

FAEX FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS DE EXTREMA

Curso de Engenharia Civil

“ALVENARIA ESTRUTURAL E SISTEMA CONSTRUTIVO”

EXTREMA
2018

FAEX FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS DE EXTREMA

Curso de Engenharia Civil

“ALVENARIA ESTRUTURAL E SISTEMA CONSTRUTIVO”

Monografia apresentada para à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da FAEX Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema, sob orientação da Prof.^a Renata Martinho de Camargo, como exigência parcial para a conclusão do curso de graduação.

Autor: Júlio César Rodrigues
Orientadora: Prof.^a Renata Martinho de Camargo

EXTREMA
2018

RODRIGUES, Júlio César. “**Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo**”

Trabalho de Conclusão de Curso definido e aprovado na FAEX Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema em 30 de Novembro de 2018 pela banca examinadora constituída pelos professores:

Data de aprovação: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof.^a Renata Martinho de Camargo
Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema
Orientadora

Prof.^a Roberta Moraes Martins
Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema

Prof. Afonso Henrique Vilela
Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui.

A minha mãe e meus filhos por toda a dedicação e paciência contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Aos amigos e colegas da Faculdade pelos momentos prazerosos proporcionados e a troca de conhecimentos e experiências vividas.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial a minha professora e orientadora.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Objetivo Geral.....	13
1.2 Objetivo Especifico.....	13
1.3 Justificativa.....	13
2. METODOLOGIA.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	15
3.1 Alvenaria Estrutural.....	15
3.2 Normas Brasileiras Aplicáveis a Alvenaria Estrutural.....	16
3.3 Sistema Construtivo.....	17
3.3.1 Alvenaria Convencional.....	18
3.3.2 Alvenaria Estrutural.....	19
3.4 Projeto.....	21
3.5 Definição do Sistema Construtivo.....	23
3.6 Modulação e detalhamento da Alvenaria.....	23
3.6.1Primeira e segunda fiada.....	28
3.7 Paginação.....	29
3.8 Tipos de Parede.....	29
3.8.1 Paredes de Contraventamento.....	30
3.8.2 Paredes Enrijecedoras.....	31
3.9 Hidráulica	32
3.10 Elétrica.....	34
3.11 Racionalização.....	36
3.12 Componentes da Alvenaria Estrutural.....	37
3.12.1 Bloco Estrutural.....	38
3.12.2 Bloco de Concreto.....	38
3.12.3 Bloco Cerâmico.....	39
3.12.4 Argamassa.....	41
3.12.5 Visita ou Espia	43
3.12.5.1 Graute.....	45
3.12.6 Armadura.....	47

3.13 Equipamentos.....	48
3.13.1 Palheta.....	48
3.13.2 Bisnaga.....	49
3.13.3 Escantilhão.....	50
3.13.4 Meia Cana Metálica.....	51
3.14 Controle de Qualidade.....	52
4. VISITA À FÁBRICA DE CERÂMICA MIFALE.....	53
5. ANÁLISE CRÍTICA.....	64
6. CONCLUSÃO	65
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	66

RESUMO

Sistema construtivo em alvenaria estrutural está sendo uma opção na busca por uma construção mais eficaz, econômica e de qualidade. Quando bem projetado, o sistema construtivo em alvenaria estrutural traz inúmeras vantagens, como rapidez, diminuição de desperdícios e custo competitivo. Em outras palavras, implica em racionalização da obra, estudos comprovam que edificações em alvenaria estrutural apresentam vantagens econômicas consideráveis, em critérios de custo e de tempo, comparados ao sistema construtivo convencional.

É imprescindível que o projeto seja elaborado por profissionais com conhecimentos técnicos específicos nesse tipo de construção.

Muitos profissionais que trabalham na área, seja executando ou fiscalizando, não estão aptos a realizar os projetos, pois não apresentam o devido conhecimento técnico que o sistema exige na construção de uma edificação em alvenaria estrutural. Por meio de pesquisa bibliográfica, foram reunidas neste trabalho de forma que possa conscientizá-los sobre a importância e responsabilidade das etapas construtivas.

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

ABSTRACT

Construction system in structural masonry is being an option in the search for a more efficient, economic and quality construction. When well designed, the structural masonry structural system has many advantages, such as speed, waste reduction and competitive cost. In other words, it implies a rationalization of the work, studies prove that buildings in structural masonry have considerable economic advantages, in terms of cost and time, compared to the conventional construction system.

It is imperative that the project is prepared by professionals with specific technical knowledge in this type of construction.

Many professionals working in the area, either running or inspecting, are not able to carry out the projects, as they do not have the proper technical knowledge that the system requires in the construction of a building in structural masonry. Through bibliographic research, they have been gathered in this work in a way that can make them aware of the importance and responsibility of the constructive stages.

Key words: Constructive System, Structural Masonry, Economics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alvenaria Convencional.....	18
Figura 2. Alvenaria Estrutural.....	19
Figura 3. Projeto em Alvenaria Estrutural.....	21
Figura 4. Obra Que Não Pode Ser Executada Em Alvenaria Estrutural.....	22
Figura 5. Família de Blocos	23
Figura 6. Coordenação Modular.....	24
Figura 7. Amarração de Canto e em T Bloco 29.....	25
Figura 8. Amarração em L e em T Bloco 39.....	26
Figura 9. Amarração em L Bloco 39.....	27
Figura 10. Amarração em T Bloco 39.....	27
Figura 11. Primeira fiada.....	28
Figura 12. Elevação (Paginação).....	29
Figura 13. Construção Sem Parede de Contraventamento.....	30
Figura 14. Construção Com Parede de Contraventamento.....	31
Figura 15. Parede Enrijecedora.....	32
Figura 16. Parede Hidráulica	33
Figura 17. Shaft.....	34
Figura 18. Passagem Das Tubulações Elétricas Pelos Furos Dos Blocos.....	35
Figura 19. Alvenaria Tradicional.....	36
Figura 20. Alvenaria Racionalista.....	37
Figura 21. Construção Em Bloco Estrutural De Concreto.....	38
Figura 22. Construção Em Bloco Estrutural Cerâmico.....	39
Figura 23. Argamassa.....	40
Figura 24. Espia.....	44
Figura 25. Espia	45
Figura 26. Graute.....	46
Figura 27. Armaduras.....	47
Figura 28. Palheta.....	48
Figura 29. Bisnaga.....	49
Figura 30. Escantilhão.....	50
Figura 31. Meia Cana.....	52

Figura 32. Foto Aérea Cerâmica Mifale.....	53
Figura 33. Visita à Fabrica.....	54
Figura 34. Estoque de Argila.....	55
Figura 35. Britagem/Moagem.....	55
Figura 36. Mistura.....	56
Figura 37. Extrusão/Corte.....	57
Figura 38. Secador/Mesa Agrupadora.....	57
Figura 39. Pré Forno.....	58
Figura 40. Forno Tipo Capela.....	59
Figura 41. Forno Mecanizado.....	59
Figura 42. Paletização.....	60
Figura 43. Distribuição.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Alvenaria Convencional E Estrutural.....	20
Tabela 2. Características Das Argamassas De Cimento, Cal Ou Mistas.....	42
Tabela 3. Determinação Da Resistência À Compressão.....	62
Tabela 4. Resistência Característica À Compressão Estimada.....	63

INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um conceito de sistema construtivo, onde toda alvenaria está envolvida diretamente na sustentação de uma obra.

Refere-se de um processo construtivo, no qual as paredes têm função estrutural, ou seja, são autoportantes. Dessa forma, fica encarregada da transmissão das cargas até a fundação. Diferente da construção convencional, na qual está é utilizada como elemento de vedação.

Pode se dizer que na alvenaria estrutural a resistência depende unicamente das paredes, compostas por blocos de concreto ou blocos cerâmicos, todos com grande capacidade de resistência à compressão.

Atualmente a alvenaria estrutural vem ganhando espaço no mercado da construção civil, que cada vez mais busca por um processo construtivo de rápida execução, custo baixo e alta qualidade.

Cabe ao profissional analisar o melhor método construtivo com suas vantagens e desvantagens para suprir as necessidades específica para cada obra.

1.1. Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise do sistema construtivo em alvenaria estrutural. Buscando avaliar a eficácia a eficiência e a viabilidade.

O objetivo do trabalho é descrever de maneira a propiciar o levantamento teórico, organização e registro dos materiais, e dados referentes ao assunto. Ressaltar sobre a racionalização na construção civil, em todo o seu processo, com base nos levantamentos obtidos e na identificação das medidas que já estão sendo utilizadas para a minimização dos desperdícios de recursos empregados.

1.2 Objetivo Específicos

- Apresentar vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural;
- Conceituar materiais e equipamentos no contexto da alvenaria estrutural;
- Aplicar conceitos que melhora a racionalização da construção.

1.3. Justificativa

O assunto deste trabalho justifica-se pela necessidade de informações que visam reduzir decisões tomadas em obra, evitar retrabalho e desperdícios, aumentar a facilidade de execução, melhorar qualidade e principalmente, executar uma obra racionalizada e econômica.

