UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CAMPUS ALTO PARAOPEBA

DEIVID PORTES BISSIATE

ALVENARIA ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

OURO BRANCO-MG
NOVEMBRO-2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CAMPUS ALTO PARAOPEBA

DEIVID PORTES BISSIATE

ALVENARIA ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Mariana Arruda Pereira

OURO BRANCO-MG
NOVEMBRO-2021

DEIVID PORTES BISSIATE

ALVENARIA ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 09 / 11 / 2021

COMISSÃO EXAMINADORA:

_____

Mariana Arruda Pereira
Professora orientadora de TCC

_____

Leandro Neves Duarte
Professor da Engenharia Civil da UFSJ

_____

Ana Amélia Oliveira Mazon
Professora da Engenharia Civil da UFSJ

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade presenteada, sua proteção diária no canteiro de obras e a sabedoria ofertada durante toda a formação.

Agradecer também aos meus pais pela eficiência nas palavras, sempre incentivando e ensinando a correr atrás de todos os meus objetivos. Obrigado Pai e Mãe pelo comprometimento na minha formação acadêmica e por terem sonhado comigo todos os objetivos alcançados e vários outros, que com dedicação, todos serão efetivados.

Agradeço também as minhas Irmãs Deisy e Daiane pelo apoio diário e carinho ofertado, suas palavras e gestos fizeram com que eu chegasse até aqui e me dão forças para seguir fazendo com que eu consiga vencer mais uma etapa da minha vida.

Agradeço também ao meu Primo Diego pelo incentivo e preocupação, sempre me apoiando e torcendo para que eu cumpra essa jornada da melhor maneira, caminhando honestamente e me ensinado que o comprometimento na profissão é o ponto crucial para obter êxodo na jornada que irá se iniciar.

A minha Prima Cristiane pelas palavras de incentivo e por estar sempre me auxiliando, obrigado por toda preocupação e por todos os sonhos que foram construídos juntos.

Aos meus Tios e Tias agradeço pelo apoio mútuo, obrigado por sempre estarem presentes e por aplaudirem a cada etapa conquistada.

Enfim, a todos os familiares e amigos, são graças a vocês que tudo esta se tornando realidade. Somente com a presença de cada um que os alcances se tornam, especiais e gratificantes. Devo tudo a vocês!

O Meu muito Obrigado!

EPÍGRAFE

"A conquista é um acaso que talvez dependa mais das falhas dos vencidos do que do gênio do vencedor."

(Madame de Staël)

RESUMO

O sistema construtivo em alvenaria estrutural vem ganhando cada vez mais espaço nos canteiros de obras. Esse método construtivo possibilita agilidade, economia e eficiência na execução. Para que haja o alcance desses fatores positivos o ponto crucial é a realização de um bom projeto, sendo possível alcançar as inúmeras vantagens que esse sistema oferece. A alvenaria estrutural quando comparado ao sistema construtivo convencional apresenta consideráveis vantagens, no critério de tempo e custo.

Os blocos estruturais a serem utilizados devem seguir todos os parâmetros de projeto, onde a resistência estabelecida deverá ser garantida pela empresa responsável pela fabricação, sendo de suma importância o fornecimento de laudos técnicos que atestem a resistência deles.

No momento da execução é imprescindível que a equipe contratada seja especializada, pois como esse sistema integra apenas assentamentos de blocos, implica na realização de um trabalho manual aprimorado, visto que os próprios blocos serão os elementos estruturais da edificação.

Neste trabalho será possível observar através de pesquisas bibliográficas, as características, a eficácia, a viabilidade do sistema em alvenaria autoportante e, compreender o motivo pela qual, muitos empreendedores serem adeptos a essa metodologia construtiva.

Palavras –chave: Alvenaria Estrutural, Sistema construtivo, Agilidade, Profissionais capacitados.

ABSTRACT

The structural masonry construction system has been gaining more and more space on construction sites. This constructive method allows for agility, economy, and efficiency in execution. To achieve these positive factors, the crucial point is to carry out a good project, making it possible to achieve the numerous advantages that this system offers. Structural masonry, when compared to the conventional construction system, presents considerable advantages, in terms of time and cost.

The structural blocks to be used must follow all the design parameters, where the resistance established must be guaranteed by the company responsible for the manufacture, being of paramount importance the provision of technical reports that attest to their resistance.

At the time of execution, it is essential that the contracted team is specialized, as this system only integrates block settlements, it implies the performance of improved manual work since the blocks themselves will be the structural elements of the building.

In this work, it will be possible to observe, through bibliographical research, the characteristics, effectiveness, and viability of the system is self-supporting masonry. And, understand why many entrepreneurs are adept at this constructive methodology.

Key words: Structural Masonry , Constructive System, Agility, Capable professionals.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 Objetivos 13
2 REVISÃO DE LITERATURA 15
Considerações Iniciais 15
2.1 Sistema Construtivo 16
2.1.1 Alvenaria Convencional 16
2.1.2 Alvenaria Estrutural 18
2.2 Normas Brasileiras Aplicáveis a Alvenaria Estrutural 20
2.3 Projeto 21
2.4 Modulação 23
2.4.1 Objetivos da Coordenação Modular 24
2.4.2 Primeira e Segunda Fiada 28
2.5 Paginação 29
2.6 Tipos de Parede 30
2.6.1 Paredes de Contraventamento 31
2.6.2 Paredes Enrijecedoras 31
2.7 Projeto Elétrico 32
2.8 Projeto Hidráulico 33
2.9 Elementos da Alvenaria Estrutural 34
2.9.1 Blocos Estruturais 34
2.9.2 Blocos de Concreto 35
2.9.3 Particularidades Geométricas dos Blocos de Concreto 36
2.9.4 Particularidade mecânica e física dos Blocos de Concreto 37
2.9.5 Argamassas de Assentamento 38
2.9.6 Graute 40
2.9.7 Armadura 42
2.10 Ferramentas Aplicáveis na Alvenaria Estrutural 43
2.11 Verificações importantes 45
2.12 Vistorias de Qualidade 47

3 RESULTADOS 48
4 CONCLUSÕES 49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria Convencional 17
Figura 2 - Alvenaria Estrutural 18
Figura 3 - Projeto elaborado para o sistema em Alvenaria Estrutural 22
Figura 4 - Família 29 e Família 39 do bloco estrutural de concreto 23
Figura 5 - Coordenação modular 25
Figura 6 - Amarração de Alvenaria – Modulação 15 26
Figura 7 - Exemplo de Amarração de paredes para a família 39 (Módulo 20) 27
Figura 8 - Amarração em "L" e em "T"- Primeira e segunda fiada 28
Figura 9 - Primeira e Segunda Fiada em blocos estruturais 29
Figura 10 - Paginação (Elevação) 30
Figura 11 - Passagem das mangueiras – Parte elétrica 32
Figura 12 - Utilização de Shaft nas edificações 34
Figura 13 - Equipamento onde são moldados os blocos de concreto 36
Figura 14 - Aplicação do Graute na Alvenaria Estrutural 42
Figura 15 - Armadura presente no sistema construtivo em Alvenaria Estrutural 43
Figura 16 – Demonstração de Prismas de três e dois blocos 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens 19
Tabela 2 – Tipos de métodos construtivos da Alvenaria Autoportante 21
Tabela 3 - Dimensões Nominais..... 37
Tabela 4 – Características dos blocos de concreto 38
Tabela 5 – Exigências Mecânicas para Argamassa de Assentamento..... 40
Tabela 6 – Características do Modelo Construtivo 48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

F_{CK} - Resistência do concreto

MPa - Mega Pascal

NBR - Norma Brasileira

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é uma metodologia construtiva, sendo que a sua característica principal é o modo em que a edificação é sustentada, onde a estabilidade é advinda dos blocos assentados.

Para Rodrigues (2018), esse processo construtivo, no qual as paredes desempenham o papel estrutural, ou seja, são autoportantes, tal peculiaridade se torna possível devido às fábricas de blocos produzirem o material conforme recomendações dos projetistas, a resistência estabelecida em projeto deverá ser obedecida em todas as etapas da execução.

As paredes produzidas por estes blocos serão as responsáveis por transmitir as cargas da edificação até a fundação, tornando-se possível o egresso dos elementos estruturais, como vigas e pilares, por exemplo, sendo que, no modelo construtivo convencional as paredes exercem o papel de vedação.

Segundo Araújo (2009), na alvenaria estrutural o fator resistência dá-se exclusivamente pelas paredes, podendo ser compostos por blocos cerâmicos ou blocos de concreto, ambos com grande capacidade de resistência à compressão.

De acordo com Rodrigues (2018), no setor da construção civil contemporâneo o método de alvenaria estrutural tem conquistado cada vez mais espaço, devido à eficiência, economia, agilidade e qualidade; fatores pertinentes em todas as obras.

Também é importante salientar que a alvenaria estrutural possui algumas particularidades, por isso, a importância dos profissionais envolvidos fazerem um estudo minucioso a cerca do projeto, analisando todos os pontos, sendo eles positivos ou negativos, para assim definir de maneira assertiva o método a ser empregado no momento da execução.

1.1 Objetivos

Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho é avaliar com base em referências bibliográficas, a eficiência e a viabilidade do modelo construtivo em alvenaria estrutural, de modo a evidenciar, peculiaridades do sistema e explanar as características que a diferem do modelo construtivo convencional.

Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral, citam-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural;
- Evidenciar os tipos de alvenaria estrutural, armada, parcialmente armada e a não armada;
- Demonstrar as propriedades da matéria-prima;
- Caracterização da argamassa;
- Exibir as ferramentas aplicáveis no sistema de alvenaria autoportante.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Considerações Iniciais

Alvenaria estrutural compreende-se pelo assentamento de blocos, sejam eles, cerâmicos ou de concreto, que por sua vez desempenham o papel estrutural da edificação. As paredes construídas irão desempenhar um duplo papel, vedação e o de recebimento das cargas advindas do empreendimento, sejam cargas permanentes ou variáveis.

