenaria convencional necessita de chapisco em toda a estrutura para a execução do reboco, no caso da alvenaria estrutural existe um método mais econômico, e que é possível ser feito pela boa qualidade que os blocos são levantados, assim, ao invés de fazer todo o chapisco na obra, se faz uma camada de gesso no lugar do reboco por assim dizer e já se aplica a pintura, ficando com uma boa qualidade com o uso de menos material e tempo, claro que nas áreas de azulejos deve ser chapiscado para ter aderência, e até nisso a alvenaria estrutural tem um

ponto positivo ao seu favor, pois como a parede está bem feita, diminui o número de cortes das peças, diminuindo o desperdício e tendo uma qualidade maior de acabamento.

A alvenaria convencional para se ter a construção completa, é dividida em duas partes, a estrutura e a vedação, já a alvenaria estrutural possui as duas partes juntas no mesmo processo construtivo, isso faz com que uma equipe menor de funcionários consiga dar uma produção maior, pois elimina etapas do processo como se está acostumado a ver, como as formas e armaduras por exemplo.

4.2 ECONOMICAMENTE

Segundo Ramalho e Côrrea (2003) as principais diferenças econômicas da alvenaria estrutural quando compara com a alvenaria convencional (concreto armado) são:

a) Economia de fôrmas;

b) Não há presença de elementos estruturais como os pilares e as vigas;

c) Redução da aplicação de revestimentos;

d) Redução do número de funcionários, como os carpinteiros e armadores.

Segundo Kageyama (2009) com a alvenaria estrutural é possível fazer uma economia de 10 a 30% do custo total da obra quanto comparado com a alvenaria convencional. E isso ocorre por conta da diferença entre esses processos construtivos, ou seja, a alvenaria estrutural permite uma grande economia na obra por não precisar tanto do uso de aço, concreto e formas na sua construção, oque segundo Barros (1998) significa 4,4%, 4,9%, e 9,7% do custo total de uma obra de concreto armado.

As unidades utilizadas na alvenaria estrutural são mais caras do que a de vedação da alvenaria convencional, isso acontece porque elas têm função estrutural junto com a de vedação, isso permite que se tenha uma melhor produção da estrutura, pois no concreto armado se deve ter uma grande equipe realizando diferentes etapas ao mesmo tempo, que no caso seria a confecção das armaduras e das formas, para depois de todos esses processos serem feito a concretagem.

O concreto armado tem muito desperdício de material, pois para a passagem das instalações devem ser feitos rasgos na estrutura, isso significa dinheiro sendo jogado fora, o que no outro processo é possível fazer uma melhor compatibilização pelos próprios espaços dos blocos.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo mostrar os elementos da alvenaria estrutural e do concreto armado, assim como os seus processos construtivos, para que possa ser feito uma comparação entre os sistemas levando em consideração o tempo, economia e qualidade.

A alvenaria estrutural mostrou que é um processo mais viável do que o concreto armado, isso acontece por causa do alguns fatores:

a) Desperdício: os vazios das unidades utilizadas para o levantamento das paredes permite que as instalações sejam passadas por ali, o que não acontece no outro método, que deve ser feito rasgos na parede o que gera muito entulho.

b) Produção: as unidades (blocos de concreto) utilizadas tem a função estrutural e de vedação, a sua produção acaba sendo muito grande, pois não precisa ser feito fôrmas, armaduras e concretagem (não tendo assim que esperar o tempo de cura do concreto).

c) Economia: Os blocos de concreto ou a mão de obra serem mais caros do que a convencional suprem com folga a economia que trás no valor global da obra, o aço, a madeira e o concreto são itens muito caros, o que quando se faz levantamento de custo há um diferença de 10% a 30%.

Porém não se pode pensar que a alvenaria estrutural é um sistema que possa ser utilizado em qualquer meio, ela tem seus defeitos como, não ser possível fazer a mudança arquitetônica da obra, ter um limite de pavimentos a serem construídos (se torna inviável economicamente por conta dos reforços que devem ser feitos), falta de mão de obra especializada.

Mas para construções de pequeno porte, como do padrão minha casa minha vida, esse método é muito eficiente, e deve ser mais utilizados no dia a dia da construção, na região da grande Florianópolis, geralmente grandes empresas utilizam esse método, enquanto os pequenos construtores usam a alvenaria convencional, talvez por comodismo ou por falta de informação, através desse trabalho espera-se que possa ser possível mostrar aos construtores da região que a alvenaria estrutural é um método que possa ser utilizado gerando diversas vantagens no dia a dia.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Com base na elaboração deste estudo de caso sugere-se alguns temas que possam complementar este trabalho e eles são:

a) Fazer o levantamento dos materiais utilizados nos processos construtivos em obras padrão minha casa minha vida, assim como os seus custos para comparação entre eles.

b) Fazer o levantamento de dados (materiais, custos e etc.) de obras já construídas em ambos os processos construtivos, para que se faça uma comparação real das diferenças entre os processos.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, Metodologia de Execução – Passo a Passo para Construir Alvenarias de Blocos Vazados de Concreto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15961-1 Alvenaria estrutural — Blocos de concreto. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Parte 1: Blocos e tijolos para alvenaria — Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ARAÚJO, José Milton de. Curso de concreto armado. Editora Dunas, Rio Grande do Sul, volume 1, 2003.

ALVENARIA estrutural. Comunidade da Construção, 2019. Disponível em: <http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

ARAÚJO, Luis Otávio Cocito de; FREIRE, T. M. Tecnologia e Gestão de Sistemas Construtivos de Edifícios. Apostila da Disciplina de Tecnologia de Produção de Edificações em Concreto Armado, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6136 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
RECENA, F. A. P. Conhecendo argamassa. Edipucrs, 2007.