METODOLOGIA

- A metodologia adotada é referente a REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural. A partir das técnicas, foram organizadas por subtemas o que permitiu compreender conceitos e reconhecer as tecnologias empregadas no sistema construtivo.
- Foi realizada uma visita à FÁBRICA DE BLOCOS ESTRUTURAIIS CERÂMICA MIFALE em Bragança Paulista, para entender o processo e as etapas fundamentais que envolvem a fabricação do bloco estrutural cerâmico.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Alvenaria Estrutural

Alvenaria Estrutural é um sistema em que as paredes são feitas por blocos de concreto ou cerâmico que, além de vedar a casa, formam a estrutura da construção e suportam a carga do peso das próprias paredes, da laje, da cobertura e da ocupação (pessoas, móveis, objetos da casa).

Hoje em dia a alvenaria estrutural tem sido muito usada pelas construtoras, pois torna a obra mais rápida e mais barata. Muitos condomínios de sobrados, prédios e conjuntos comerciais tem usado esse sistema.

A alvenaria estrutural é, por sua vez, toda estrutura de alvenaria, dimensionada através de procedimentos de cálculo para suportar cargas além do peso próprio.

Entende-se também, que a alvenaria estrutural pode ser definida como sendo um processo construtivo cuja característica principal é a existência e aplicação de paredes de alvenaria e lajes enrijecedoras como principal estrutura de suporte de edifícios, segundo Franco (1992).

Um processo construtivo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade com segurança e economia.

No processo criativo de uma edificação em alvenaria estrutural é fundamental a perfeita integração entre arquiteto e urbanista e o engenheiro civil, objetivando a obtenção de uma estrutura economicamente competente para suportar todos os esforços previstos sem prejuízo das demais funções: compartimentação, vedação, isolamento termo acústico, instalações hidráulicas, elétricas e também funcionais, esteticamente agradáveis.

3.2 Normas Brasileiras Aplicáveis A Alvenaria Estrutural

O projeto e execução de obras em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e a especificação e o controle dos componentes da alvenaria são padronizados pelas prescrições das seguintes 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.

3.3 Sistema Construtivo

Conforme definição de Camacho (2001), “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.”

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

3.3.1 Alvenaria Convencional

Sua função principal dentro de uma construção é a de promover a vedação, a partir da separação de ambientes e fachadas. Todo o peso é absorvido pela estrutura de pilares e vigas, dessa forma as paredes construídas não possuem função estrutural como (Figura 1). É comum o emprego de vigas e pilares moldados por formas de madeira.



Figura 1: Alvenaria Convencional

Fonte: <http://www.forumdaconstrução.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1642>

3.3.2 Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo em que se utilizam as paredes da construção para resistir às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas de concreto armado, aço ou madeira (ROMAN; MUTI; ARAÚJO, 1999).

É utilizado paredes não apenas como elementos de vedação, mas também como elementos resistentes às cargas verticais de lajes, ocupação e peso próprio e às cargas laterais resultantes da ação do vento sobre a edificação e de desvios de prumo como mostra a (Figura 2).

Logo as paredes estruturais devem apresentar as seguintes funções:

- Resistir às cargas verticais;
- Resistir às cargas de vento;
- Resistir à impactos e cargas de ocupação;
- Isolar acústica e termicamente os ambientes;
- Prover estanqueidade à água da chuva e do ar;
- Apresentar bom desempenho a ação do fogo.



Figura 2: Alvenaria Estrutural
Fonte: Cedida pela fábrica Cerâmica Mifale

A tabela 1 mostra as vantagens e desvantagens da alvenaria convencional e alvenaria estrutural.

Alvenaria Convencional



Alvenaria Estrutural



X

✓ É um sistema de construção formado por pilares, vigas e lajes para a absorção de cargas, onde as paredes não possuem neste caso função estrutural, somente de vedação;

✓ Do ponto de vista arquitetônico, não existe restrição quanto as medidas do projeto, permitindo assim uma certa liberdade no momento de criação;

✓ Não existe limites de futuras reformas na edificação com este sistema de construção;

✗ É um sistema de construção que demanda mais tempo para sua execução;

✗ O custo deste sistema de construção pode ser mais elevado do que o sistema de Alvenaria Estrutural;

✗ O prejuízo de materiais pode variar em torno de 5% a 15% neste sistema construtivo, já que as paredes são erguidas e em seguida, são quebradas para que ocorra a instalação das tubulações.

✓ É um sistema de construção formado por paredes e lajes. Neste sistema não existem pilares e vigas, sendo assim, as paredes possuem como objetivo absorver todas as cargas de edificação.

✓ É um sistema construtivo que acaba otimizando o seu tempo de execução, diminuindo os gastos e as atividades desnecessárias;

✓ O custo de execução deste sistema é menor, podendo gerar uma economia de até 15% comparando-se ao sistema de Alvenaria Convencional;

✗ É um sistema de construção que não permite alterações e futuras reformas;

✗ É um sistema que requer mão de obra especializada;

✗ Não é um sistema que pode ser utilizado em qualquer projeto, já que as possibilidades são limitadas de acordo com o padrão dos blocos.

Tabela 1: Convencional x Estrutural

Fonte: IBDA Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura

3.4 Projeto

Segundo (RAUBER, 2005), no projeto, deve-se buscar a maximização da eficiência e desempenho através do emprego de todos os recursos técnicos possíveis.

É importante que desde o início da construção a opção pela alvenaria estrutural já esteja definida, para que se obtenha as vantagens técnicas e econômicas que levem a racionalização, gerando aumento de produtividade e redução de custos.

Abaixo segue modelo de projeto em alvenaria estrutural (Figura 3)

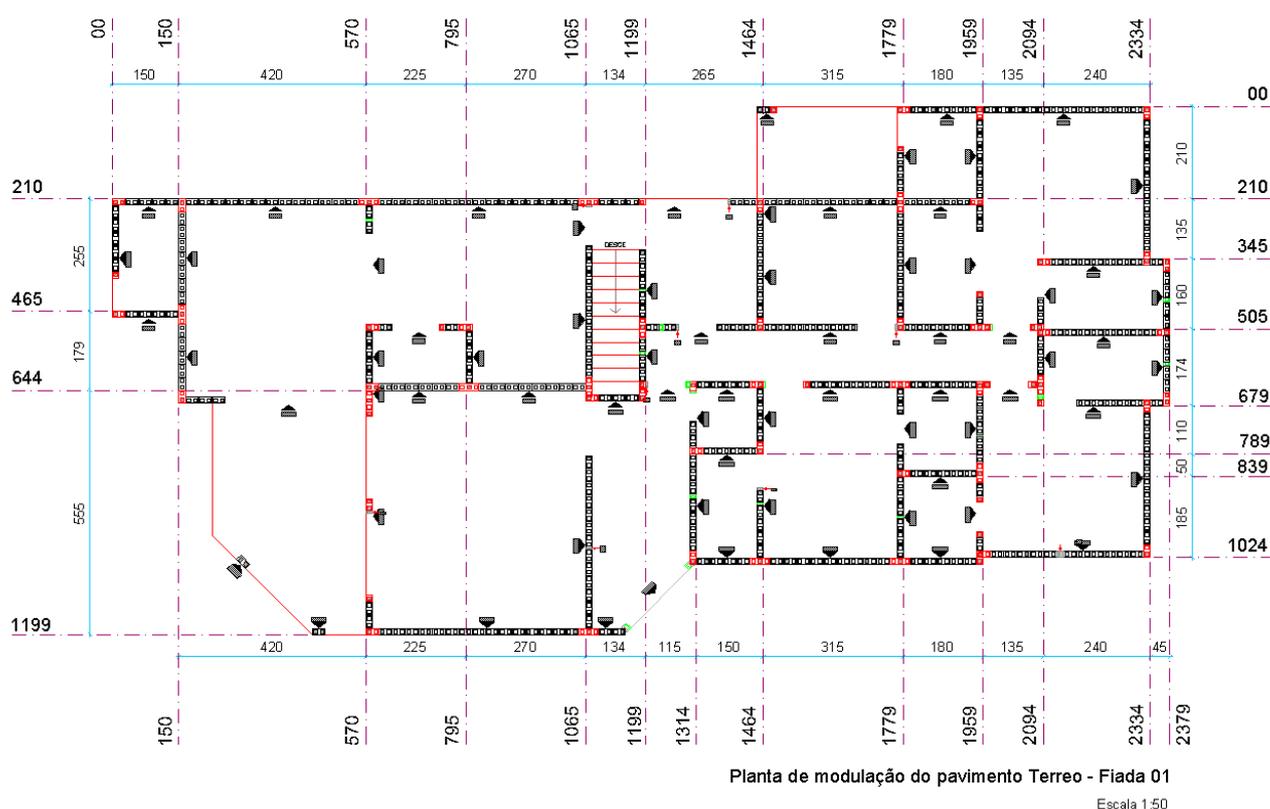


Figura 3: Projeto em alvenaria estrutural
Fonte: Projeto elaborado pelo autor, (2018)

A fase de projeto é a etapa mais importante em uma construção em alvenaria estrutural, é nessa fase que o engenheiro projetista definirá a viabilidade em se construir em alvenaria estrutural, dependendo da arquitetura e complexibilidade do projeto a execução em alvenaria estrutural fica inviável, como por exemplo, obras com vãos muito extensos ou com aberturas maiores, balanços, sacadas e terraços extensos em balanço, a alvenaria estrutural não teria condições de suprir essas necessidades. Na Figura 4 mostra uma obra que não pode ser executada em alvenaria estrutural.