De acordo com Franco (2004), a alvenaria estrutural consiste em um processo produtivo que se caracteriza pelo uso de paredes como principal estrutura de suporte do edifício, dimensionadas através de cálculo racional.

No setor da construção da atualidade a metodologia de construção em alvenaria estrutural vem sendo cada vez mais comum, pelo fato deste sistema propiciar agilidade e economia de recursos. A execução desta metodologia é muito utilizada em setores comerciais e conjuntos habitacionais.

Segundo Franco (2004), entende-se que a alvenaria estrutural é um processo construtivo de segurança determinada, com grande potencial de racionalização e de grande simplicidade de organização e execução do processo.

Para Rodrigues (2018), um projeto de excelência é primordial que os profissionais responsáveis pelo desenvolvimento do projeto estejam ligados em raciocínio, onde o arquiteto e urbanista desenvolva seu trabalho visando conforto, comodidade e a funcionalidade do ambiente. O engenheiro civil responsável pelos cálculos estruturais desempenhará a função de seguimento do projeto arquitetônico.

2.1 Sistema Construtivo

De acordo com a definição de Camacho (2001)[1] apud Pastro (2007), sistema construtivo: é um "processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo."

Analisando tal definição observa-se que em um processo construtivo englobam-se diversos elementos, todos unidos em um mesmo filtro de raciocínio, com um único objetivo, obter um resultado aceitável.

> Dentre os sistemas, existe o convencional, mais usado em residências uni familiares de médio e alto padrão que consiste em vigas e pilares de concreto armado, alvenarias de vedação com blocos de concreto ou cerâmico sem função estrutural, a construção pré-fabricada em concreto armado ou estrutura metálica, que é bem usado em galpões, indústrias etc. O sistema consiste em fabricar os elementos estruturais (vigas, pilares, lajes, etc.) na empresa fabricante com toda sua tecnologia e transportar os elementos para a obra, montando-a também com tecnologia e prática, geralmente com vãos e alturas consideráveis. A alvenaria estrutural é muito utilizada em construções verticais com pavimentos tipo e repetições de layout, pois a alvenaria é a peça fundamental. Ao mesmo tempo em que é um elemento de vedação é o elemento estrutural do prédio, assim sendo o prédio que tem seus pavimentos tipo é um item muito favorável para a estabilidade da estrutura, aplicando, assim, sua carga sempre verticalmente em um ponto em comum. (Pastro, 2007)

2.1.1 Alvenaria Convencional

A alvenaria convencional tem como principal função dentro do sistema construtivo convencional a vedação dos ambientes. As cargas presentes nas edificações serão absorvidas pelas vigas e pilares, onde serão distribuídas até a fundação. Portanto, na alvenaria convencional os blocos de vedação não desempenham nenhuma atividade estrutural como ilustrado na Figura 1, podendo ser retirado sem que cause nenhum dano à estrutura.

São denominadas de alvenaria de vedação "as montagens de elementos destinados às separações de ambientes. São consideradas apenas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas", sendo necessários "cuidados básicos para o seu dimensionamento e estabilidade" (Barros, 2009).

Figura 1 - Alvenaria Convencional

Fonte: Arco Consultoria (2020)

As principais vantagens da utilização deste modelo (UNAMA, 2009) são:

- Os materiais podem ser encontrados em qualquer loja de construção;
- Custo relativamente barato;
- Grande disponibilidade de mão de obra;
- Aceita por todas as modalidades de financiamento imobiliário.

No entanto, como todo sistema construtivo, existem algumas desvantagens (UNAMA, 2009):

- Tempo alto de construção;
- Possibilidade de surgimento de patologias como trincas e fissuras, após concluída a edificação;
- A edificação pode ficar com paredes tortas ou fora de esquadro;
- Grande utilização de madeiramento para pilares, vigas, vergas e lajes;
- Alta geração de entulho.

2.1.2 Alvenaria Estrutural

"A alvenaria estrutural é definida como um processo construtivo em que as paredes são elementos resistentes compostos por blocos, unidos por juntas de argamassa capazes de resistir a outras cargas, além do seu peso próprio." (Penteado, 2003; Cavalheiro, 2006). Esse sistema construtivo é utilizado desde a antiguidade, no entanto hoje ela consegue atingir uma agilidade na execução e, quando projetada com uma visão sistêmica do processo, alcança grandes economias.

Neste sistema construtivo é utilizado paredes em bloco de concreto ou cerâmico, porém as paredes exercem uma funcionalidade além da vedação, a mesma é encarregada por receber e distribuir as cargas da edificação e lança-las uniformemente na fundação, como mostra a Figura 2.

Para Rodrigues (2018) as paredes estruturais devem apresentar as seguintes funcionalidades:

- Resistir às cargas de peso próprio;
- Resistir às cargas de uso e ocupação;
- Suportar às cargas advindas do vento;
- Apresentar desempenho satisfatório a ação do fogo;
- Possuir isolamento de acústica e isolamento térmico nos ambientes;
- Fornecer estanqueidade à água do ar e de chuva.

Figura 2 - Alvenaria Estrutural

Fonte: Melo (2020)

A Tabela 1 apresenta as vantagens e desvantagens do sistema em alvenaria estrutural.

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta velocidade construtiva	Dificuldade na superação de grandes vãos
Redução de custos com mão de obra	Não aplicáveis em balanços estruturais
Menor gasto com reboco	Não pode ser alterada a estrutura planejada pelos projetos de arquitetura e engenharia
Facilidade no assentamento do revestimento cerâmico	Sem improvisação
Permite um melhor planejamento da obra	É um sistema que demanda mão de obra qualificada
Criação de projetos modernos e elegantes	
Coordenação e execução simplificada	
Liberdade na concepção do projeto arquitetônico	

Fonte: Adaptado de Tavares (2011)

2.2 Normas Brasileiras aplicáveis a Alvenaria Estrutural

Segundo Rodrigues (2018), para a execução de um projeto em alvenaria estrutural de blocos de concreto ou cerâmico o controle de componentes da mistura e a especificação dos materiais são estabelecidos e padronizados em normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

- Componentes Cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos – NBR 15270-1.
- Componentes Cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos – NBR 15270-2.
- Componentes Cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio – NBR 15270-3.
- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência – NBR 13276.
- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água – NBR 13277.
- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade da massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278.
- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279.
- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido – NBR 13280. Rio de Janeiro, 2005.
- Ensaio à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto – NBR 5739.
- Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento– NBR 14321.
- Paredes de alvenaria estrutural – Ensaio à compressão simples – NBR 8949.
- Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos – NBR 15812-1.
- Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras– NBR 15812-2.

2.3 Projeto

Segundo (Rauber, 2005; Rodrigues, 2018), no projeto, deve-se buscar a maximização da eficiência e desempenho através do emprego de todos os recursos técnicos possíveis. Na fase preliminar do projeto é de suma importância analisar qual modelo estrutural será adotado, o projeto arquitetônico será crucial, por isso quando se encomenda um projeto arquitetônico é importante salientar ao profissional qual método construtivo será empenhado, podendo ser o modelo convencional ou em alvenaria estrutural.

A alvenaria estrutural possui algumas restrições, sendo que as próprias paredes serão a sustentação da edificação. O responsável pela execução do projeto arquitetônico terá que ter a qualificação e a visão de como proceder nas áreas, visto que, este modelo não permite a presença de grandes vãos, por exemplo.

De acordo com Schmitz e Martins (2017) uma característica peculiar da alvenaria estrutural é que em construções de múltiplos pavimentos, as paredes dos andares sobrejacentes devem estar apoiadas nas paredes dos andares subjacentes, buscando arranjos do tipo "parede sobre parede". Logo, observa-se que a atuação do arquiteto sobre o projeto será o que irá definir o grau de construtibilidade e o desempenho do edifício.

Camacho (2006)[1] apud Mendonça (2017) expõe, a alvenaria estrutural pode ser considerada quanto ao processo produtivo empregado, quanto ao material utilizado ou tipo de unidades, como demonstrado:

Tabela 2 – Tipos de Métodos Construtivos da Alvenaria Autoportante

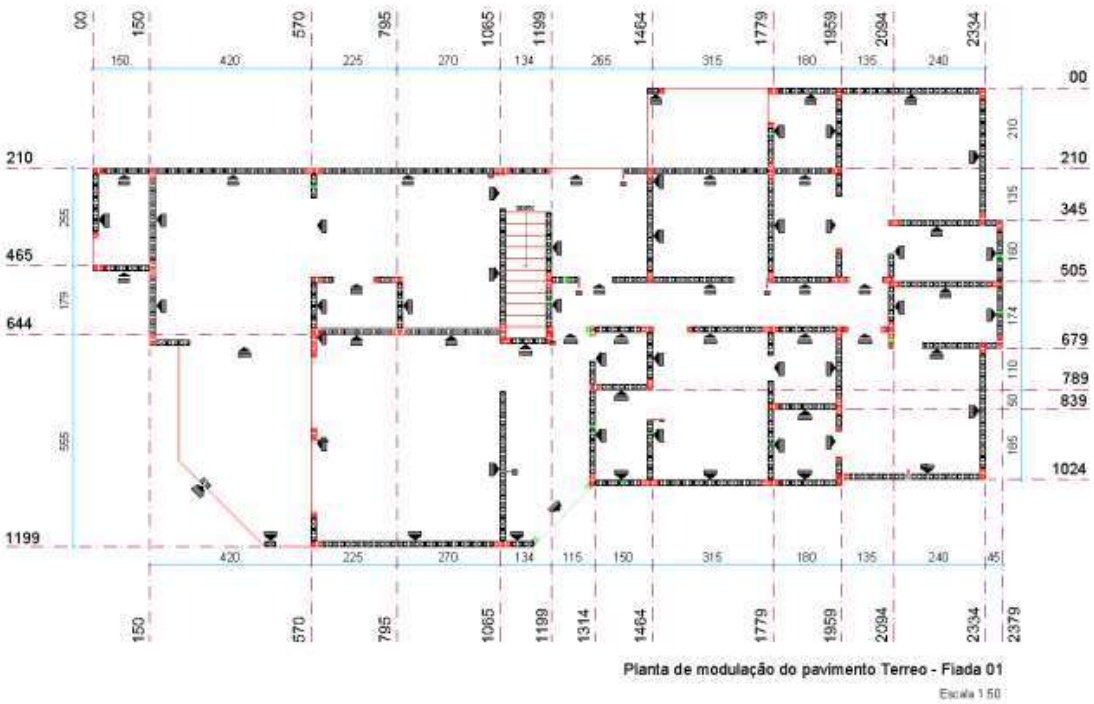
Alvenaria Estrutural Armada	Processo construtivo em que, por necessidade estrutural, haja uma armadura passiva de aço aos blocos. Essas armaduras são introduzidas nos vazados verticais dos blocos que, por conseguinte são preenchidos com Graute (micro-concreto).
Alvenaria Estrutural Não Armada	Processo construtivo em que nos elementos estruturais haja a presença de armaduras com finalidade preventiva, de modo a evitar problemas patológicos (concentração de

	tensões, fissuras, etc.) na estrutura.
Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada	Processo construtivo em que algumas paredes seguem os princípios da alvenaria estrutural armada e as outras como alvenaria estrutural não armada. A utilização desta definição é empregada apenas no Brasil.

