



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

QUALIDADE NA ALVENARIA ESTRUTURAL: FERRAMENTAS, PRÁTICAS E PROCESSOS

Milena da Silva Passarini

ILHA SOLTEIRA – SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

QUALIDADE NA ALVENARIA ESTRUTURAL: FERRAMENTAS, PRÁTICAS E PROCESSOS

Milena da Silva Passarini

Trabalho de conclusão de
curso apresentado à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – Unesp
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheira Civil.

Prof. Dr. Jorge Luis Akasaki
Orientador

ILHA SOLTEIRA - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P286q Passarini, Milena da Silva.
Qualidade na alvenaria estrutural: ferramentas, práticas e processos /
Milena Da Silva Passarini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
78 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador: Jorge Luis Akasaki

Inclui bibliografia

1. Qualidade. 2. Processos. 3. Alvenaria estrutural. 4. Ferramentas.

Elaborado por Raiane da Silva Santos - CRB - 8/9999

ATA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURSO : ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO : CONSTRUÇÃO CIVIL
REALIZADA EM : 02-07-2024
DISCENTE : MILENA DA SILVA PASSARINI
COMISSÃO EXAMINADORA:

1. Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki (Orientador)
2. Eng. Me. Gean Pereira da Silva Junior (Examinador)
3. Eng. Me. Rodrigo Garozi da Silva (Examinador)

TÍTULO: "QUALIDADE NA ALVENARIA ESTRUTURAL: FERRAMENTAS, PRÁTICAS E PROCESSOS."

Local: meet.google.com/uoc-cvuh-vpp – Via Google Meet

Horário de início: 10 horas

Em sessão pública, após exposição em torno de 40 (quarenta minutos), a discente foi arguido oralmente, e no final da exposição foi **"APROVADA"** pelos membros componentes da Comissão Examinadora. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ATA, a qual é assinada pelos membros da Comissão Examinadora e pela discente.....

Ilha Solteira, 02 de julho de 2024.

Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki
(Orientador)

Eng. Me. Gean Pereira da Silva Junior
(Examinador)

Eng. Me. Rodrigo Garozi da Silva
(Examinador)

Ciente:

Discente:

Milena da Silva Passarini

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Agronomia, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 Caixa Postal 31 CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scdm@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Jesus Cristo, por me apresentar com toda sua bondade e possibilitar que eu tivesse a chance de me formar. Aos meus pais, Elio Passarini e Adevani da Silva Passarini, e à minha irmã, Mariana Da Silva Passarini, por todo apoio e acreditarem em mim.

Minha gratidão à todos meus amigos da turma 19/01 da engenharia civil, que tornaram a graduação mais divertida e me ajudaram nos estudos.

À minha empresa atual, que me possibilitou desenvolver este trabalho, fornecendo os materiais e dados para estudo.

Aos professores da Unesp, em especial meu orientador, o professor Dr. Jorge Luis Akasaki, por sempre nos ensinarem e contribuírem com a nossa formação profissional.

RESUMO

Com o aquecimento do mercado imobiliário no Brasil, começou-se uma busca por novas alternativas de construções, que fossem mais rápidas, eficientes e econômicas. Com isso, o sistema de alvenaria estrutural ganhou força no final da década de 90 e se mantém em crescimento até nos dias de hoje. Esse avanço fez surgir uma preocupação com a qualidade dos produtos entregues, sendo assim, várias pesquisas e normas foram criadas para suprir tal necessidade e garantir que esse novo sistema construtivo fosse feito com mais segurança e qualidade. O presente trabalho envolverá uma pesquisa teórica em acervos literários e normativos e o acompanhamento diário da obra de um edifício residencial de 14 pavimentos. Será realizada uma comparação entre a literatura e a prática, observando processos como armazenamento e recebimento de materiais, além de verificar se as etapas de marcação e elevação da estrutura estão dentro dos limites estabelecidos por norma. Verificou-se também se as ferramentas utilizadas são eficientes para o tipo de construção, além de identificar possíveis problemas e propor soluções e melhorias para tal. Destacou-se, ainda, algumas tarefas realizadas na obra que otimizam o processo do controle de qualidade.