BASTOS, P. S. S. Fundamentos do concreto armado. Universidade Estadual Paulista, UNESP. Bauru, Abril de 2019.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura de; MELHADO, Silvio Burrattino. Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios. 1998.

CAMACHO, Jefferson Sidney. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Ilha Solteira, SP, 2006.

DA SILVA PEREIRA, Thaís et al. Estudo Comparativo Entre Alvenaria Estrutural e Alvenaria de Vedação Comum. Blucher Engineering Proceedings, v. 1, n. 3, p. 25-26, 2014.

DE OLIVEIRA, Quésia Klem Horsts. SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL. Faculdade de Ciências gerenciais de Munhuaçu, 2016.

DUARTE, R. B. Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural. Porto Alegre: Associação Nacional da Indústria Cerâmica. 1999.

EDIFÍCIO Joseph Gire. Wikipédia, 12 de abril de 2019. Disponível em < https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Ff%2Ff7%2FEdificioANoite.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fpt.wikipedia.org%2Fwiki%2FEdif%25C3%25ADcio_Joseph_Gire&docid=11ABtpjlZHIrcM&tbnid=UzcpeCHmaNwydM%3A&vet=10ahUKEwjHteiXoNblAhWNIrkGHWsqBkwQMwhMKAAwAA..i&w=1461&h=1866&bih=625&biw=1366&q=Edificio%20A%20noite%20&ved=0ahUKEwjHteiXoNblAhWNIrkGHWsqBkwQMwhMKAAwAA&iact=mrc&uact=8>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

EDIFÍCIO Martinelli. Wikipédia, 9 de novembro de 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio_Martinelli>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

ELEVAÇÃO da alvenaria estrutural. O que é?. Universidade TRISUL, 2017. Disponível em <http://www.universidadetrisul.com.br/fases-de-obra/alvenaria/elevacao-da-alvenaria>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

ESTRUTURA de Concreto Armado. Edifique, 2019. Disponível em: <http://www.edifique.arq.br/estconcr.htm>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

GWYTHER-JONES, Michael. The Roman Aqueduct of Pont du Gard. Ancient History Encyclopedia, 26 de abril de 2012. Disponível em: <https://www.ancient.eu/image/125/the-roman-aqueduct-of-pont-du-gard/>. Acesso em: 5 de outubro de 2019.

INGALLS Building. Wikipédia, 28 de agosto de 2019. Disponível em: < https://en.wikipedia.org/wiki/Ingalls_Building>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

JÚNIOR, T. F. S. Estruturas de Concreto Armado. Universidade Federal de Lavras.

KATO, Ricardo Bentes. Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta. 2002.

KAGEYAMA, T.; KISHI, S.; MEIRELLES, C. R. M. As interferências do processo construtivo da alvenaria estrutural na redução dos custos na construção arquitetônica. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, São Paulo, v.6, n. 6-10, p. 44-64, 2009.

KAEFER, Luís Fernando. A evolução do concreto armado. São Paulo, v. 43, 1998.
MANZIONE, L. Projeto e Execução de Alvenaria Estrutural. São Paulo: Ed. O Nome da Rosa, 2004.

LIMA, Tomás. Vale a pena utilizar a alvenaria estrutural?. Sienge Plataforma, 2019. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

MICHELS, Verônica Luiza. Estudo de caso-comparativo dos custos diretos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e de concreto. UNESC, 2016.

MONADNOCK, Building. The Skyscraper Center, novembro 2013. Disponível em: <http://www.skyscrapercenter.com/chicago/monadnock-building/9073>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

MONTEIRO, José Márcio F.; NOGUEIRA, Thiago JBP; HEINECK, Luiz Fernando M. A alvenaria estrutural como um processo construtivo potencialmente enxuto-uma visão a partir do LeanConstruction. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construtivo, v. 13.

NAVARRO, Roberto. Quantas pessoas foram necessárias para fazer a Muralha da China?, 2011. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quantas-pessoas-foram-necessarias-para-fazer-a-muralha-da-china/>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

NEVILLE, Adam M. Propriedades do concreto. Copyright Editora Pini Ltda. São Paulo, 1997.

PANTEON-roma. Wikipédia, 2011. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Panteon-roma-2011.JPG>. Acesso em: 5 de outubro de 2019.

PIRÂMIDES de Gize. Minube, 2007. Disponível em: <https://www.minube.com.br/sitio-preferido/piramides-de-gize-a185>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

PENTEADO, A. F. Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PETRUCCI, Eladio Geraldo Requião. Concreto de cimento Portland–13ª edição. São Paulo: Globo, 1998.
RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R.S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003.

ROMAN, H. R.; MUTTI, N. C.; ARAÚJO, H. N. Construindo em alvenaria estrutural. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1999.

ROSSI Fabrício. Dia de Concretagem, Passo a Passo!. Pedreirão Macetes de Construção, 2019. Disponível em: <https://pedreirao.com.br/dia-de-concretagem-passo-a-passo/>. Acesso em: 21 de Outubro de 2019.

SALGADO, Julio Cesar Pereira. Técnicas e práticas construtivas para edificação. 2. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2011.

SOUZA, Mairyanne Silva Silveira et al. Análise comparativa entre o método de construção em alvenaria estrutural e o sistema convencional em concreto armado.

VASCONCELOS, Yuri. O que foi o Coliseu de Roma?. Super Interessante, 18 de abril de 2011. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-foi-o-coliseu-de-roma/>. Acesso em: 5 de outubro de 2019.