Fonte: Adaptado de Camacho (2006 apud Mendonça, 2017)

Abaixo encontra-se uma demonstração de um projeto desenvolvido para o sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Figura 3 - Projeto elaborado para o sistema em Alvenaria Estrutural



Fonte: Rodrigues (2018)

2.4 Modulação

Segundo Camacho (2006) "A modulação ou coordenação modular consiste no ajuste de todas as dimensões da obra, horizontais e verticais, como múltiplo da dimensão básica a unidade, cujo objetivo principal é evitar cortes e desperdícios na fase de execução".

A NBR 15873 (ABNT, 2010) expõe que "A coordenação modular se aplica ao projeto de edificações de todos os tipos, ao projeto e à produção de componentes construtivos de todos os tipos e à construção de edificações" e define que componente (construtivo) é "unidade distinta de determinado elemento do edifício, com forma definida, com medidas especificadas nas três dimensões e destinada a cumprir funções específicas. Exemplos: Bloco de alvenaria, telha, painel e outros".

A modulação inicial de um projeto consiste em analisar qual será o bloco estrutural a ser utilizado, ou seja, em qual família ele está. Atualmente o mercado de blocos conta com algumas dimensões, sendo a mais comum para blocos cerâmicos estruturais as da família 11,5 cm, 14,0 cm e 19,0 cm. Para os blocos estruturais de concreto os que ficaram mais consagrados foram da família 29 e 39 (Figura 4).

Figura 4 - Família 29 e Família 39 do bloco estrutural de concreto

Família 29	**Família 39**
14x19x29 14x19x44 14x19x14	*14x19x39 14x19x19 14x19x34 14x19x54*
Bloco 29: É o bloco mais usado desta família. Com ele constroem-se quase 90% das paredes.	**Bloco 39:** É o bloco mais usado desta família. Com ele constroem-se quase 90% das paredes.
Bloco 14: Também conhecido como meio bloco.	**Bloco 19:** Também conhecido como meio bloco.
Bloco 44: Usado no encontro de paredes em forma de "T" junto com o bloco 29.	**Bloco 34:** Usado nos cantos de paredes junto com o bloco 39 para fazer a amarração das fiadas.

Os cantos (encontros tipo "L") são executados com dois blocos 29.	**Bloco 54:** Usado nos encontros de parede em forma de "T" junto com o bloco 34.

Fonte: Adaptado de Comunidade da Construção (2019)

No canteiro de obras o mais comum é utilizar a mistura de blocos da família 29 e a família 39, para a família de blocos de 29cm, a unidade modular é de 15cm, sendo que 15cm é a dimensão do bloco de 14cm acrescentado de 1cm de junta com argamassa.

A família 29 como demonstrado (Figura 4) é formada por três elementos básicos: o bloco B29 (14x19x29cm), o bloco B14 (14x19x19cm) e o bloco B44 (14x19x44cm).

2.4.1 Objetivos da Coordenação Modular

De acordo com a NBR 15873 (Coordenação modular para edificações), a coordenação modular, representado na Figura 5, possui como ênfase a compatibilização dimensional entre os elementos construtivos (definido em projeto) e também os componentes construtivos (definido pelo fabricante). Assim, chegou-se na seguinte conclusão:

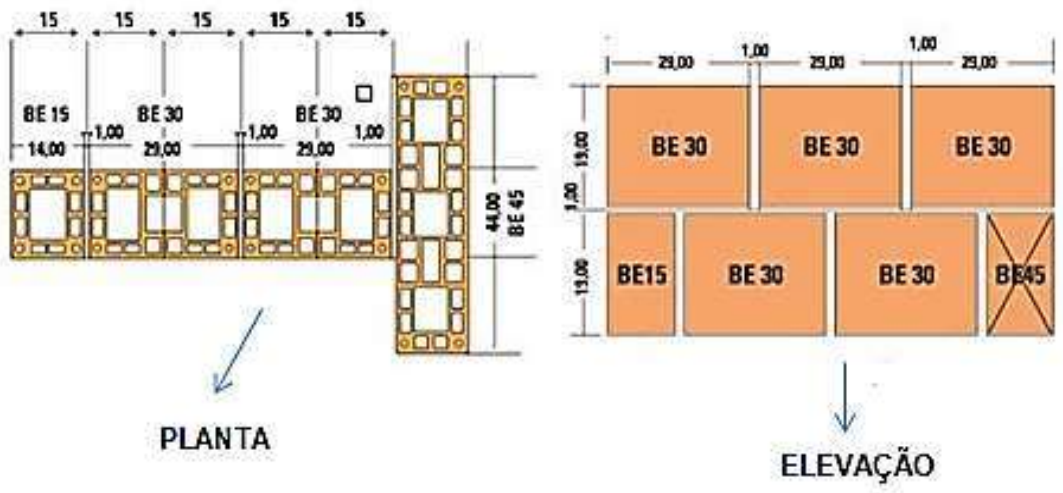
a) Estender a cooperação entre os agentes da cadeia produtiva presentes na construção civil;

b) Racionalizar a gama de medidas de coordenação utilizadas na fabricação de elementos construtivos;

c) Obter simplificação no processo de marcação no respectivo canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;

d) Aumentar a possibilidade de substituição de elementos tanto na construção inicial quanto em reformas no período de vida útil projetada da edificação.

Figura 5 - Coordenação modular

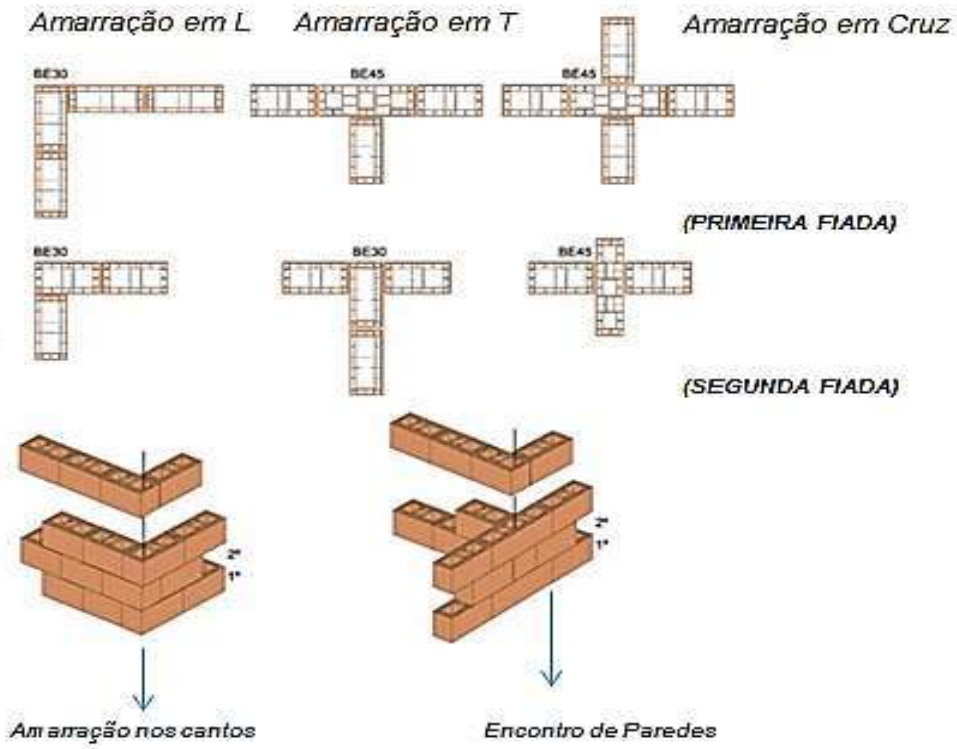


Fonte: Adaptado de Furlan Engenharia (2013)

Para Prates (2020) "O "fechamento" definitivo da modulação em planta baixa, no entanto, só ocorre após a execução das elevações das alvenarias, quando se dá realmente o processo de compatibilização com as instalações. Somente quando inserimos os vãos das janelas, e principalmente os shafts que abrigam as instalações hidrossanitárias, é que concluímos a posição definitiva dos blocos em planta baixa."

Outro fator de suma importância é a "amarração" efetiva das paredes. Com o uso dos blocos estruturais (BE), BE15, BE30, BE45, garante-se o intertravamento das unidades de alvenaria de forma simples e racional, em todas as situações. Assim sendo em uma sequência estabelecida padronizada que representa a disposição dos blocos para cada uma das amarrações mais triviais, e também sua disposição em duas fiadas (fiadas pares e fiadas ímpares). Sendo possível observar abaixo através da Figura 6.