Palavras-chave: Qualidade, processos, alvenaria estrutural, ferramentas

ABSTRACT

With the heating up of the real estate market in Brazil, a search began for new construction alternatives that were faster, more efficient and economical. As a result, the structural masonry system gained strength at the end of the 90s and continues to grow to this day. This advance gave rise to a concern with the quality of the products delivered, therefore, several researches and standards were created to meet this need and ensure that this new construction system was carried out with greater safety and quality. This work will involve theoretical research into literary and normative collections and daily monitoring of the work of a 14-story residential building. A comparison will be made between literature and practice, observing processes such as storage and receipt of materials, in addition to verifying whether the stages of marking and lifting the structure are within the limits established by standard. It was also verified whether the tools used were efficient for the type of construction, in addition to identifying possible problems and proposing solutions and improvements to them. Also highlighted were some tasks carried out on site that optimize the quality control process.

Keywords: Quality, processes, structural masonry, tools

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Muralha da China.....	8
Figura 2 – Pirâmide do Egito.....	8
Figura 3 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.....	9
Figura 4 – Dimensões do bloco.....	11
Figura 5 – Família de blocos 29	12
Figura 6 – Família de blocos 39	12
Figura 7 – Argamassa assentada em blocos de concreto	13
Figura 8 – Preenchimento de graute no vazio do bloco	15
Figura 9 – Armaduras dispostas em parede estrutural	17
Figura 10 – Verga em bloco canaleta.....	18
Figura 11 – Verga e contra verga em janela.....	19
Figura 12 – Cinta de amarração em alvenaria estrutural.....	20
Figura 13 – Palheta	21
Figura 15 – Bisnaga de argamassa.....	21
Figura 14 – Nível de bolha.....	22
Figura 16 – Esquadro	22
Figura 17 – Esticador de linha.....	23
Figura 18 – Caixote para argamassa e suporte	23
Figura 19 – Escantilhão	24
Figura 20 – Gabaritos de portas e janelas	25
Figura 21 – Andaime	25
Figura 22 – Dimensões nominais	30
Figura 23 – Espessuras mínimas para paredes de bloco	30
Figura 24 – (Continuação).....	31
Figura 25 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração.....	31
Figura 26 – Número mínimo de corpos de prova	34
Figura 27 – Variação do nível da superfície da laje de apoio da alvenaria	36
Figura 28 – Variações máximas da espessura das juntas de argamassa	36
Figura 29 – Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento das paredes e desnível da fiada de respaldo	38
Figura 30 – Descontinuidade máxima das paredes e pilares entre os andares	38

Figura 31 – Variáveis de controle geométrico na produção da alvenaria	39
Figura 32 – Desobstrução dos furos	40
Figura 33 – Persona Residence	46
Figura 34 – Imagem de uma FIM de bloco de concreto	50
Figura 35 – Bloco de 4,5 MPa	51
Figura 36 – Disposição dos materiais no térreo	52
Figura 37 – Custo argamassa ensacada e silo (por tonelada)	54
Figura 38 – Cortes nos blocos para caixas elétricas	58
Figura 39 – Conferência das medidas da alvenaria	59
Figura 40 – Pontos de graute marcados na primeira fiada	60
Figura 41 – Espessura de junta de argamassa	61
Figura 42 – Altura de um bloco de concreto	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Histórico	7
2. OBJETIVOS	10
3. CONSTITUIÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	10
3.1. Componentes	10
3.1.1. Unidades	10
3.1.2. Argamassa	13
3.1.3. Graute	14
3.1.4. Visitas	16
3.1.5. Armadura	16
3.2. Elementos	17
3.2.1. Paredes	17
3.2.2. Pilares	18
3.2.3. Vergas	18
3.2.4. Contra verga	19
3.2.5. Cinta de amarração	19
4. EQUIPAMENTOS	20
4.1. Palheta	20
4.2. Bisnaga	21
4.3. Nível	22
4.4. Esquadro	22
4.5. Esticador de linha	23
4.6. Caixote para argamassa e suporte	23
4.7. Escantilhão	24
4.8. Gabaritos de portas e janelas	24
4.9. Andaime	25
5. QUALIDADE NA ENGENHARIA CIVIL	26
5.1. Qualidade na alvenaria estrutural	28
5.1.1. Planejamento de controle	28
6. ENSAIO DOS MATERIAIS E COMPONENTES DA ALVENARIA	40
6.1. Ensaios de compressão	40