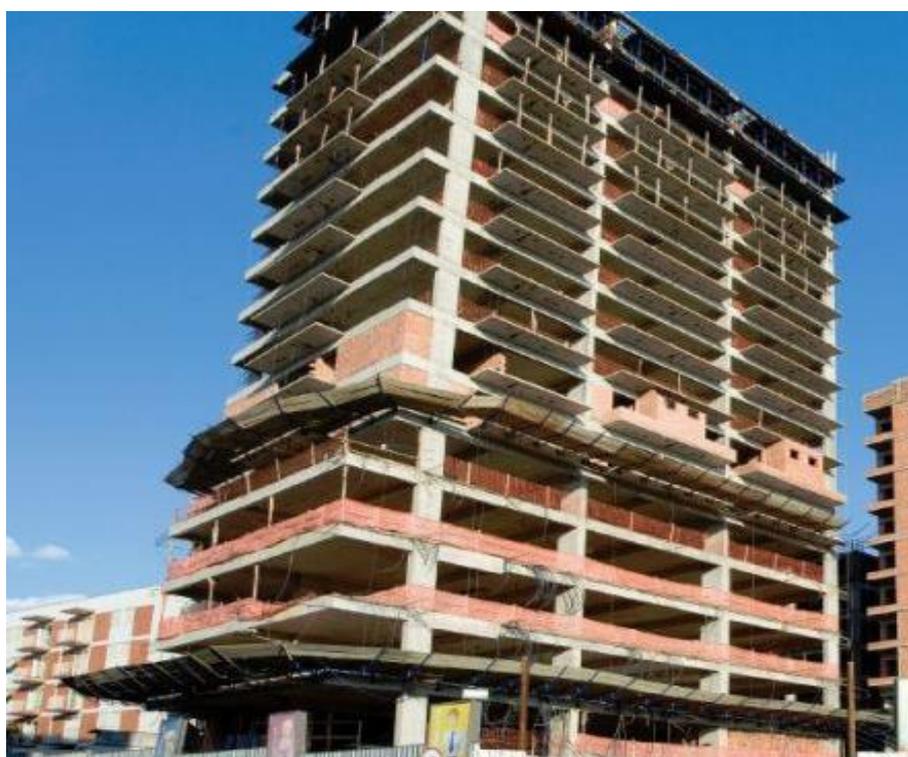


Figura 4: Obra que não pode ser executada em alvenaria estrutural
Fonte: <https://techne.pini.com.br>

3.5 Definição Do Sistema Construtivo

Depois de definido o projeto cabe ao engenheiro projetista avaliar a viabilidade de obra ser executada em alvenaria estrutural, dependendo da Arquitetura e complexibilidade do projeto a execução em alvenaria estrutural fica inviável, como por exemplo obras com vãos muitos longos e com janelas muito grandes, o papel da alvenaria estrutural começa a não ter condições de suprir essas necessidades.

3.6 MODULAÇÃO E DETALHAMENTO DA ALVENARIA

A NBR 5706 (ABNT, 1977) define que a “coordenação modular é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto por meio de um reticulado espacial modular de referência” e que o conceito de módulo é “a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência”.

Para iniciar a modulação de um projeto é necessário definir alguns parâmetros. O mais importante é escolher a definição da família de blocos que serão utilizados na construção.

As dimensões de fabricação mais comuns para blocos cerâmicos estruturais, são as famílias 11,5 cm, 14,0 cm e 19 cm conforme (Figura 5).

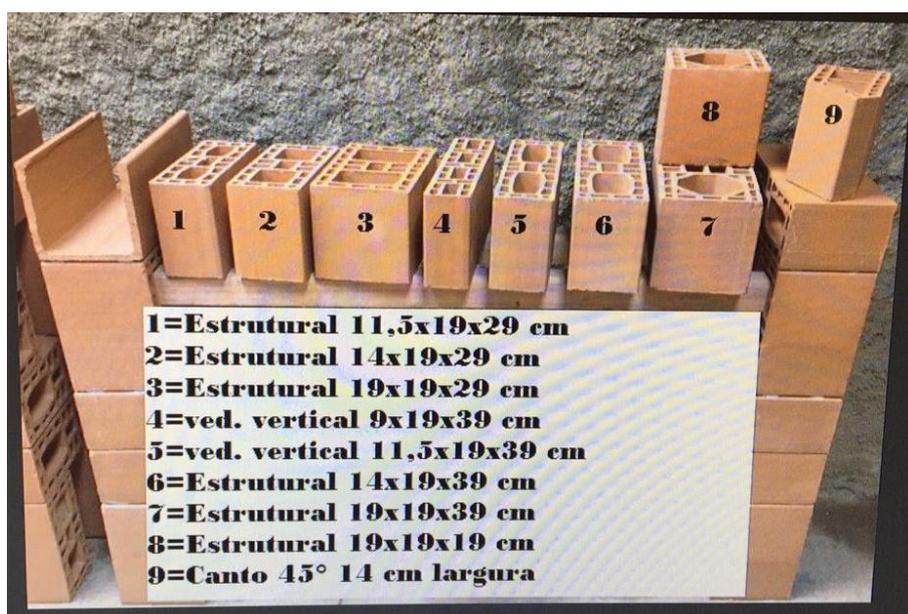


Figura 5: Família de Blocos
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

O mais comum, é utilizar duas famílias de blocos: a família 29 e a família 39, para a família de blocos de 29cm, a unidade modular é de 15cm, onde 15cm é a medida do bloco de 14cm mais 1cm de junta com argamassa.

A família 29 (Figura 6) é composta de três elementos básicos: o bloco B29 (14x19x29 cm), o bloco B14 (14x19x19cm) e o bloco B44 (44x19x14cm).

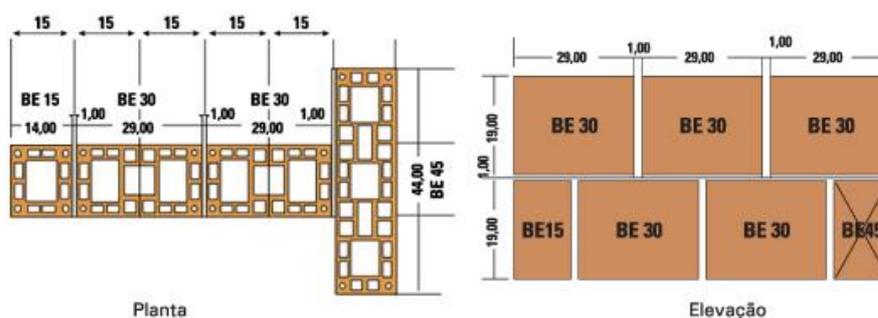


Figura 6: Coordenação Modular

Fonte: <http://www.selectabloco.com.br>

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.

A amarração efetiva das paredes é um ponto determinante na execução da alvenaria estrutural. Com a utilização dos blocos BE15, BE30, BE45, garante-se o intertravamento das unidades de alvenaria de forma simples e lógica, em todas as situações. Isto é, uma sequência padronizada que representa a disposição dos blocos para cada uma das amarrações mais comuns, e também sua disposição em duas fiadas (fiadas ímpares e fiadas pares). Conforme mostra a (Figura 7).

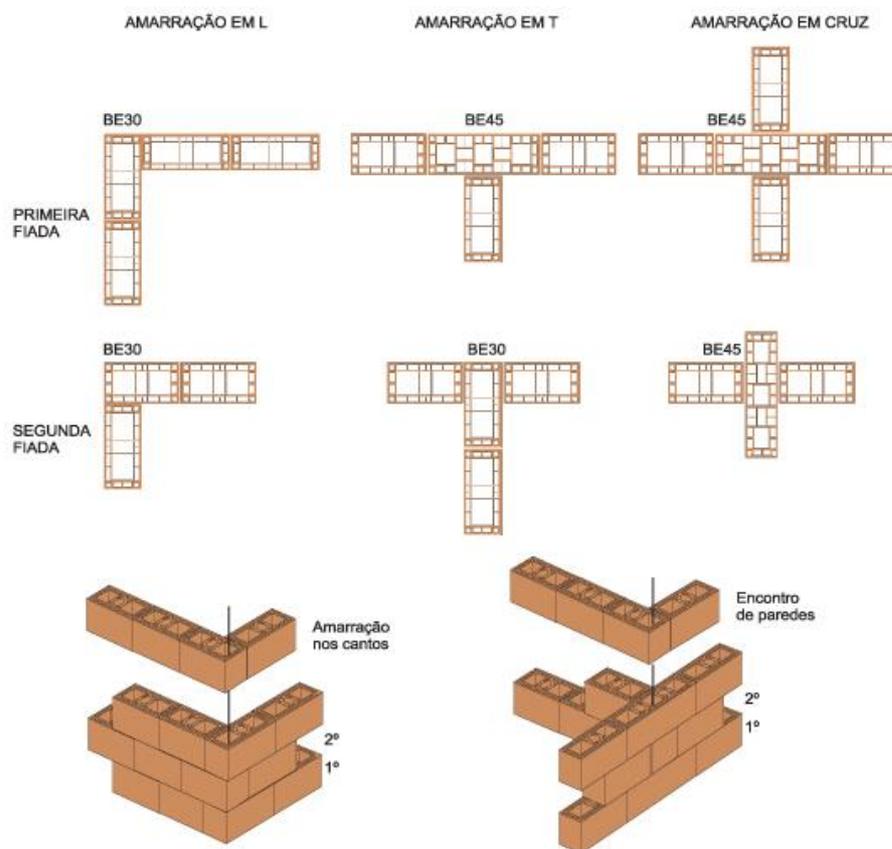
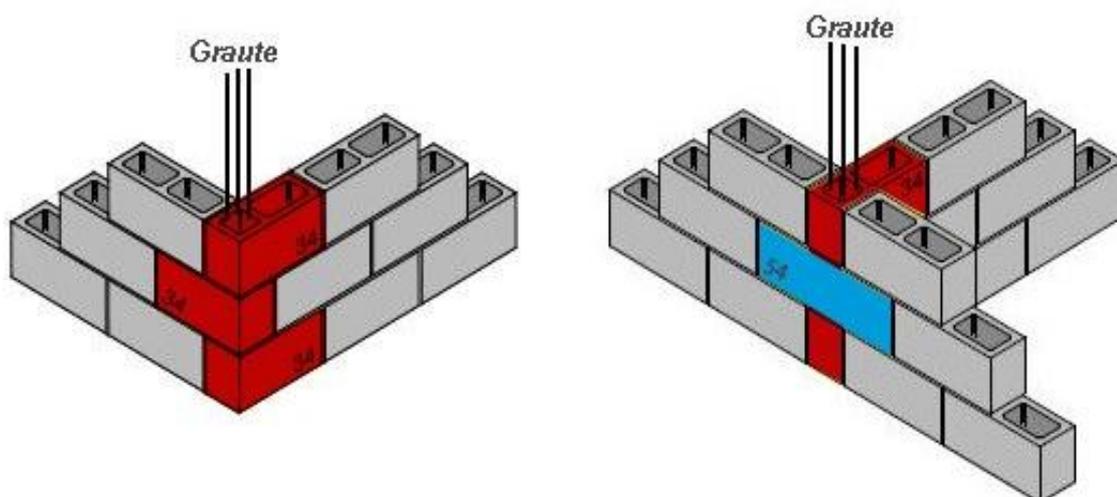