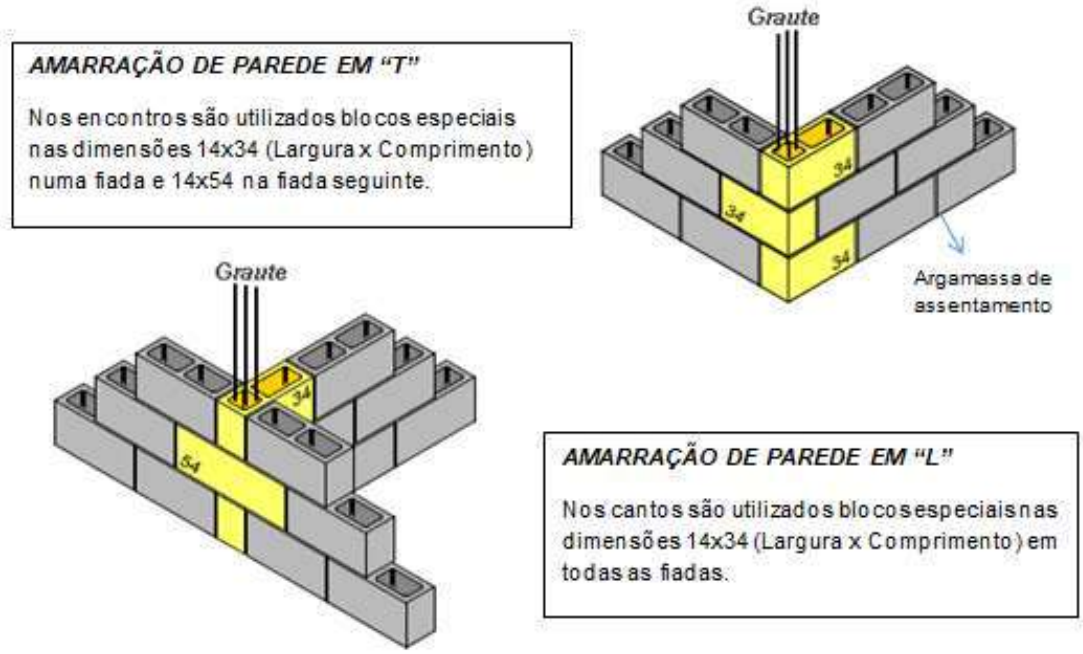
Figura 6 - Amarração de Alvenaria – Modulação 15



Fonte: Adaptado de Furlan Engenharia (2013)

As metodologias de amarração de parede são variáveis, ou seja, os blocos empregados variam de acordo com o tipo de amarração. Na Figura 7, encontram-se dois tipos de amarrações comuns nos canteiros de obras, sendo eles em "L" e em "T". Os blocos devem ser rigorosamente seguidos pelas especificações de cada amarração, onde o modelo empenhado conta com peculiaridades próprias.

Figura 7 - Exemplo de Amarração de paredes para a família 39 (Módulo 20)

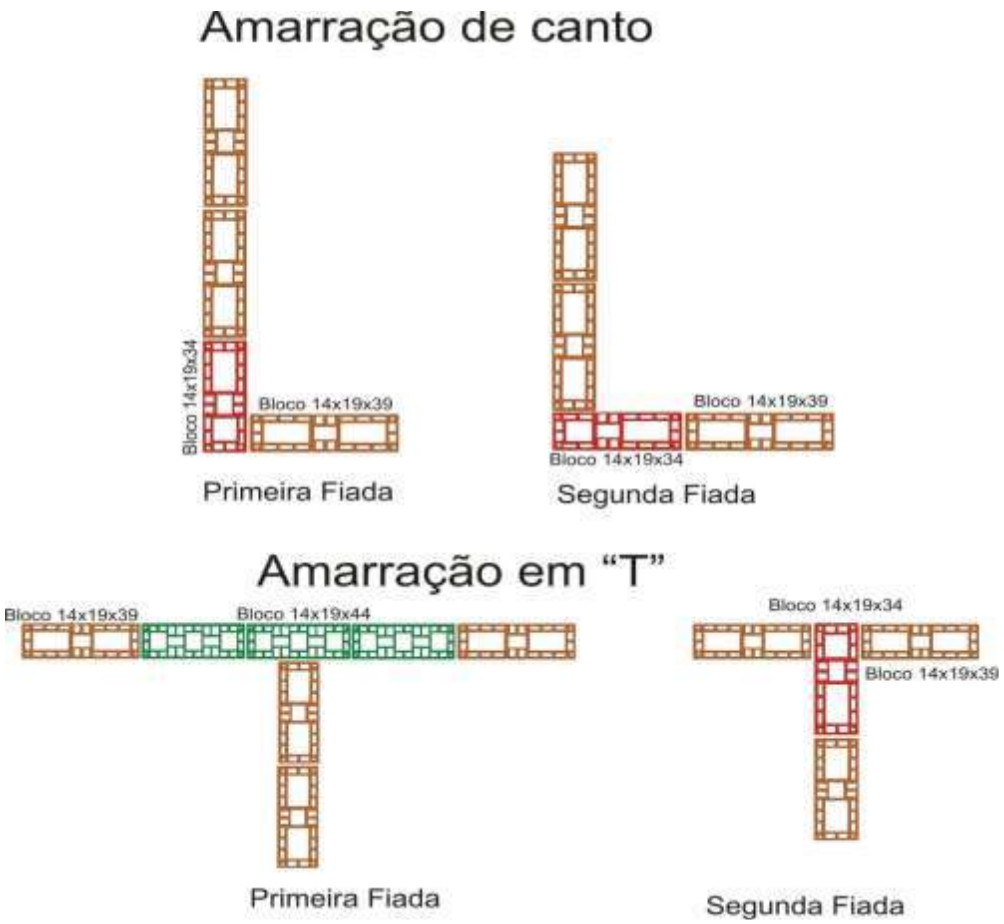


Fonte: Adaptado de Mais Engenharia (2017)

Quando analisa-se a família 39, os blocos estruturais podem ter largura de 14cm e 19cm. Algo trivial de acontecer é a utilização de compensadores, quando o bloco utilizado não possui comprimento múltiplo da largura, como é o caso de blocos com largura de 14cm. Esses compensadores são fundamentais para os ajustes dos vãos de esquadrias e para a compensação da modulação em planta baixa.

Com a utilização dos blocos de 14cm, precisa-se lançar a utilização de um bloco especial, que é o bloco B34 (34x19x14cm), de acordo com a Figura 8, visando o ajuste da unidade modular nos encontros em "L" e em "T" para que por conseguinte consiga-se alcançar a amarração perfeita entre as alvenarias.

Figura 8 - Amarração em “L” e em “T”- Primeira e segunda fiada



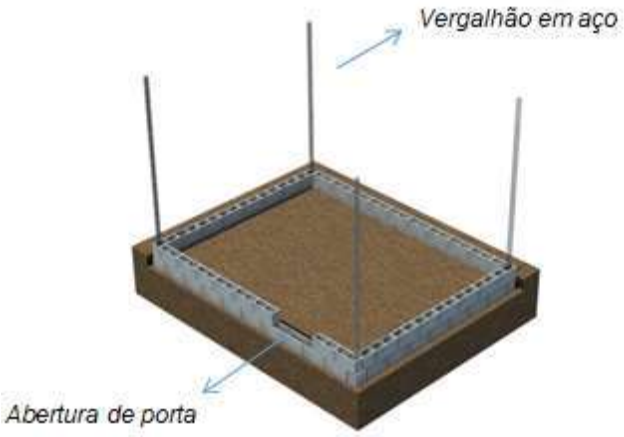
Fonte: Melo (2021)

2.4.2 Primeira e Segunda Fiada

A primeira e a segunda fiada serão decisivas para uma execução de sucesso, é através delas, como representado na Figura 9, que o levantamento das demais fiadas da alvenaria serão possíveis, assim observa-se a importância de desenvolver esta etapa e após a conclusão, conferir se tudo está de acordo com as normas estabelecidas e por fim, analisar se está integralmente de acordo com o projeto desenvolvido.

De posse da planta baixa será possível analisar quais pontos serão os “estratégicos” da primeira fiada, para assim fazer a distribuição dos blocos. Os pontos “estratégicos” serão os cantos, encontros de parede e os blocos determinantes para as aberturas de portas. Esses são os primeiros a serem assentados e que servem de referência para os próximos assentamentos.