6.1.1. Argamassa	41
6.1.2. Graute	41
6.1.3. Prismas da alvenaria	42
6.2. Ensaio de absorção de água	43
7. METODOLOGIA	44
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
8.1. Apresentação do empreendimento	45
8.2. Materiais utilizados	46
8.2.1. Esticador de linha e esquadro	47
8.2.2. Nível	47
8.2.3. Palheta	47
8.2.4. Caixote para argamassa e suporte	47
8.2.5. Gabaritos de portas e janelas	47
8.2.6. Andaimes	48
8.3. Controle de qualidade dos materiais	48
8.3.1. Blocos	48
8.3.1.1. Condição de início de serviço	49
8.3.1.2. Recebimento na obra	49
8.3.1.3. Armazenamento na obra	52
8.3.1.4. Ensaio de prisma	53
8.3.2. Argamassa	53
8.3.2.1. Condição de início de serviço	54
8.3.2.2. Recebimento na obra	54
8.3.2.3. Armazenamento	54
8.3.2.4. Ensaio de argamassa	55
8.3.3. Graute	55
8.3.3.1. Condições iniciais	55
8.3.3.2. Recebimento na obra	56
8.3.3.3. Armazenamento	56
8.3.4. Armadura	56
8.3.4.1. Condições iniciais	57
8.3.4.2. Recebimento	57
8.3.4.3. Armazenamento	57
8.4. Produção da alvenaria	58

8.4.1. Marcação da alvenaria	58
8.4.2. Elevação da alvenaria	60
8.5. Problemas de uma obra de alvenaria estrutural	63
9. CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXO A - LAUDO DE RESISTÊNCIA DOS BLOCOS DE CONCRETO	71
ANEXO B - LAUDO DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA	72

1. Introdução

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo antigo, que é utilizado há décadas em várias regiões do mundo. Nesse método, as paredes assumem a função de resistir as cargas verticais e horizontais da edificação, além de exercer a vedação.

Um sistema construtivo, segundo Camacho (2006), é constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo. O autor ainda pontua que, dentro do sistema construtivo de alvenaria estrutural destacam-se dois conceitos básicos: componente e elemento.

Os principais componentes empregados na execução de edifícios de alvenaria estrutural são as unidades (tijolos ou blocos), a argamassa, o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo). Os elementos, são a união entre um ou mais componentes, por exemplo: paredes (bloco mais argamassa), pilares (bloco mais graute mais armadura), cintas (graute mais armadura), vergas (graute mais armadura) etc (Nonato, 2018).

Camacho (2006), define processo construtivo como um organizado e bem definido modo de se construir um edifício e classifica a alvenaria estrutural quanto ao seu emprego, subdividindo-a em:

- Alvenaria estrutural armada: A armadura prevista é colocada verticalmente nos blocos e envolvidas por graute, para que haja proteção da armadura e aderência com o bloco. O aço utilizado tem a função de resistir aos esforços de tração atuantes como no concreto armado convencional.
- Alvenaria estrutural não armada: A armadura é utilizada apenas em cintas, vergas, contravergas, na amarração entre as paredes e nas juntas horizontais, com a finalidade de evitar fissuras localizadas
- Alvenaria estrutural parcialmente armada: Alguns elementos são projetados para resistir aos esforços de tração, sendo necessário usar armaduras verticais para combatê-los e outros só resistem aos esforços de compressão, sendo dispensável a armação ou, quando necessária, sendo usada apenas para combater fissuras.