Figura 7: Amarração de canto e em T Bloco 29
 Fonte: <http://www.selectblocos.com.br>

A família 39 é composta de três elementos básicos: o bloco B39 (39x19cm) e largura variável; o bloco B19 (19x19cm) e largura variável; e o bloco B54 (54x19cm), conforme (Figura 8), e largura variável. Utilizar a família 39 significa projetar usando a unidade modular 20 e múltiplos de 20, onde 20 é a medida do bloco de 19cm, mais 1 cm de espessura das juntas.



AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “L”

Nos cantos são utilizados blocos especiais nas dimensões 14 x 34 (Largura x Comprimento)

AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “T”

Nos encontros são utilizados blocos especiais nas dimensões 14 x 34 (Largura x Comprimento) numa fiada e 14 x 54 na fiada seguinte.

Figura 8: Amarração em L e T Bloco 39

Fonte: <http://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/alvenaria-como-sistema-estrutural->

No caso da família 39, os blocos podem ter largura de 14cm e 19cm. Os blocos com largura de 14cm exigem elementos compensadores, já que seu comprimento não é múltiplo da largura. Os elementos compensadores são necessários não só para ajuste de vãos de esquadrias, mas também para compensação da modulação em planta baixa.

Quando utilizamos os blocos com largura de 14cm, precisamos lançar mão de um bloco especial, que é o bloco B34 (34x19x14cm), conforme (Figura 9 e 10), para ajuste da unidade modular nos encontros em “L” e em “T” para conseguirmos amarração perfeita entre as alvenarias.

Amarração de canto

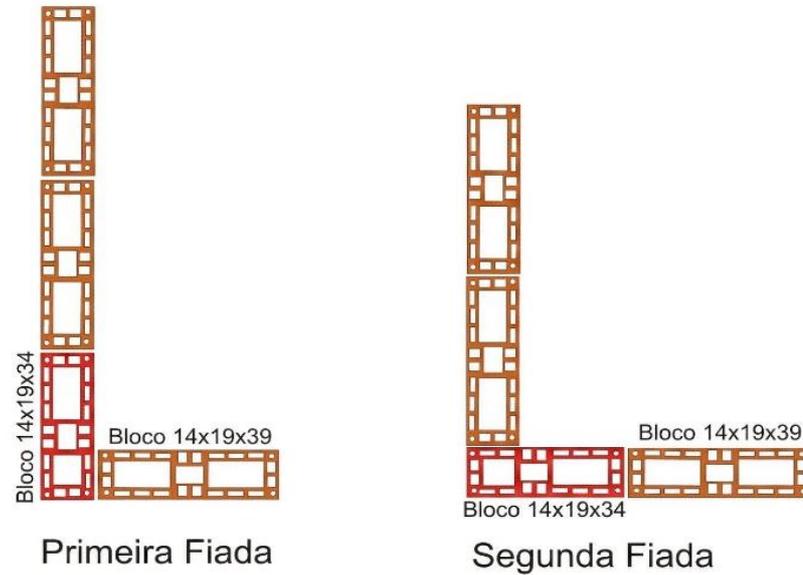


Figura 9: Amarração em "L" Bloco 39

Fonte: <http://acervir.com.br/modulacao-eng-marcia-melo>

Amarração em "T"

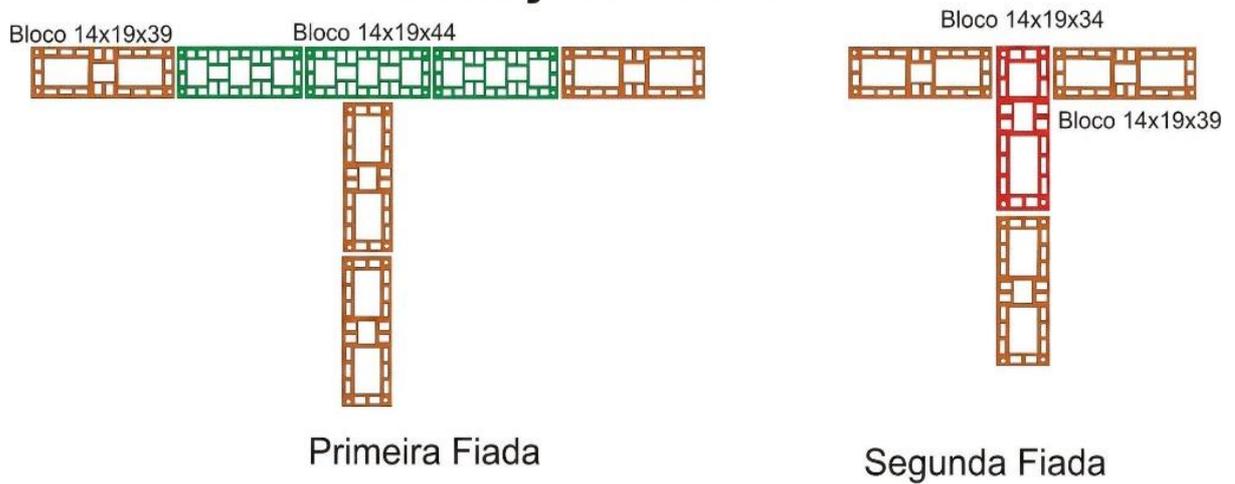


Figura 10: Amarração em "T" Bloco 39

Fonte: <http://acervir.com.br/modulacao-eng-marcia-melo>

3.6.1 Primeira e Segunda Fiada

A primeira e a segunda fiada são as mais importantes de toda obra, todo projeto em alvenaria estrutural precisa ser definida e detalhada.

Sobre a planta baixa já com as medidas detalhadas inicia a distribuição dos blocos estratégicos da primeira fiada, que são posicionados nos cantos, encontros de paredes e os blocos determinantes das aberturas de portas. São os primeiros a serem assentados e servem de referência para assentamento dos demais blocos.

Segue-se desenhando sucessivamente módulos de 14cm + 1cm ou 19 cm de junta até os blocos estratégicos, (Figura 11), onde as paredes deverão ser feitas com “juntas amarradas”, nunca com juntas à prumo, esta solução não é permitida em alvenaria estrutural (só é permitida desde que devidamente ligada com a armadura, normalmente constituída por grampos metálicos ancorados nos furos verticais nos blocos que unem as duas paredes e que os mesmos sejam grauteados).



Figura 11: Primeira fiada
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

direção do esforço lateral.

Uma parede de alvenaria pode suportar pesadas cargas verticais e horizontais paralela ao seu plano, mas é comparativamente fraca às cargas horizontais que atuam perpendicularmente ao seu plano.

De acordo com Roman, Mutti e Araújo (1999, p. 16), as paredes como elementos de alvenaria podem ser subdivididas em:

3.8.1 Paredes De Contraventamento

São paredes estruturais projetadas para suportarem as cargas horizontais e cargas externas (ação do vento) paralelas aos seus planos, dessa forma promovendo o “travamento” da estrutura, como por exemplo, um galpão não poderia ser feito em alvenaria estrutural, por não conter paredes internas “contraventamento” para a estabilidade da estrutura contra ação do vento.

Em uma obra ou prédio em alvenaria estrutural o ideal seria todas paredes ter função estrutural, isso ajuda na estabilidade da construção, com exceção das paredes hidráulicas, que devem ser paredes de vedação sem função estrutural (Figuras 13 e 14).