Figura 9 - Primeira e Segunda Fiada em blocos estruturais

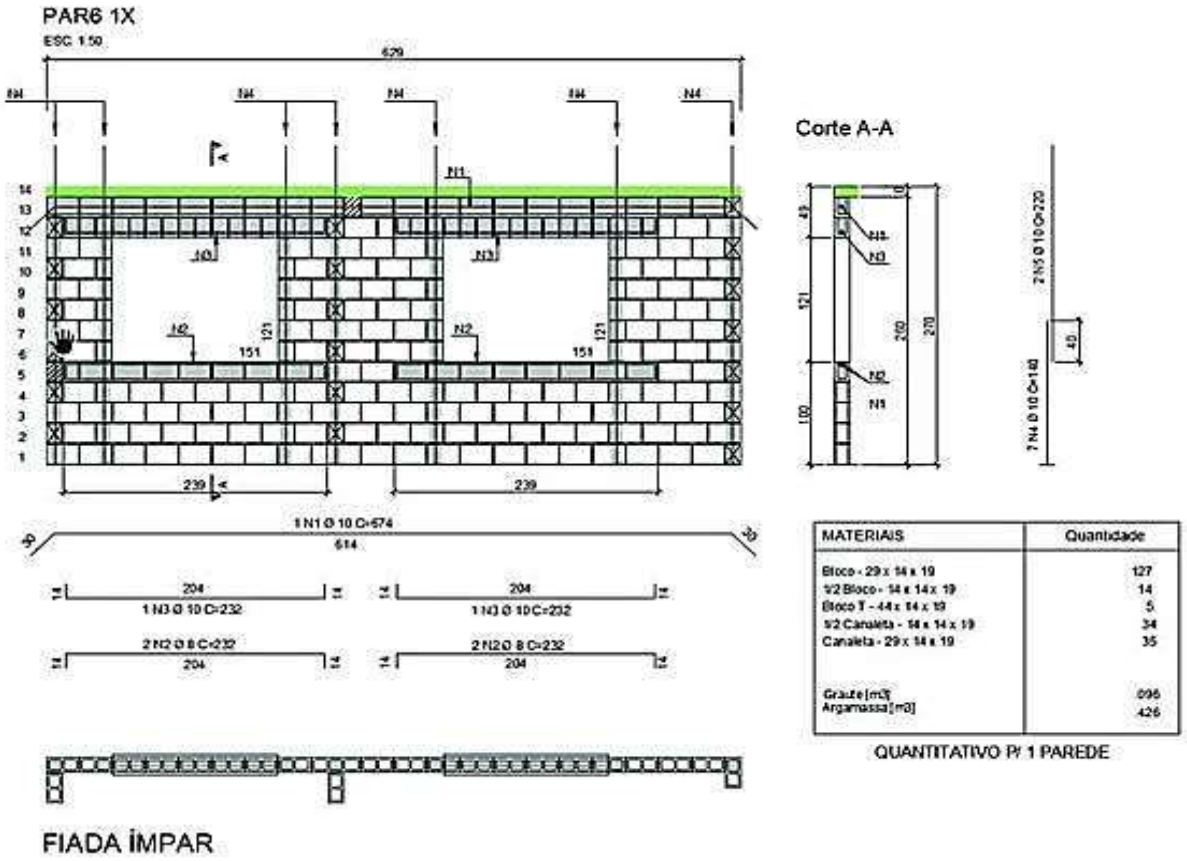


Fonte: Adaptado de Construindo Casas (2021)

2.5 Paginação

Na alvenaria estrutural cada parede que desempenhar o papel estrutural deverá ser representada separadamente. Cada ilustração deverá apresentar os tipos de blocos utilizados, o tipo de amarração, a posição de cada armadura construtiva, a locação exata dos vãos de janelas e portas, dentre outros como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Paginação (Elevação)



Fonte: Pinterest (2021)

2.6 Tipos de Parede

Segundo Rodrigues (2018), diferente da alvenaria convencional, o sistema construtivo em alvenaria estrutural é constituído por blocos que desempenham o papel dos elementos estruturais. Esses blocos são produzidos para absorverem todas as cargas atuantes na estrutura, sejam elas permanentes ou acidentais. Para que este sistema trabalhe de maneira correta o "arranjo" de paredes terá que respeitar todas as normas e o correto segmento do projeto elaborado.

Ainda, de acordo com Rodrigues (2018), as ações existentes nas estruturas são a de peso próprio, uso e ocupação e às cargas laterais, como a ação do vento, por exemplo. As ações laterais deverão ser absorvidas pelas lajes e transmitidas às paredes estruturais paralelas à direção do esforço lateral.

As paredes constituídas de blocos estruturais são desenvolvidas para suportar diferentes pesos de cargas verticais e horizontais paralela ao seu plano, no entanto é comparativamente frágil às cargas horizontais que atuam perpendicularmente ao seu plano.

Segundo Roman, Mutti e Araújo (1999, p.16), as paredes como elementos estruturais podem ser subdivididos em Paredes de Contraventamento e Paredes Enrijecedoras, especificadas com maiores detalhes abaixo:

2.6.1 Paredes de Contraventamento

As paredes de contraventamento são formadas por paredes estruturais, desempenham o papel de recebimento de cargas horizontais e cargas externas (ação do vento) paralelas aos seus planos, fazendo com que haja o "travamento" da estrutura. De modo a ilustrar, chega-se a conclusão que construções com grandes vãos não poderia usufruir da metodologia de alvenaria estrutural, tendo como exemplo, os galpões. Os galpões não possuem grandes números de repartições internas em alvenaria, eles possuem grandes vãos em sua composição o que faz com que não haja o "travamento" da estrutura, sendo assim, não possuindo a segurança necessária contra a ação do vento.

Em determinada obra de alvenaria estrutural o ideal é que todas as paredes exerçam o papel estrutural, exceto as paredes com funções hidráulicas, elas devem desempenhar apenas a função de vedação. Quando a obra garantir que todas as paredes, exceto algumas estabelecidas em projeto, estejam desempenhando a função de estrutura a estabilidade da edificação estará assegurada.

2.6.2 Paredes Enrijecedoras

Possuem a função de assegurar a estabilidade da parede estrutural contra a ação de flambagem. Em construções onde possua paredes extensas sem os contraventamentos, tem-se a possibilidade de enrijecer a alvenaria com a inserção de vários grautes, em sequência determinada, assim, fornecendo a estabilidade necessária à estrutura.

2.7 Projeto Elétrico

É uma fase da obra que demanda uma vasta atenção do profissional, é através do segmento correto do projeto elétrico que garantirá o bom funcionamento na edificação. A execução da parte elétrica na alvenaria estrutural é realizada de maneira distinta, quando comparada ao modelo construtivo convencional.

De acordo com Rodrigues (2018), no sistema construtivo em que a alvenaria desempenha apenas o papel de vedação, a parte elétrica é desenvolvida após a conclusão das paredes, onde são realizados cortes para a passagem das tubulações elétricas, já na alvenaria estrutural as tubulações elétricas precisam ser executadas em conjunto com a alvenaria, pelo fato do material passar pelo vazio dos blocos, fazendo com que não haja o corte na alvenaria.

A execução do projeto elétrico nos blocos estruturais propicia economia e agilidade para a obra, com isso nota-se a importância de projetos bem elaborados sejam eles hidráulicos elétricos e estruturais.

Segundo Manzione (2004)[1] apud Rodrigues (2018), como requisito geral, o caminhamento das tubulações elétricas, como mostra a Figura 11, será sempre executado na direção vertical, de modo a aproveitar o vazio dos blocos para o caminhamento das mangueiras e cortes horizontais não serão aceitos para interligação de pontos.

Figura 11 - Passagem das mangueiras - Parte elétrica

Fonte: Pré-Fabricados (2013)

2.8 Projeto Hidráulico

No momento de desenvolver um projeto hidráulico o profissional deverá ter em mente quais as alternativas cabíveis para aquela determinada obra. Analisar todos os pontos construtivos, econômicos e que ofereça segurança aos usuários.

No modelo em alvenaria estrutural é inadmissível o corte em paredes para a passagem de tubulação, uma vez que os elementos estruturais são compostos pelas alvenarias, ao menos que seja previsto nos cálculos estruturais. No entanto, essa prática acontece com frequência em alguns canteiros, onde o profissional responsável pela execução não demonstra preocupação pela estrutura e tampouco pelos usuários. Não percebem que essa prática é inviável para o sistema e que em cada abertura de parede estará propiciando danos ao empreendimento, à perda de resistência será inevitável.

Para Rodrigues (2018), a integração de todos os projetos será fundamental para uma obra de excelência, onde cada projeto será executado com base no outro, essa harmonia será crucial para o surgimento de ideias, onde cada ponto poderá ser analisado e discutido.

Na parte hidráulica tem alguns recursos para a passagem das tubulações, hoje é muito comum à presença de shafts em banheiros dos apartamentos, como ilustrado na Figura 12, esse recurso proporciona facilidade na execução, agilidade em manutenção e evitando o recorte excessivo nas alvenarias. E também são usuais as paredes hidráulicas, alvenaria sem função estrutural, previsto em projeto, onde nos furos dos blocos passarão as tubulações hidro sanitárias, de banheiros e cozinhas.

Os Shafts são compostos por agrupamento de instalações hidro-sanitárias, geralmente localizados em banheiros, muitos projetistas aderem aos Shafts para a passagem de tubulação de água pluvial também.

Figura 12 - Utilização de Shaft nas edificações

Fonte: Ew7 (2015)

2.9 Elementos da Alvenaria Estrutural

Segundo a NBR 10837/89, os básicos componentes empregados no sistema construtivo em alvenaria estrutural são:

a) Unidades (blocos estruturais);

b) Argamassa de assentamento;

c) Graute;

d) Armadura;

Sendo assim, é denominado elemento quando existir a união de um ou mais componentes utilizados na alvenaria estrutural (Grohmann, 2006).

2.9.1 Blocos Estruturais

O sistema construtivo em blocos estruturais dispõe de um crescimento contínuo no Brasil, a metodologia propicia um ganho satisfatório, quando comparado ao sistema convencional.

No Brasil, os primeiros prédios em alvenaria estrutural foram construídos em 1966, compostos por quatro pavimentos, se tratava de alvenaria estrutural armada em blocos de concreto, no conjunto habitacional Central Parque da Lapa, no estado de São Paulo.

Pastro (2007) expõe que a alvenaria estrutural é considerada um assunto de grande amplitude, pelo fato de qualquer unidade ligada com argamassa de assentamento, instituindo uma estrutura prismática, pode ser considerada como alvenaria estrutural. Neste modelo construtivo existem alguns modelos de blocos que podem ser utilizados como de concreto ou material cerâmico, por exemplo.

Neste trabalho o foco será os blocos de concreto.

2.9.2 Blocos de Concreto

É um elemento industrializado, sua fabricação deriva de máquinas que vibram e prensam, os equipamentos proporcionam ao operador inúmeras opções, dentro delas, a vasta gama de composições de cada bloco a ser fabricado. São moldadas em fôrmas de aço como demonstrado na Figura 13. As características e desempenho dependem da qualidade dos materiais utilizados e da dosagem adequada.

Marinoski (2011) explica que os blocos estruturais de concreto são peças retangulares, fabricadas com cimento, agregados (areia, pedriscos, pó de pedra) e água e a proporção do traço dar-se-á em função da resistência que se espera do material. São blocos vazados e com grande resistência à compressão. Ele ainda salienta das vantagens dos blocos de concreto, sendo elas:

a) Possuir um acabamento diferenciado e uniformidade das faces;

b) Redução da quantidade de argamassa de assentamento;

c) Economia de mão-de-obra, pelo fato de demandar menor tempo no assentamento.