No Brasil, entre os anos de 2004 e 2012 houve um crescimento habitacional, devido a expansão do crédito financeiro, que tornou viável para a população adquirir sua casa própria e tentar reverter o déficit populacional existente no país (SOUSA et al, 2015). Associado à esse fator, a alvenaria estrutural acompanhou o crescimento, uma vez que este método construtivo veio como uma alternativa devida as vantagens que proporciona.

Este processo já se encontra bem aderido na construção civil nos dias atuais e, entre os fatores que determinam sua escolha Menezes et al. (2018 p. 21) mencionam a racionalização e a industrialização, ademais de:

conceitos de linha de produção, de planejamento detalhado da construção, do não desperdício de tempo e material e do aumento da produção com redução de mão de obra e a padronização no método construtivo (MENEZES et al, 2018).

Por outro lado, o sistema construtivo apresenta algumas limitações e pontos negativos, como a dificuldade de alteração da finalidade do uso da estrutura, na necessidade da qualificação da mão de obra e pela execução eficaz que exige controle de qualidade e intensa fiscalização (RAMALHO E CORRÊA, 2003)

No entanto, os avanços tecnológicos e o custo competitivo têm possibilitado a utilização em larga escala deste sistema no Brasil. Sendo assim, com o objetivo de manter um controle de qualidade dos processos da obra, foram criadas as normas ABNT NBR 15812-1:2010, ABNT NBR 15961-1:2011, ABNT NBR 15812-2:2010, ABNT NBR 15961-2:2011, ABNT NBR 15812-3:2017 e ABNT NBR 16522:2016, atualmente substituídas pela ABNT NBR 16868-2020.

Essas normas estabelecem medidas e parâmetros a serem seguidos a fim de otimizar a construção, mantendo a segurança, economia e sustentabilidade. Visto isso, quando seguidas as normas e mantendo-se um bom controle de qualidade a alvenaria estrutural apresenta vantagens, observadas a seguir:

A maiores vantagens deste sistema em relação aos tradicionais são:

- Redução no uso de madeira para formas;
- Redução no uso de concreto

- Boa resistência ao fogo;
- Maior rapidez e facilidade de construção;
- Bom isolamento termo-acústico;

Já as desvantagens apresentadas são:

- A paredes não podem ser removidas ou quebradas sem substituição por outro elemento ou apoio que de mesma função
- Não há possibilidade de modificações no projeto original
- Vãos livres são limitados

1.1. Histórico

Até o final do século XIX, a alvenaria estrutural era um dos principais materiais de construção utilizados. No entanto, as construções da época seguiam regras puramente empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos (Camacho, 2006).