Figura 13: Construção sem paredes de contraventamento
Fonte: <https://www.websta.one/tag/GalpaoIndustrial>



Figura 14: Construção com paredes de contraventamento
Fonte: <https://www.websta.one/tag/GalpaIndustrial>

3.8.2 Paredes Enrijecedoras

Têm a função de enrijecer as paredes estruturais contra a flambagem, em paredes mais extensas sem as paredes de contraventamento, pode se enrijecer a parede com execução de vários grautes em sequência, trazendo estabilidade a estrutura (Figura 15).



Figura 15: Parede Enrijecedora
Fonte: <http://www.clubedoconcreto.com.br>

3.9 Hidráulica

A integração de projetos é uma das premissas de uma obra em alvenaria estrutural. Em um sistema construtivo racionalizado é inconcebível a hipótese de se rasgar paredes, improvisar na obra, etc. Na (Figura 16) mostra exemplo de parede hidráulica.

Essas práticas correntes em alvenaria de vedação e, infelizmente, ainda encontrada em obras de alvenaria estrutural, significam, retrabalho, desperdício, maior consumo de material e mão de obra e principalmente, insegurança estrutural, uma vez que a parede, cuja seção resistente é reduzida, constitui o elemento estrutural.

A iniciativa de integração dos projetos deve ser do engenheiro, criando soluções para a coexistência harmônica da arquitetura, estrutura e instalações.

Quando o projeto arquitetônico permitir que se tenha uma única parede comum a todas as áreas molhadas pode-se utilizar o recurso de ligá-las as prumadas dispostas externamente e justapostas à parede. Isto permite fechamento parcial ou total com outra parede e o painel removível. Também viabiliza o uso de kits pré-fabricados e dispensa remoção de acabamentos para inspecionar o resultado do processo. Toda e qualquer instalação somente pode ser embutida na alvenaria verticalmente, nos furos dos blocos.

A maior dificuldade reside nas tubulações de água e esgoto. Para isso algumas medidas podem facilitar o percurso vertical das instalações.

1. Agrupamento das instalações hidro sanitárias de banheiros e e cozinhas em paredes hidráulicas (sem função estrutural) com tubulações passando pelos furos dos blocos.

2. Adoção de shafts para tubulações hidro sanitárias (Figura 17).

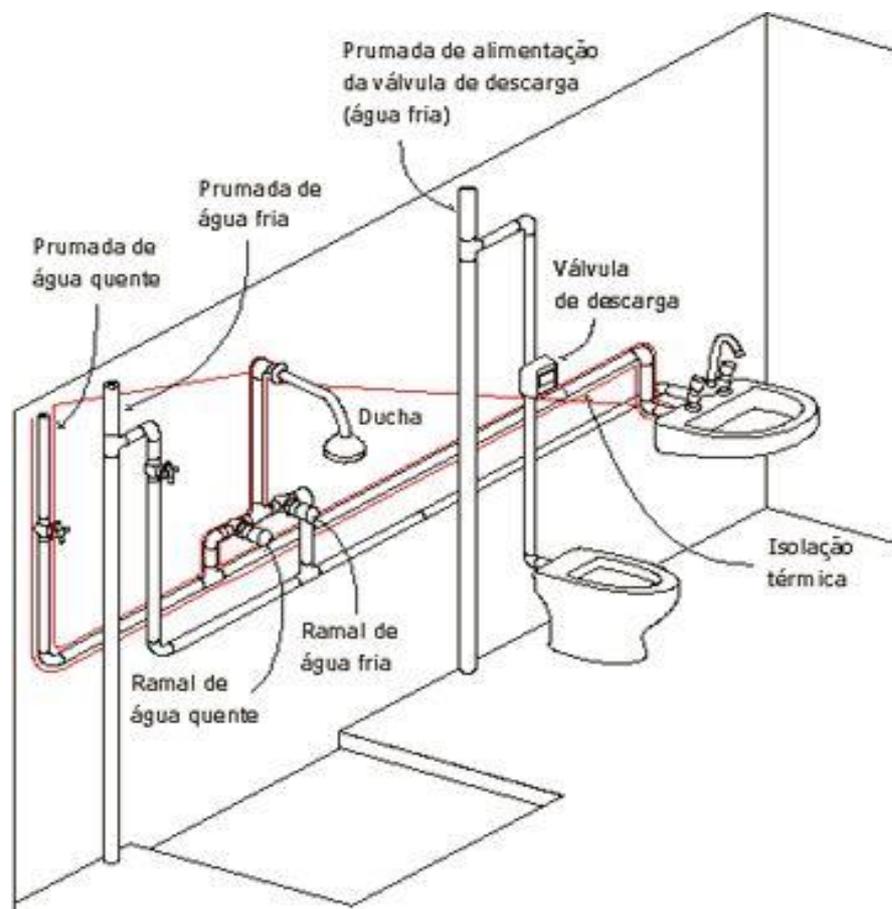


Figura 16: Parede hidráulica

Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/554505772855478208/>



Figura 17: Shaft

Fonte: <http://omniapcp.com.br/site/dicas/pe/>

3.10 Elétrica

De acordo com Manzione (2004), como princípio geral, o caminhamento das tubulações elétricas, conforme mostra a (Figura 18), será sempre feito na direção vertical, aproveitando-se os vazios dos blocos para a passagem de mangueiras, cortes horizontais não são permitidos para interligação de pontos.

Diferente da alvenaria convencional, onde primeiro é executada a alvenaria, depois são feitos os cortes para passagem das tubulações elétricas, a alvenaria estrutural as tubulações elétricas precisam ser executadas em conjunto com a alvenaria, sem necessidade de corte das paredes, pois as tubulações passam pelos vazios dos blocos,

Trazendo economia e rapidez para obra, por isso é fundamental um projeto elétrico bem elaborado e compatível com os projetos hidráulico e estrutural.



Figura 18: Passagem das tubulações elétricas pelos furos dos blocos
Fonte: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAfdsYAD/alv-estrutural-ct-4>

3.11 Racionalização

Racionalização é o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade socioeconômica própria.” (SABBATINI apud FRANCO, 1989).

Segundo FRANCO e AGOPYAN (1994) a alvenaria estrutural tem grande potencialidade de racionalização, principalmente pelos aspectos pela facilidade de absorção de um sistema de coordenação modular e padronização de seus processos.

Para ROMAN (1996), a alvenaria estrutural permite uma racionalização total, desde a fase de projeto até os procedimentos de obra.

A execução de alvenaria racionalizada passa, necessariamente, pela racionalização da mão-de-obra por meio de treinamento e motivações.

Lordsleem Jr. (2000) discorre sobre esta necessidade.

Para viabilizar a produção da alvenaria racionalizada é importante que todas as pessoas responsáveis por esta atividade, desde o gerente da obra até o operário que a executa, entendam e estejam conscientes dos benefícios da racionalização. Treinamento e a motivação devem ser trabalhados em todos os níveis hierárquicos. Para o treinamento visando à capacitação técnica, podem ser utilizadas figuras ou vídeos, contendo cenas reais de execução. Isso permite a observação da prática de trabalho, o que facilita o entendimento principalmente da execução de detalhes construtivos, além de corrigir eventuais dúvidas. Quanto às formas de motivação, enumeram-se algumas sugestões: remuneração justa, investimentos em saúde e segurança do trabalho, tornar possível o crescimento na empresa, criar condições para a integração e o convívio social a partir do trabalho realizado.

Conforme Vieira (2007), uma das principais vantagens da alvenaria estrutural está na racionalização, pois o sistema construtivo “induz à racionalização de diversas atividades”, como as instalações elétricas e hidráulicas.

O potencial de racionalização construtiva de um empreendimento está ligado aos projetos. São estes que determinarão uma maior ou menor eficiência de um determinado sistema construtivo. Isso ocorre devido ao potencial de uso de inovações tecnológicas, ferramentas, equipamentos adequados, processos construtivos e coordenação dimensional dos componentes. Tudo isso está relacionado à eficiência da forma de construir (THOMAZ, 2001).

Conforme mostra a Figura 19, desperdício, sujeira e tijolos assentados quebrados. Na Figura 20, organizada e redução de perdas e de consumo.



Figura 19: Alvenaria Tradicional
Fonte: <http://www.tpengenharia.com>.

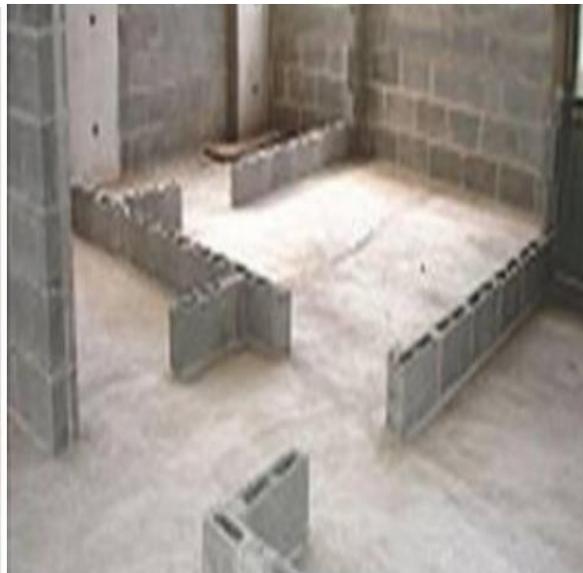


Figura 20 Alvenaria Racionalista

3.12 Componentes Da Alvenaria Estrutural

Definidos pela NBR 10837/89, os componentes básicos empregados na 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).