As vantagens dos blocos de concreto somente serão atingidas se houver o segmento correto na aplicação. Pastro (2007) enumera alguns fatores, como a absorção de água pelo bloco, devem ser levados em conta, pelo fato que o bloco não possa absorver grande volume de água da argamassa de assentamento e também não podendo ser impermeável, pelo processo da aderência da argamassa com o bloco. Logo, será necessário existir um equilíbrio na absorção do fluído.

Como observado, as características vantajosas dos blocos de concreto, mencionadas por Marinoski (2011), enumera algumas desvantagens do produto, sendo elas:

a) Não permitir cortes;

b) Dificultar o encunhamento das faces inferiores de vigas e lajes;

c) Em dias com maiores índices de precipitações, pela diferença de absorção de umidade do bloco e da argamassa, a projeção do bloco aparece na alvenaria externa.

Figura 13 - Equipamento onde são moldados os blocos de concreto

Fonte: Própria (2021)

2.9.3 Particularidades Geométricas dos Blocos de Concreto

Segundo Favretto (2014), o uso de modulações tem a capacidade de gerar uma obra racionalizada e com alta economia. Para o cumprimento deste feito, é necessário a observação das características geométricas dos blocos.

Pastro (2007) aconselha que as dimensões dos blocos devam ser múltiplas, para que possa facilitar a modulação, por isso a importância da divisão dos blocos em duas famílias: a família 29 e a família 39. Contudo, é necessário cuidado para a variação das medidas dos blocos nos lotes, caso ocorra muita variação, gera problemas na modulação.

A Tabela 3 apresentada explana as dimensões nominais dos blocos vazados de concreto, de acordo com a NBR 6136 (ABNT,2014).

Tabela 3 – Dimensões Nominais

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40
Largura		190	140		115			90		65
Altura		190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
	Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
	Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
	Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2014)

A NBR 6136 (ABNT,2014) evidencia também que todas as dimensões apresentadas na Tabela 3, são reais, e possuem tolerância permitidas de 2 mm, sendo para mais ou para menos, na largura, e de 3 mm, para mais ou menos, na altura e no comprimento.

2.9.4 Particularidade mecânica e física dos Blocos de Concreto

Os blocos são fundamentais em uma edificação, eles serão os responsáveis em proporcionar a existência dos ambientes. De acordo com as normas brasileiras, os blocos de concreto são classificados em: blocos vazados, constituídos por concreto simples, para obras que demandem apenas alvenaria de vedação (NBR 7173, ABNT, 1982); e os blocos vazados de concreto simples, para ser utilizado em alvenaria estrutural, denominados blocos com funções estruturais (NBR 6136, ABNT, 2014).

Os blocos estruturais vazados de concreto simples são designados, são especificados quanto a Resistência à Compressão e à absorção, esses resultados são obtidos aos 28 dias, como ilustrado na Tabela 4, seguindo a NBR 6136 (ABNT, 2014).

Tabela 4 - Características dos blocos de concreto

Tipo de Bloco	Resistência à Compressão	Absorção
Estrutural	F_{ck} superior a 4,5 MPa dividido em classe de resistência	Menor ou igual a 10%
Vedação	Média de 2,5 MPa, mínima individual de 2,0 MPa	Média menor ou igual a 10%, máxima individual de 15%

Fonte: Adaptado NBR 6136 (ABNT, 2014)

Silva (2007) evidencia que as principais propriedades mecânicas dos blocos são: resistência à tração e compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson.

O fator resistência do bloco de concreto é o ponto crucial para se obter rigidez global na alvenaria. Todavia, o aumento do valor da resistência do bloco não significa um aumento proporcional da resistência da alvenaria, fazendo com que aumente a diferença entre a resistência do bloco e da argamassa. Para ocorrer o fenômeno de resistência à compressão a estrutura deverá ser submetida a carregamento axial, sendo que os blocos sofrem as tensões de compressão e as argamassas sofrem o confinamento.

Quando deseja-se determinar o módulo de elasticidade do bloco de concreto, utilizam-se algumas equações propostas por alguns autores, visto que, não exista ensaios normatizados. Para o Coeficiente de Poisson, não existe também ensaios normatizados que abranja esse assunto, o coeficiente de Poisson está relacionado entre a razão da deformação lateral e axial dentro do intervalo elástico. Para efeitos de cálculo utiliza-se o coeficiente de Poisson do concreto que tem o valor de 0,20, como estabelecido em norma.

2.9.5 Argamassas de Assentamento

Outro item importante do sistema construtivo a ser citado é a argamassa de assentamento, ela tem por funcionalidade a distribuição de todas as cargas para os blocos que nelas estão ligadas. Para facilitar o entendimento imagina-se, que em uma estrutura metálica, a solda seria a argamassa e o perfil metálico seriam os blocos no sistema em alvenaria estrutural, visto que, há um componente estrutural (bloco) em cima e outro embaixo. Sendo assim, ela desempenha o papel de emenda entre os componentes, tendo um papel duplo, ligar os blocos estruturais e suportar as cargas solicitadas. A resistência da argamassa é de 70% a 100% da resistência do próprio bloco (Pastro, 2007).

Costa (2016) tem como definição de argamassa como sendo uma ligação da alvenaria, possuindo como funções:

a) Unir os componentes (bloco);
b) Transmitir as tensões para os blocos;
c) Prevenir a entrada de água;
d) Fazer a compensação das variações dimensionais dos blocos.

Ainda, segundo Costa (2006), deve-se observar um ponto importante, as espessuras das juntas. O correto é que a junta tenha 1cm, tendo como tolerância a variação de 3 mm. Se a junta de argamassa for menor que 1 cm, a face de um bloco pode apoiar sobre a outra. Se a junta for maior que 1 cm, o fator segurança da parede diminui. Assim, chega-se a conclusão da importância de se respeitar as espessuras das juntas.

As argamassas, para Costa (2006), possuem propriedades que se diferem do estado fresco e do estado endurecido, gerando o resultado final da resistência da parede. Ele expõe sobre essas propriedades:

- Estado Fresco

Trabalhabilidade: quando uma argamassa apresenta boa trabalhabilidade à mesma se assenta facilmente, espalhando sobre os blocos de maneira equivalente e possibilitando um alinhamento perfeito ao bloco e, não provoca o escorregamento nas fiadas que antecederam. Para obter-se essa trabalhabilidade alguns fatores estão englobados, como: qualidade do agregado, quantidade de água, tempo de preparação, fluidez entre outros.

Retentividade: é o fenômeno de retenção de água da argamassa. Esse problema deriva-se normalmente pela granulometria do agregado (agregados muito graúdos) ou pelo ato de escolha do cimento inadequado.

Endurecimento: é a reação química entre o cimento e a água. Por exemplo, se a argamassa endurecer muito rápido, causa danos no assentamento dos blocos, se demorar muito, para endurecer, atrasa o período de construção, pelo fato da demora na continuidade do trabalho.

- Estado Endurecido

Aderência: essa resistência está relacionada pela capacidade de interligação entre os blocos e a capacidade da argamassa absorver as tensões e distribuí-las. Os pontos que influenciam a aderência da argamassa são a trabalhabilidade da argamassa, retenção de fluido, taxa de absorção do bloco estrutural, quantidade de cimento, entre outros.

Resistência à compressão: a pasta de argamassa deve ser resistente o suficiente para suportar os esforços solicitantes que a parede irá receber, todavia, a resistência à compressão não deve ultrapassar a resistência dos blocos, para que as fissuras devido à expansão térmica ou movimentos na parede ocorram na junta de argamassa.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), através de ensaios, expõe requisitos para cada característica, que devem ser controladas por procedimentos presentes em normas. A Tabela 5 apresentada, demonstra as exigências mecânicas para argamassas de assentamento, seguindo a NBR 13281 (ABNT, 2001).

Tabela 5 – Exigências Mecânicas para argamassas de assentamento

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I II III	entre 0,1 e 4,0 entre 4,0 e 8,0 maior que 8,0	NBR 13279
Capacidade de retenção de água (%)	Normal Alta	entre 8,0 e 9,0 maior que 9,0	NBR 13277
Teor de ar incorporado (%)	a b c	menor que 8,0 entre 8,0 e 18,0 maior que 18,0	NBR 13278

Fonte: Adaptado NBR 13281 (ABNT, 2001)

2.9.6 Graute

O Graute por definição pode ser considerado um concreto ou argamassa, em sua composição estão presentes os agregados finos e possui alta plasticidade, tem como função preencher o vazio dos blocos. O seu lançamento ocorre nos furos verticais dos blocos, ou em canaletas e peças similares, como exposto na Figura 14.

Segundo Watanabe (2008), na sequência da mistura da água, é esperado que o Graute possua alta fluidez, consistência, baixa ou quase nenhuma retração, trabalhabilidade e desempenhe a função de resistência à compressão. Uma característica essencial do Graute é sua fluidez, para que os furos dos blocos sejam totalmente preenchidos. No Brasil o termo Graute é conhecido para demonstrar a alta fluidez e trabalhabilidade de alguns materiais. Desempenham as principais funções:

- Preenchimento de blocos canaletas (U ou J);
- Formar cintas, vergas e contravergas;
- Preenchimento de furos em regiões que possuem elevadas concentrações de cargas, ou com cargas distribuídas em vãos curtos, ajudando no aumento da resistência da parede;
- Preenchimento de furos que tenham armaduras inseridas, objetivando manter a barra localizada no meio do furo e unir a armadura com a parede.

Tem por finalidades aumentar a resistência da parede, absorver um pouco dos esforções verticais, proporcionar estabilidade ao conjunto, com alto ganho da rigidez, unir a armadura a estrutura. A utilização deste recurso é um fator determinante na execução de obras em alvenaria estrutural (Watanabe, 2008).

A NBR 8798 (ABNT, 1985) separa os grautes em duas grandezas, sendo os finos e grossos, de acordo com a utilização do agregado presente na mistura. O Graute fino possui agregado com dimensão máxima de 4,8 mm. O Graute grosso é composto com agregado de dimensão superior a 4,8 mm.