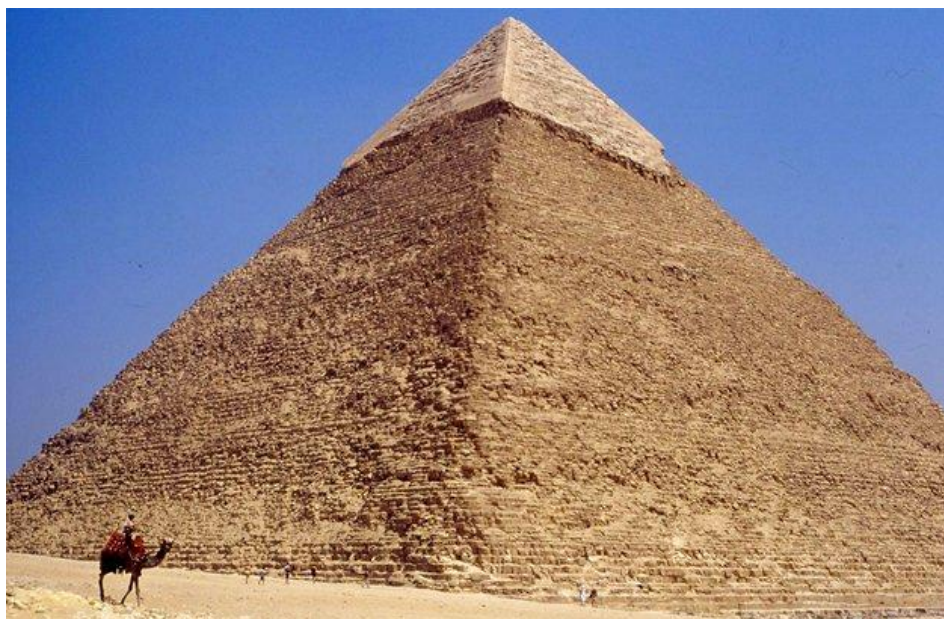
As construções em alvenaria de pedra e tijolo cerâmico queimado predominavam, e eram assentados com betume e barro. Muitas obras da antiguidade construídas com esse método se tornaram marcos, como ilustra a Figura 1, que se refere à muralha da china, com construção datada em 770 a 475 antes de Cristo. A Figura 2 é uma imagem das pirâmides do Egito, uma construção não estruturada, autoportante, de pedras talhadas, existente há mais de 4.000 anos (MAZER, 2007).

Figura 1 – Muralha da China.



Fonte: National geographic, 2023

Figura 2 – Pirâmide do Egito.



Fonte: Toda matéria, 2024

De acordo com CAMACHO (2006), com o desenvolvimento do aço e do concreto armado no início do século XX e o surgimento de novas técnicas construtivas, embasadas cientificamente, as construções se tornaram mais seguras e rápidas, fazendo com que a alvenaria estrutural perdesse espaço, devido sua

construção ser feita de forma lenta e necessitar de elevadas espessuras nas paredes.

O autor continua explicando que a alvenaria é redescoberta em meados do século XX e junto à isso, pesquisas foram desenvolvidas em vários países, fazendo com que o método ficasse cada vez mais rápido e prático, o que gerou também, a necessidade do desenvolvimento de normas e a adoção de cálculo baseados em métodos racionalizados.

No Brasil, essa prática construtiva surgiu no fim da década de 1960, na cidade de São Paulo. O ano de 1966, data como o marco inicial do uso do bloco de concreto em alvenarias estruturais armadas. Considerado como uma alternativa econômica e eficiente, algumas empresas passaram a aderir esse sistema. (RAMALHO E CORRÊA, 2003). A Figura 3 ilustra o Conjunto Habitacional Central Parque Lapa construído em São Paulo, em 1972. Essa obra tinha 4 pavimentos e paredes com espessura de 19 centímetros.

Figura 3 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.



Fonte: Comunidade da construção, (2017)

Segundo RAMALHO E CORRÊA (2003), as evoluções ocorridas na alvenaria estrutural, como disponibilidade de material, existência de normas e maior conhecimento da metodologia, são alguns dos fatores que influenciam a escolha

deste sistema construtivo. Com sua racionalização, este método se tornou mais econômico, rápido e eficaz, estando entre as escolhas de grandes construções atuais, desde as mais simples até as mais elaboradas.

2. Objetivos

O trabalho apresenta como objetivo analisar a construção de um edifício residencial em alvenaria estrutural, evidenciando os processos de controle de qualidade e comparando-os com os encontrados em normas técnicas, buscando identificar os desafios e benefícios deste tipo de sistema construtivo e propondo estratégias de aprimoração da qualidade.

3. Constituição da alvenaria estrutural

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a alvenaria estrutural é composta por componentes e elementos. Os componentes da alvenaria compõem os elementos, que juntos formam o conjunto da estrutura.