3.12.1 Bloco Estrutural

Pode ser tanto de blocos de concreto como blocos cerâmico e é o principal componente do sistema construtivo. Tem como função absorver as tensões de compressão geradas pelas cargas da edificação, substituindo a estrutura de concreto.

São os componentes mais importantes da alvenaria estrutural, já que “os blocos, como componentes básicos da alvenaria estrutural, são os principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura” (RAMALHO E CORRÊA, 2003). Segundo CAMACHO (2006), eles comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos.

3.12.2 Bloco Concreto

É um componente industrializado, produzido em máquinas que vibram e prensam, podendo ser fabricados com uma vasta variedade de composições. Por serem moldados em fôrmas de aço, possuem precisão dimensional que confere facilidade na execução da alvenaria. Suas características e desempenho dependem do equipamento, da qualidade dos materiais empregados e da sua proporção adequada.

Os blocos de concreto normalizados possuem formato e dimensões padronizadas, que proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido, econômico e eficiente. Além disso, o material concreto possui um módulo de elasticidade similar ao da junta de argamassa, aproximando a resistência da alvenaria à do bloco (Figura 21).

Além dos aspectos técnicos, os blocos de concreto apresentam outras vantagens:

- Podem ser produzidos em resistências características variadas, em função da necessidade estrutural das edificações;
- Podem ser produzidos com diferentes formas, cores e texturas;
- Possuem vazados de grandes dimensões que permitem a passagem de tubulações elétricas e, em alguns casos, sanitárias. Estes vazados também podem ser preenchidos com graute (microconcreto) para a execução de cintas de amarração, vergas ou quando se deseja aumentar a resistência da alvenaria à compressão;
- Por serem produzidos a partir da mistura de cimento, agregados miúdos e graúdos, estão disponíveis em praticamente todas as cidades de médio e grande porte do País;

- Apresentam baixíssima variação de dimensões, que são modulares, evitando desperdícios por quebras em obra e diminuindo substancialmente as espessuras dos revestimentos aplicados.



Figura 21: Construção em Bloco Estrutural de Concreto
Fonte: <https://techne.pini.com.br>

3.12.3 Bloco Cerâmico

Os blocos cerâmicos são fabricados utilizando como matéria prima principal a argila, como mostra a (Figura 22). O processo de fabricação é simples consistindo basicamente em juntar diferentes tipos de argilas, que geralmente são encontradas em uma mesma região, para formar uma massa uniforme. Essa uniformidade é acentuada após a massa ser triturada e receber a composição de água em sua mistura, depois dessa fase a mistura argilosa está pronta para ser moldada na forma de elementos manuais de construção, isto é, em blocos.

A secagem dos blocos tem grande importância na sua propriedade de resistência, por isso são levados a grandes temperaturas até atingir as propriedades necessárias para um bloco estrutural, já o resfriamento é realizado lentamente para evitar o surgimento de fissuras pela cura repentina dele.

A NBR 15270-2 estabelece a obrigatoriedade de o tijolo conter em sua face dados do fabricante e as dimensões, essências, do bloco como largura, comprimento e altura, essas são formas de manter o controle da qualidade e a responsabilização dos fabricantes.

Sendo o bloco cerâmico para uso em construções que adotam o sistema de alvenaria estrutural não pode ele conter defeitos de fabricação, como quebras, trincas e irregularidades a qual venha descaracterizar sua função estrutural.

Portanto, é muito importante um controle durante a produção e uma avaliação visual do bloco ao recebê-lo na obra pelo fornecedor, além de outros testes laboratoriais mais específicos, como teste de resistência, durabilidade e capacidade do bloco aderir à argamassa ao longo do processo construtivo.

Os blocos cerâmicos específicos são produzidos com base na adequação e sua utilização no canteiro de obra, ou seja, são fabricados conforme necessidade, como meio de flexibilizar e agilizar a execução, por exemplo, blocos especiais para a disposição de amarração de cantos de paredes, bloco elétrico, hidráulico dentre outras previstos no projeto.

Evita-se ao máximo, nesse tipo de construção (alvenaria estrutural), a alteração das características essenciais do bloco para realizar sua função estrutural.



Figura 22: Construção em Bloco Estrutural Cerâmico
Fonte: <https://techne.pini.com.br/2017/05>

3.12.4 Argamassa

Na alvenaria estrutural, a argamassa tem função de ligação entre blocos, uniformizando os apoios entre eles. O conjunto bloco mais argamassa forma um elemento misto chamado alvenaria, que deve ser capaz de suportar diferentes carregamentos e condições ambientais.

A argamassa tem função de transmitir todas as ações verticais e horizontais atuantes de forma a solidarizar as unidades, criando uma estrutura única. Além disso, ainda absorve pequenas deformações e previne a entrada de vento e de água na edificação.

Tradicionalmente, a argamassa para assentamento é composta de cimento, cal e areia. Existem também argamassas só de cal ou só de cimento (mais areia), cada uma com suas vantagens e desvantagens. Argamassas mais fortes (só de cimento e areia) não são recomendadas, pois são muito rígidas e têm baixa

capacidade de absorver deformações. Qualquer pequena deformação em uma junta de argamassa com esse traço resultará em tensões elevadas e consequente aparecimento de fissuras.

Portanto, é um erro pensar que, pelo fato da alvenaria ser estrutural, deva ser utilizado um traço de argamassa muito forte. Em contrapartida, argamassas muito fracas (só de cal e areia) têm resistência à compressão e de aderência muito baixas, prejudicando a resistência da parede como mostra a tabela.

Para alvenaria estrutural, a utilização de argamassas mista é altamente recomendável para assentamento. A adição de cal, ainda que leve a uma perda de resistência, proporciona uma argamassa de melhor trabalhabilidade, melhora a retenção de água e a capacidade de absorver deformações (Figura 23).

As principais funções da argamassa de assentamento são:

- Unir os blocos, distribuindo as cargas por toda a área dos blocos;
- Compensar imperfeições e variações dimensionais dos blocos e vedar a parede, protegendo-a da água e outros agentes agressivos;
- Absorver as deformações naturais a que a parede é submetida, como variações devido a gradiente térmico, retração por secagem, a pequenos recalques, sendo importante que a resiliência seja boa, isto é, a argamassa deve ser capaz e absorver essas deformações sem se romper;
- Contribuir para a resistência da parede. A resistência da argamassa é de fundamental importância na resistência ao cisalhamento (que se consegue com boa aderência) e importância secundária na resistência à compressão das paredes.

CAL + AREIA	CIMENTO + AREIA	CIMENTO +CAL+AREIA
<ul style="list-style-type: none"> -Trabalhabilidade excelente; -Retenção de água excelente; -Resistência cresce lentamente, com o endurecimento por evaporação da água, sucção da umidade e contato com o ar; -Resiliência excelente (capaz de deformar sem fissuras); -Não é usada em alvenaria estrutural. 	<ul style="list-style-type: none"> -Resistencia maior, adquirida mais rapidamente aglomerante hidráulico -Trabalhabilidade piora com o aumento de areia/cimento; -Resiliência pequena pequenas deformações causam fissuras; -Maior retração; -Antieconômica; -Usos em caso excepcionais, com presença de umidade, meio agressivo. 	<p>Quando bem dosados, maximizam as vantagens e minimizam as desvantagens dos dois tipos de aglomerante.</p> <p>Internacionalmente, é a recomendada para alvenaria estrutural, sempre respeitando a relação:</p> <p>AGLOMERANTE (cimento +cal) AGREGADO (areia) =3</p>

Tabela 2- características das argamassas de cimento, cal ou mistas.

Fonte: <https://sustentarqui.com.br/materiais/biomassa-assentamento-de-blocos/>



Figura 23: Argamassa para assentamento dos blocos
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

3.12.5 Visitas ou Espia

Devem ser executados furos dimensões mínimas de 7cm x 10cm de altura ao pé de cada prumada à ser grauteada.

Limpeza dos furos dos blocos: Deve se proceder a eliminação das rebarbas das juntas dos vasados dos blocos com uma barra de aço e retirar, através das visitas, todo o entulho é acumulado na base da parede, umedecer as paredes do furo.

Colocação da armadura: Após a limpeza dos furos dos blocos, deve-se colocar armadura de modo que ela fique posicionada na vertical obedecendo as prescrições de projeto.

Lançamento de adensamento: O lançamento do graute, deve ser feito no mínimo após 24 horas do assentamento dos blocos. O graute pode ser adensado com auxílio de uma barra de aço. Deve se observar a saída do graute pela visitas, o que indica o

preenchimento completo do furo, colocando posteriormente um pedaço de madeira para conter o seu assentamento (Figuras 24 e 25).



Figura 24: Detalhe da espia
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)



Figura 25: Detalhe da espia
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

3.12.5.1 Graute

O graute é um concreto ou argamassa com agregados finos e alta plasticidade, utilizado para preencher vazios dos blocos. É lançado nos furos verticais dos blocos, ou em canaletas e peças similares, como blocos J e compensadores. As funções do graute são:

- Aumentar a resistência em pontos localizados (verga, contraverga, coxim);
- Aumentar a resistência à compressão de uma parede;
- Unir eventuais armaduras às paredes;

O graute é composto de cimento e areia (graute fino), ou de cimento, areia e brita (graute grosso). Possui alta fluidez, com slump, com slump entre 20 e 28 cm, e, por isso, alta relação água/cimento, podendo chegar a até 0,9.