Para que o Graute desempenhe sua funcionalidade recomenda-se que o mesmo não possua uma resistência inferior a 15 MPa, sendo esse valor mínimo obrigatório em pontos com armadura para assegurar a aderência entre os materiais.

É de suma importância respeitar o valor máximo da resistência, propondo-se que a resistência do Graute não seja superior a 150% à resistência do bloco na área líquida, exceto para casos de Graute de 15 MPa.

Figura 14– Aplicação do Graute na Alvenaria Estrutural

Fonte: Lage (2019)

2.9.7 Armadura

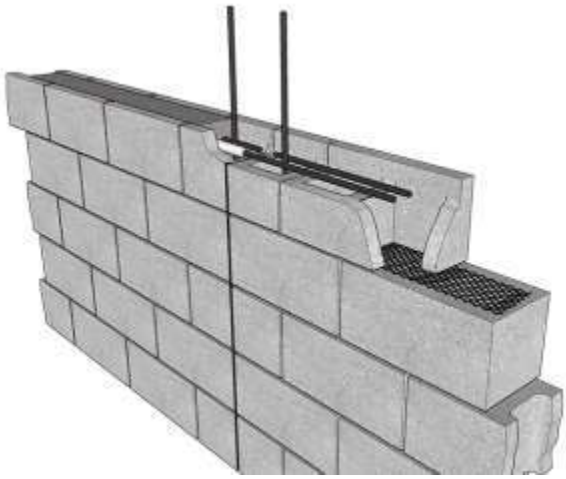
De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), os elementos de aço utilizados na alvenaria estrutural são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, portando a diferença de estarem envolvidas por Graute.

Ainda segundo Ramalho e Corrêa (2003) demonstram que existe a exceção de que, para as barras de aço que são utilizadas na junta de argamassa, é necessário que elas possuam um diâmetro mínimo estabelecido de 3,8 mm, e devem respeitar a espessura da junta de argamassa, não excedendo a metade.

Junior (1992) explana que além da armadura ajudar a alvenaria a absorver os esforços de compressão e resistir aos esforços de tração, ainda desempenha o trabalho de travamento e combate à retração. As barras diâmetro igual ou superior a 5 mm.

Abaixo, na Figura 15 encontra-se a representação da existência de armadura na alvenaria estrutural.

Figura 15 – Armadura presente no sistema construtivo em Alvenaria Estrutural



Fonte: GFortes Engenharia (2021)

2.10 Ferramentas Aplicáveis na Alvenaria Estrutural

A utilização adequada de equipamentos e ferramentas é primordial para a obtenção de um serviço de qualidade, na alvenaria estrutural essa realidade não é diferente. Para a correta execução do projeto os profissionais terão que estar em mãos com todas as ferramentas demandadas. É importante salientar-se que os usos de ferramentas adequadas proporcionam maior rendimento no canteiro de obras.

De acordo com Faria (2020), as ferramentas e equipamentos usualmente comuns em canteiros de obras de alvenaria estrutural, são:

- **Colher de Pedreiro:** Desempenha o papel de espalhamento da argamassa para o assentamento da primeira fiada, na aplicação da argamassa de assentamento nas paredes transversais e septos dos blocos e exerce também o papel de retirada do excesso de argamassa da alvenaria após o assentamento dos blocos estruturais.
- **Régua (40cm):** Exerce o papel de aplicação do cordão de argamassa de assentamento nas paredes longitudinais dos blocos por meio da movimentação vertical e horizontal ao mesmo período.
- **Bisnaga:** Sugere-se sua utilização na aplicação da argamassa nas juntas verticais dos blocos, tal tarefa poderá ser desempenhada pelo servente da obra, o que irá proporcionar maior rendimento na elevação das paredes.
- **Brocha:** Para molhar a laje para a aplicação da argamassa de assentamento dos blocos da primeira fiada.

- **Esticador de linha:** Tem por funcionalidade manter a linha de náilon esticada entre dois blocos estratégicos, onde irá ser definido o alinhamento e o nível dos demais blocos que serão assentados, o que veio para substituir os improvisos comuns em obras, proporcionando maior assertividade na execução.
- **Fio Traçador de linhas:** Este material é composto de um recipiente de pó colorido, que tinge o fio ao ser desenrolado. Ao assentar um bloco denominado estratégico, é necessário coloca-lo na posição exata, conforme o projeto, nivelá-lo em relação a referência de nível, aprumá-lo e mantê-lo no alinhamento na futura instalação da alvenaria.
- **Trena de 30m:** Utilizada na fase de conferência das medidas e esquadro do pavimento, antes de iniciar o assentamento dos blocos da primeira fiada.
- **Trena de 5m:** Garantir a qualidade durante o assentamento da alvenaria.
- **Caixote para argamassa e Suporte:** O caixote deverá possuir paredes perpendiculares para possibilitar o manuseio da régua. O suporte com a presença de rodas permite que o pedreiro desloque o caixote com menor esforço, sem que precise da ajuda de terceiros.
- **Nível:** O nível "alemão" é o equipamento indicado. É um equipamento simples, barato e eficiente, quando comparado a outros, como o a laser, por exemplo, podendo ser fabricado com facilidade. É composto por uma mangueira de nível com 16m de comprimento, acoplada em uma extremidade a um recipiente de água com capacidade aproximada de 5 litros e, na outra extremidade, a uma haste de alumínio com 1,70m de altura. O recipiente deverá ser apoiado sobre um tripé metálico com 1m de altura. A Haste de alumínio possui um cursor graduado em escala métrica de -25 cm a +25 cm.
- **Régua prumo-nível:** Ferramenta utilizada para verificar o prumo e o nível da alvenaria durante o assentamento dos blocos. É também utilizada na verificação da planicidade da alvenaria. Esse recurso substitui o prumo de face.
- **Esquadro (60 cm x 80 cm x 100 cm):** Encarregado por verificar e determinar a perpendicularidade entre paredes, na etapa de marcação e durante a execução da primeira fiada.
- **Escantilhão:** Assenta-se esse recurso após a marcação das linhas que definem as direções das paredes em pontos definidos pelo encontro das paredes, a primeira marca deverá estar nivelada, quando usa-se a referência pelo ponto mais alto da laje, garantindo o nivelamento perfeito das demais fiadas. Equipamento constituído de uma haste vertical

metálica com cursor graduado de 20cm em 20cm e duas hastes telescópicas articuladas a 1,20m de altura. É fixado sobre a laje com auxílio de parafusos e buchas.

- **Andaime:** Equipamento que proporciona significativo aumento da produtividade no canteiro de obras, ele não é muito utilizado devido ao trabalho de montagem, desmontagem e mudança de local.
- **Equipamento de proteção no andar:** É composta por uma haste metálica vertical que se acopla a outra menor, que possui duas chapas, com orifícios na extremidade, soldadas de topo. As respectivas chapas atravessam as juntas verticais da parede e, por dentro do cômodo, permitindo o travamento da peça.

2.11 Verificações importantes

Para a determinação da estimativa da resistência à compressão em paredes de alvenaria estrutural existem alguns procedimentos a serem executados. Sendo eles:

2.11.1 Ensaios em Prismas

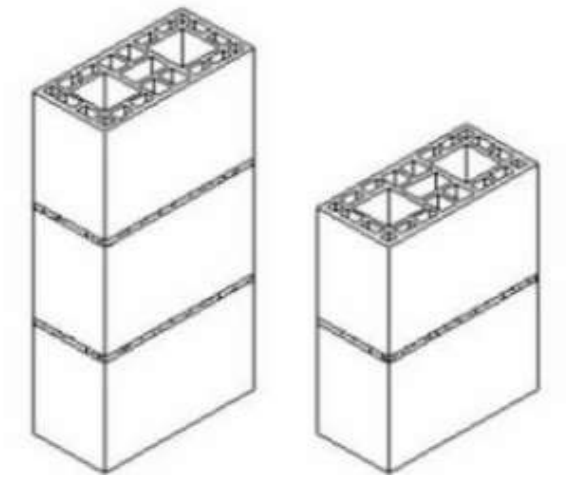
De acordo com Viapiana (2009) o elemento prisma é um corpo de prova da alvenaria, compostos da superposição de um determinado número de blocos. Geralmente, para a realização dos ensaios, são empregados primas com dois ou três blocos, ligados por uma junta de argamassa, e são subordinados a um ensaio de compressão axial, para que se caracterize de maneira prévia a alvenaria. Essa metodologia é adotada pela normativa NBR 10837 (ABNT, 1989).

Afirma ainda Viapiana (2009) que para o processo é de suma importância a utilização de prismas formados por três blocos, pois o elemento central fica livre do efeito de confinamento, representando de maneira mais assertiva a ruptura da alvenaria. Existem profissionais que executam o ensaio com prismas de dois blocos, no entanto não é aconselhável, devido ao valor de resistência à compressão indicar um valor superior ao real da alvenaria.

Segundo Camacho (2006) é importante que, os elementos do prisma apresentem todas as características reais da alvenaria do canteiro de obras, como por exemplo: o tipo de argamassa utilizada, o tipo de bloco empregado, a espessura das juntas de argamassa, a forma de assentamento, entre outros.

A figura 16 demonstra o esquema de prismas de dois e três blocos.

Figura 16 – Demonstração de Prismas de três e dois blocos



Fonte: Silva E Barbosa, 2013

2.11.2 Ensaios em Alvenarias

A junção de blocos, unidos por uma junta em argamassa é caracterizado como parede/alvenaria, resultando em um conjunto coeso e rígido. Suas funções são de vedação, proporcionar conforto térmico e acústico aos usuários, resistir ao fogo, absorver e transmitir os esforços solicitantes da estrutura. No modelo construtivo em alvenaria estrutural, as paredes são os elementos estruturais, são encarregadas de absorver as ações verticais e horizontais, além de peso próprio e a ação do vento (Júnior, 1992).

De acordo com Camacho (2006), os ensaios em alvenaria não são muito recomendáveis para estimar a resistência, são empregados em laboratórios em verificação de métodos racionais e de comparação com a resistência de blocos e prismas. Os estudos com alvenaria são padronizados pela normativa NBR 8949 (ABNT, 1985) e empregados em blocos de concreto, cerâmicos ou tijolos. A norma determina que deve ser estimada uma resistência média após a realização do ensaio, tendo como mínimo três corpos de prova.

A NBR 10873 (ABNT, 1989), de acordo com o mesmo autor, permite que neste tipo de estudo seja majorada as tensões admissíveis em 43%, em conjunto de alvenaria não armadas, e 27%, em alvenarias armadas.

2.12 Vistorias de Qualidade

O modo de execução da alvenaria estrutural desempenha grande importância no resultado final da resistência.

Para Rodrigues (2018), os principais pontos a serem analisados e considerados à mão de obra e que devem ser dosados durante o processo de montagem da alvenaria são:

Controle da argamassa de assentamento: Respeitar as diretrizes estabelecidas em projeto, o traço da argamassa deve ser mantido durante toda execução, ao menos que tenha alguma mudança, estabelecida em projeto;

Juntas: As juntas devem ser totalmente preenchidas, evitando falhas. A espessura deverá ser a mais uniforme possível;

Assentamento: Recomenda-se evitar a vibração das unidades logo após o assentamento, o que gera danos no fenômeno de aderência entre os materiais;

Prumo da Parede: O desaprumo das paredes é um fator inadmissível no conjunto de alvenaria estrutural, gera grandes complicações na estrutura, como excentricidades adicionais de carregamento, iniciando solicitações não estabelecidas em projeto.

> O ato de controlar a qualidade total é desempenhar o papel de participação de todos os encarregados... Controlar uma organização humana "significa detectar quais foram os fins, efeitos ou resultados não alcançados, analisar estes maus resultados buscando suas causas e atuar nessas causas de tal modo a melhorar os resultados." (Campos, 1992)

3 RESULTADOS

Através dos estudos teóricos desenvolvidos neste trabalho, observa-se que a alvenaria estrutural, quando comparada à metodologia convencional, é um sistema que agrega inúmeros benefícios à obra.

Abaixo encontra-se uma Tabela com os pós e contras do sistema em Alvenaria autoportante, tornando-se possível, de forma resumida, evidenciar a eficiência do modelo construtivo abordado.

Tabela 6 – Características do modelo Construtivo

SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL	
✓ Considerada Durável ✓ Oferece Segurança aos Usuários ✓ Estética Agradável ✓ Promove Conforto Térmico e Acústico ✓ Proporciona menor desperdício de Materiais ✓ Redução de Consumo de Formas de madeira e barras de aço ✓ Rapidez na Execução ✓ Fácil Coordenação e Controle	✖ Restrição em Mudanças não previstas em Projeto ✖ Limitação de ambientes com grandes vãos e Balanços ✖ Poucas Referências Bibliográficas para estudo na área de Projeto ✖ Demanda Mão de Obra Especializada

Fonte: Adaptado Fórum da Construção (2017)

4 CONCLUSÕES

Através dos resultados apresentados, conclui-se que, a alvenaria estrutural é um sistema que propicia ao empreendedor uma economia e rapidez na execução do projeto. Trata-se de um sistema construtivo de fácil aplicação, todavia, é de caráter obrigatório a qualificação da equipe responsável.

Atualmente o método de construção em alvenaria estrutural ocupa uma posição em destaque no setor da construção civil. A evolução deve-se pela cobrança de mercado, onde as construções executadas com maior rapidez e economia garantam ao empreendedor vantagens significativas e que, a oferta será atraente para o público que a procura. Nota-se, também, que grande parte das construções em alvenaria estrutural é destinada ao setor habitacional.

Vale ressaltar a importância da conferência dos trabalhos desenvolvidos no canteiro, seguir de forma precisa a prumada das paredes, as juntas de argamassas, entre outros fatores primordiais para a obtenção do resultado de projeto.

Destaca-se, também, a importância do engenheiro responsável ter a iniciativa de realizar a integração dos projetos, criando soluções harmônicas e confortáveis, sendo possível, projetar com uma arquitetura contemporânea e que os projetos complementares sejam executados corretamente, proporcionando um ambiente funcional aos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, José Milton. **Alvenaria Estrutural**. Disponível em: < https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/alv.estrutural/Apres.%20Alv.%20JM%20Araujo.pdf>. Acesso em: 10 de Outubro de 2021.

ARQUITETURA, Furlan. **Alvenaria Estrutural – Detalhes Construtivos**. Disponível em: < http://furlanengenhariacalculoestruturas.blogspot.com/2013/10/alvenaria-estrutural-detalhes.html?m=0>. Acesso em: 18 de Agosto de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10837: **Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118: **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: **Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-2: **Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7173: **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria sem Função Estrutural**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: **Execução de Concreto Dosado em Central**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8798: **Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto**. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8949: **Paredes de Alvenaria Estrutural – Ensaio à Compressão Simples**. Rio de Janeiro, 1985.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Alvenaria com Bloco de Concreto: **Prática Recomendada**. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml>. Acesso em: 25 de Agosto de 2021.

ALVENARIA ESTRUTURAL – blocos de concreto – Parte 1: **Execução e controle de obras**. NBR 15961-2, Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: Projeto; PW, 1990. 274 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2: **Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e Controle de Obras**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR1596-1: **Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BARROS, M. M. B. Avaliação das Características de alvenarias assentadas com argamassas industrializadas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1**, Goiânia. ANAIS...Universidade Federal de Goias, Goiânia, 1995. 9p.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural: Notas de Aula**. Ilha Solteira, 200. Disponível em: http://www.nepae.feis.unesp.br. Acesso: 20 de Agosto de 2021.

CASAS, Construindo. **Alvenaria estrutural: o que é e como fazer?**. Disponível em: < Alvenaria estrutural: o que é e como fazer? - Construindo Casas>. Acesso em: 23 de Agosto de 2021.

CONSULTORIA, Arco. **Alvenaria de Vedação ou Convencional**. Disponível em: < https://arcoconsultoria.org/tipos-de-estrutura-saiba-como-escolher-a-melhor-para-a-sua-construcao/>. Acesso em: 25 de Agosto de 2021.

COSTA, Marienne R. M. Maron. **Tecnologia de Argamassas – Parte I – UFPR**. Paraná, 2016.

ENGENHARIA, Mais. **Alvenaria como sistema estrutural em 3 estágios**. Disponível em: < https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/alvenaria-como-sistema-estrutural-estagios/>. Acesso em: 22 de Agosto de 2021.

ENGENHARIA, GFortes. **Alvenaria Estrutural Armada Preço Lapa**. Disponível em: < http://www.engenhariadecriacao.com.br/alvenarias-estruturais/alvenaria-estrutural-autoportante/alvenaria-estrutural-armada-preco-lapa>. Acesso em: 23 de Agosto de 2021.

EW7. Como funcionam os Shafts. Disponível em: < http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/140-como-funcionam-os-shafts.html>. Acesso em: 21 de Setembro de 2021.

FABRICADOS, Sólidos. **Bloco de Concreto Estrutural**. Disponível em: < http://www.solidosprefabricados.com.br/2013/06/bloco-de-concreto-de-vedacao.html>. Acesso em: 23 de Setembro de 2021.

FAVRETTO, Julia Machado. **Diretrizes Para Projetos em Alvenaria Estrutural – Modulação e Detalhamentos- UFSM**. Santa Maria, 2014.

FRANCO, Luiz Sérgio Franco, **Alvenaria Estrutural. 2004**. Apresentações Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAGE, Rangel. **Graute: Características e Funções na Alvenaria Estrutural**. Disponível em: < http://rangellage.com.br/graute-caracteristicas-e-funcoes-na-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 24 de Setembro de 2021.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2004. 116 p.

MARINOSKI, Deivis. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação e processo construtivo - UFSC**. Florianópolis, 2011.

MELO, Márcia. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: paginação**. Disponível em: < https://blogdaliga.com.br/alvenaria-estrutural-em-blocos-ceramicos-paginacao/>. Acesso em: 24 de Agosto de 2021.

MELO, Márcia. **Modulação Horizontal - Primeira Fiada**. Disponível em: < https://acervir.com.br/modulacao-eng-marcia-melo/>. Acesso em: 22 de Agosto de 2021.

NONATO, Luiz Fernando Costa. **Alvenaria Estrutural e Suas Implicações – UFMG**. Belo Horizonte, 2013.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural – TCC/USF**. Itatiba, 2007.

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

PINTEREST. **Exemplo de detalhamento em projeto de parede em Alvenaria Estrutural**. Disponível em: < https://br.pinterest.com/pin/692639617670018206/>. Acesso em: 21 de Agosto de 2021.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2003.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuição ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Cap. 6.

RODRIGUES, Júlio César. **Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo**. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema, Extrema – MG.

ROMAN, H. R. MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N.; **Construindo em Alvenaria Estrutural**. Editora da UFSC, Florianópolis – SC, 1999.

SCHIMITZ, Guilherme Antonio; MARTINS, Willian. **Alvenaria Estrutural: Diretrizes para o detalhamento de projeto em Alvenaria Estrutural de blocos vazados de concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), Palhoça – SC.

SILVA, Ana Flávia. **Avaliação da Resistência à Compressão da Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira, 2007.

TAVARES, J. H. **Alvenaria Estrutural: Estudo Bibliográfico e Definições**. UFERSA - Mossoró-RN, 2011.

UNAMA, Universidade do Amazonas. **Alvenaria de Vedação**. Belém, 2009. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAiOIAF/alvenaria-vedacao>. Acesso em: 21 de Agosto de 2021.

WATANABE, Paula Sumie. **Concretos Especiais – Propriedades, Materiais e Aplicações**. Bauru –SP, 2008.

JUNIOR, Valdir Oliveira. **Recomendações para Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 1992.

VIAPIANA, Rafael. **Análise da Resistência de Prismas de Blocos Cerâmicos e de Blocos de Concreto com Função Estrutural**. Ijuí, 2009.