Para garantir a fluidez e plasticidade do graute e também diminuir sua

retração, é aconselhável a utilização de cal até o volume máximo de 10% do volume de cimento.

Recomenda-se que a resistência do graute não seja inferior a 15 Mpa, sendo esse valor mínimo obrigatório em pontos com armaduras para garantir a aderência.

É importante respeitar também um valor máximo para resistência, sugerindo-se que a resistência do graute não seja superior a 150% à resistência do bloco na área líquida, exceto para casos graute de 15 Mpa (Figura 26).



Figura 26: Graute
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

3.12.6 Armadura

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as barras de aço usadas na alvenaria estrutural são as mesmas usadas nas estruturas de concreto armado, porém com a diferença que nesse caso sempre estarem envolvidas por graute.

Ainda na mesma direção, Oliveira (1992) afirma que a armadura tem como funções o travamento da estrutura, o combate à retração, auxiliar a alvenaria na compressão e de aumentar a resistência em relação aos esforços de tração.

Também podem ser utilizados os grampos que são elementos de amarração das paredes (Figura 27), sendo colocadas nas juntas das argamassas de assentamento, que auxilia na geração uniforme de tensões, evitando assim futuras alterações.



Figura 27: Armadura
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

3.13 Equipamentos

Alguns equipamentos são essenciais para a realização dos procedimentos de execução da alvenaria estrutural, já outros ajudam no melhor desempenho e racionalização na execução. Os equipamentos tem por sua finalidade combater o desperdícios, aumentar a produtividade, garantir os menores custos e a maior qualidade na execução da alvenaria estrutural.

3.13.1 Palheta

Ferramenta metálica, de madeira ou PVC para colocação da argamassa no sentido longitudinal do bloco. No sentido transversal do bloco se for necessário a aplicação de argamassa, esta deve ser aplicada com a colher. A paleta é uma ferramenta muito bem aceita pela mão de obra, mas o controle do volume de material a ser utilizado não é tão preciso.

O seu tamanho geralmente é de 40 cm de comprimento e aproximadamente 3 cm ou 4 cm de largura (Figura 28).



Figura 28: Palheta
Fonte: <http://equipaobra.com.br>

3.13.2 Bisnaga

Ferramenta utilizada para a aplicação de argamassa de assentamento nos blocos. Pasto (2007) ressalta que devido ao difícil manuseio (pesada e necessidade de força para pressioná-la) ela não apresenta muita aceitação em obras.

Além disso a fluidez da argamassa é outra restrição, pois são necessários agregados muito miúdos para uma boa trabalhabilidade (Figura 29).

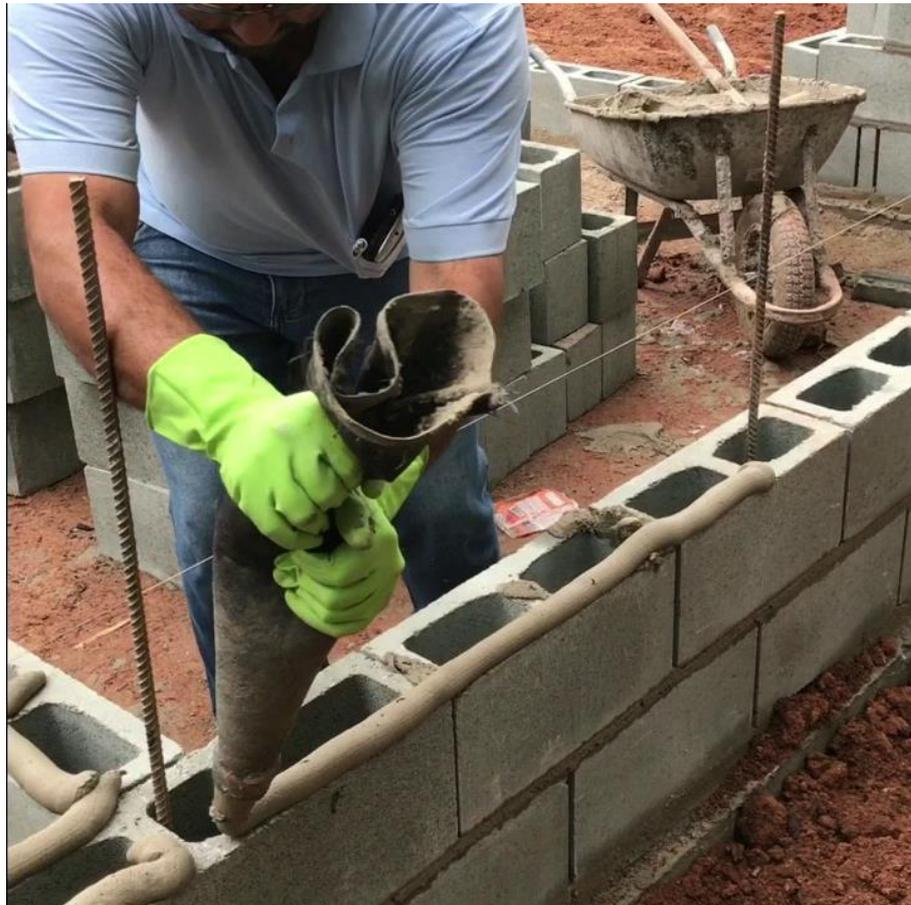


Figura 29: Bisnaga
Fonte: <http://equipaobra.com.br>

3.13.3 Escantilhão

É uma ferramenta fixada nos cantos das paredes, garantindo prumo e planeza (Figura 30).



Figura 30: Escantilhão

Fonte: <http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo/listcdcategoriapai=42>

3.13.4 Meia Cana Metálica

É utilizada para aplicação da argamassa de assentamento e preenchimento das juntas verticais, produz filete uniforme boa produtividade (Figura 31).



Figura 31: Meia Cana
Fonte: <http://equipaobra.com.br>

3.14 Controle De Qualidade

A qualidade da mão-de-obra empregada na confecção da alvenaria tem grande influência na sua resistência final.

Os principais fatores relacionados à mão-de-obra e que devem ser controlados durante a montagem da alvenaria são:

Controle da argamassa: O traço da argamassa deve ser mantido o mesmo durante toda a construção, ou variar conforme especificação de projeto;

Juntas: Devem-se preencher completamente as juntas, evitando reentrâncias. A espessura deve ser mantida a mais uniforme possível;

Assentamento: Deve-se evitar a perturbação das unidades logo após o assentamento, o que poderá alterar as condições de aderência entre unidade e argamassa;

Prumo da parede: Paredes construídas com desaprumo ou não alinhadas em pavimentos consecutivos estão sujeitas às excentricidades adicionais de carregamento, introduzindo solicitações não previstas na fase de projeto.

“...um produto de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma aceitável, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente. ... O verdadeiro critério de boa qualidade é a preferência do consumidor. (Campos, 1992)”

“... controle é saber localizar o problema, analisar o processo, padronizar e estabelecer itens de controle de tal forma que o problema nunca mais ocorra.” (Campos, 1992)

O Controle da Qualidade Total é baseado na participação de todos os empregados no estudo e no controle da qualidade... 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)

VISITA À FÁBRICA CERÂMICA MIFALE

A fábrica CERÂMICA MIFALE já existe há 26 anos no mercado e fica localizada na Rod. Padre Aldo Bolini km 76, no bairro Morro Grande da Boa Vista no Município de Bragança Paulista, interior de São Paulo (Figuras 32 e 33).

Atualmente a empresa produz toda a linha de blocos cerâmicos de vedação, estruturais e canaletas, itens que são parte integrante da inovação pela qual o mercado atual passa. A fábrica produz mensalmente em torno de 1500 toneladas de barro acabado ou 300 mil peças de tijolos divididos em toda variedade.

Os produtos da Cerâmica Mifale são fabricados sob um rígido controle de qualidade na produção totalmente automatizada, com estufas elétricas para secagem e fornos automáticos para queima, chegam até o cliente a granel ou dispostos de forma paletizada, em veículos próprios e funcionários altamente treinados.

A missão da empresa é fabricar blocos cerâmicos para a construção civil dentro de um alto padrão de qualidade, assim como satisfazer as expectativas dos clientes, garantindo qualidade e diferenciação dos produtos, aliados a agilidade e pontualidade.

Foi realizada uma visita à fábrica para observar e acompanhar todo o processo de produção de blocos.



Figura 32: Foto Aérea Cerâmica Mifale
Fonte: Foto cedida Pela Cerâmica Mifale



Figura 33: Visita a Fábrica
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

Os seguintes procedimentos foram:

- **O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BLOCOS**

A produção e fabricação dos blocos cerâmicos envolve várias etapas, fundamentais de serem executadas e controladas para que o produto final esteja de acordo com os parâmetros de qualidade.

- **PREPARAÇÃO**

A matéria prima é composta por dois tipos de argila :uma denominada “argila preta “com percentual de 25% a 30%, originário da decomposição de rocha (confere característica de plasticidade), e outra denominada “argila rochosa “com percentual de 65% a 75% um argilito de origem sedimentar (confere característica de resistência mecânica). As argilas ficam estocadas em local coberto para controle da unidade inicial (Figura 34).



Figura 34: Estoque de Argila
Foto: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **BRITAGEM / MOAGEM**

O argila rochosa é britada e misturada à argila preta em proporções indicadas para cada tipo de produto. Em seguida, a mistura é moída em moinho de alta produção e peneirada para a obtenção da granulometria adequada (Figura 35).



Figura 35: Britagem / Moagem
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **MISTURA**

Após a moagem, a mistura sofre homogeneização e umedecimento, atingindo aproximadamente 15% de umidade (Figura 36).



Figura 36: Mistura
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **EXTRUSÃO /CORTE**

Na extrusão, as peças adquirem o formato final previsto e são cortadas em dimensões previamente definidas, prevendo-se a retração do material após a perda de umidade na secagem/queima. Nesta carga, o material recebe identificação do lote de produção, tomando possível sua rastreabilidade (Figura 37).



Figura 37: Extrusão/ corte
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **SECADOR**

Após a saída da extrusão, as peças são encaminhadas para a mesa agrupada e armazenadas em vagonetas, que serão direcionadas para a estufa de secagem (secador). Esta é um importante etapa de produção, com duração aproximada de 20 horas, monitorada por um gradiente de secagem, sendo que o calor utilizado no secador é retirado da área de resfriamento do forno (Figura 38).



Figura 38: Secador / mesa agrupadora
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **PRÉ FORNO**

Visando preparar a entrada no forno, o material passa pelo pré forno, sendo submetido a uma temperatura de aproximadamente 70°C, para eliminar possível reabsorção da umidade ambiente (Figura 39).



Figura 39: Pré Forno
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **FORNO**

Estado adequadamente preparado, os blocos indicam o processo de cozimento por aproximadamente 20 horas. Nesta fase, o material adquire características apropriadas de isolamento termo acústico, resistências mecânicas e impermeabilidade. O forno é constituído de quatro zonas distintas :zona de pré aquecimento (600°C), zona de queima (900°C), zona de recuperação de calor para o secador e zona de resfriamento. A geração de energia calorífica é oriunda de utilização de madeira triturada.

Na fase de queima, é liberado o óxido de ferro presente na massa e o bloco fica, então, com a cor característica da cerâmica (Figuras 40 e 41).



Figura 40: Forno tipo Capela
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)



Figura 41: Forno Mecanizado
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **PALETIZAÇÃO**

Após a vistoria de qualidade na saída do forno, os blocos são acondicionados na forma de minipaletes amarrados entre si, formando um pacote de pequenos volumes, de fácil movimentação posteriormente em obras. Aqui são retiradas amostras para ensaios de produtos acabado, conforme NBR 15270-2/2005-Absorção, dimensional, resistência a compressão, esquadro, planeza de faces, empenamento, aspecto final do produto (Figura 42 e 43).



Figura 42: Paletização
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)



Figura 43: Distribuição
Fonte: Foto elaborada pelo autor, (2018)

- **ENSAIOS**

A principal propriedade de um bloco é a sua resistência característica à compressão (f_{bk}) referida sempre à área bruta do bloco. Essa é fundamental para a resistência da parede (f_k), sendo o material do bloco e a sua resistência fatores predominantes na resistência à compressão de uma parede. Ainda que as outras características sejam também de fundamental importância, a qualidade de um bloco é, na maioria das vezes, medida pela sua resistência à compressão.

Os blocos cerâmicos devem ter resistência mínima de 3,0 Mpa, o bloco estrutural cerâmico mais comum, encontrado no mercado atual, é o de 6,0 Mpa, sendo poucos os fabricantes que conseguem produzir blocos de maior resistência.

O ensaio é realizado por simples compressão de uma amostra de blocos. Antes do ensaio, os blocos devem ser saturados através de imersão em água por pelo menos seis horas. A determinação da resistência características (f_{bk}) dos blocos ensaiados pode ser calculada conforme as tabelas 3 e 4. O valor a ser aceito é aquele indicado no projeto estrutural.

Em contrapartida, a utilização do ensaio de compressão de blocos apenas como forma de prever a resistência da parede não é seguro, pois existe uma série de fatores inerentes à interação bloco-argamassa que interferem na resistência. Assim, o melhor corpo de prova para controle de resistência é o ensaio de prisma (componente bloco + argamassa).

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Ensaio realizado conforme NBR 15270-2/2017 Anexo C Data de realização: 13/07/18
--

RESULTADOS:

Bloco N.º	Resistência à Compressão	
	MPa	Kgf/cm ²
01	7,8	79,9
02	6,7	68,4
03	7,3	74,6
04	7,4	75,3
05	7,6	77,8
06	7,5	76,8
07	7,9	80,8
08	7,3	74,7
09	6,8	69,5
10	6,5	66,7
11	6,6	66,8
12	8,8	90,2
0,213	7,6	77,3
MÉDIA	7,4	75,3
Tolerância permitida pela NBR 15270-1/2017	Classe: EST40 ≥ 4,0Mpa / EST60 ≥ 6,0Mpa / EST80 ≥ 8,0Mpa / EST100 ≥ 10,0Mpa / EST120 ≥ 12,0Mpa / EST140 ≥ 14,0Mpa	
Incerteza *U=+/-	0,1 MPa	0,3Kgf/cm ²

Tabela 3: Determinação da resistência à compressão

Fonte: Senai

Obs.: A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência K, o qual para uma distribuição t com v eff graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO ESTIMADA

Ensaio realizado conforme NBR 15270-2/2017 Anexo C Data de realização: 13/07/18
--

	Res. Crescente	Onde:
Fb1	6,5	Fb1 à fb6 são os seis menores valores Em ordem crescente
Fb2	6,6	
Fb3	6,7	
Fb4	6,8	
Fb5	7,3	
Fb6	7,3	
F _{bm}	7,4	Média da resist. À compressão
dp (MPa)	0,6	Desvio padrão em Mpa
cv (%)	8,6	Coeficiente variação do menor valor da resistência
f _{bk} (MPa)	6,4	Resist. Característica estimada

Tabela 4- Resistência característica à compressão estimada

Fonte: Senai

Obs.: A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência K, o qual para uma distribuição t com v_{eff} graus de liberdade efetivos, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

ANÁLISE CRÍTICA

A alvenaria é reconhecida como durável, esteticamente agradável, de bom desempenho térmico e acústico. Quando bem projetado, o sistema construtivo em alvenaria estrutural traz inúmeras vantagens, como ganho em rapidez, diminuição do desperdícios e custo competitivo. Em outras palavras, implica em racionalização da obra.

Apesar de todas essas vantagens e do atual uso extensivo desse sistema, é escassa a bibliografia sobre conceitos de projeto de alvenaria estrutural, o que contribui para o pouco conhecimento sobre esse tema. Infelizmente, ainda hoje é possível encontrar engenheiros que realizam projeto ou execução de obras sem saberem ao menos o significado de um prisma de alvenaria.

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

CONCLUSÃO

Através da pesquisa realizada pode-se dizer que o sistema de alvenaria estrutural é um sistema simples de execução.

Hoje, a alvenaria estrutural ocupa um lugar de destaque na construção civil brasileira. O atual nível de desenvolvimento é fruto de uma evolução que começou na década de 60 no país, quando os primeiros edifícios foram executados, passou pelo desenvolvimento de pesquisas iniciais na década de 70 e 80, acentuadas na décadas de 90, quando se percebe no Brasil o início de uma curva ascendente de assimilação do sistema construtivo até a sua extensiva adoção atual.

Esse sistema apresenta alguns obstáculos e pequenas limitações, mas que são sanados por profissionais qualificados, atuando com projetos inteligentes e estratégicos.

É necessário projetar de forma consciente e racional, buscando e propondo soluções eficientes, com o objetivo de conseguir um produto final de qualidade aliado a custos menores.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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

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. NBR1596-1 **Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BAGATTELLI, R. **Edifícios de alto desempenho: conceito e proposição de recomendações de projeto**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFES. Vitória, 2002.

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

CEOTTO, Luís Henrique. **Inovação na Construção Civil Brasileira: Ações Inovadoras**. São Paulo, 2005.

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

JÚNIOR, V. O.; **Recomendações Para Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. 1992. 273f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1992.

LORDSLEEM JR. Alberto Casado. **Melhores Práticas – Alvenaria de Vedação com Blocos de Concreto**. ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2012.

LOURENÇO, Paulo B. **Aspectos sobre a Construção em Alvenaria Estrutural**. Universidade do Minho, Braga, Portugal, S/D. Disponível em:

http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Update_Webpage/2002_Lourenco_4.pdf. Acesso: 20 de Agosto de 2007.

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

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

NASCIMENTO NETO, J. A.; CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. (1999). **Investigação das solicitações de cisalhamento em edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações horizontais**. 127p. Dissertação (Mestrado) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos**, projeto, execução e controle. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2010. 238 p.

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.

RAMALHO M. A. & CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Editora PINI. São Paulo-SP, 2003.

RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

REVISTA TÉCNICA Nº 75, **A revista do engenheiro civil**. Editora PINI, São Paulo – SP, Junho de 2003.

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

SILVA, W. J. **Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeitos a ações verticais**, UEP (Universidade Estadual Paulista), Dissertação de Mestrado. Ilha Solteira – SP, 2003.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2010. 183 p.