3.1. Componentes

De acordo com a norma NBR 16868 (2020), os componentes empregados são as unidades (blocos), que representam a base da estrutura; argamassa, empregada para preencher as juntas entre as unidades; graute, utilizado para ocupar o interior das unidades e reforçar a resistência da estrutura; e armadura, responsável por fortalecer a resistência contra as forças aplicadas.

3.1.1. Unidades

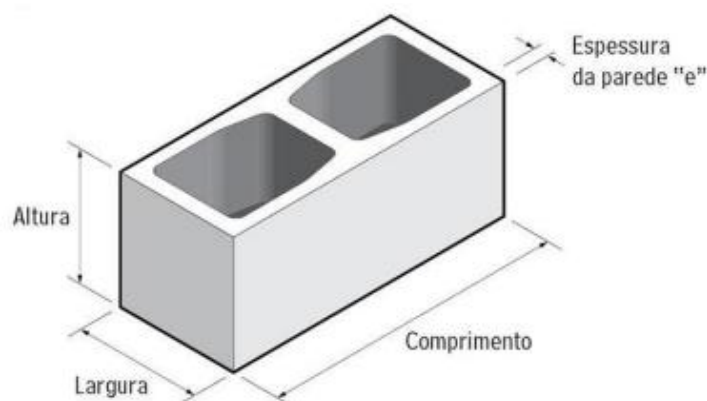
As unidades (blocos e tijolos) definem a resistência da estrutura e coordenam sua modulação, por isso são consideradas os principais componentes (CAMACHO, 2006). Na alvenaria estrutural, fazem a função das estruturas de concreto, como vigas e pilares, possuindo a função de absorver as tensões de compressão geradas pelas cargas da edificação.

São diversos os tipos de blocos empregados, como o cerâmico, o de sílico-calcário, de concreto celular e o de cimento, porém apenas este último será abordado neste trabalho, pois é o material utilizado na obra em estudo. Os blocos de cimento geralmente são fabricados com cimento Portland, agregados e água, usando proporções e traços adequados para se atingir a resistência esperada.

Os blocos podem ser considerados maciços ou vazados, dependendo do índice de vazios apresentado pelo componente. Se o índice apresentado for de no máximo 25% da área total, o bloco é considerado maciço, no entanto se for superior à 25% da área total, será classificado como bloco vazado.

As unidades possuem formato e dimensões padronizadas por três dimensões mais a espessura, sendo elas a altura (H), comprimento (C) e largura (L), a fim de proporcionar um sistema construtivo prático, rápido e eficiente. A Figura 4 representa a estrutura de um bloco de concreto vazado.

Figura 4 – Dimensões do bloco



Fonte: NBR 6136, 2016

Segundo Roman (1999), algumas qualidades se fazem necessárias para estes componentes serem utilizados na alvenaria estrutural, como uma boa resistência à compressão, durabilidade, baixa absorção de água e estabilidade dimensional

O professor Jean Marie Désir [s.d.], diz que na construção as medidas dos blocos são múltiplas para que a modulação seja desenvolvida de forma mais fácil. Sendo assim, os blocos de concreto são classificados em M - 15 e M - 20, que são as larguras de 14 e 19 cm, respectivamente.

A família de blocos de 29 cm, designada M - 20, possui o bloco B29 (14x19x29 cm) e o bloco B14 (14x19x19). Como sua largura é de 14 cm, o comprimento dos blocos é múltiplo da largura. Já a família de blocos 39, ou M - 15 possui dimensões modulares de 20 cm, diferindo da largura, que é de 15 cm. Os blocos principais são os de 14x19x34, 14x19x54 e o 14x19x39. A diferença de tamanho entre os blocos faz com que seja necessário o uso de blocos complementares para restabelecer a modulação nos encontros das paredes, para isso, o bloco de 34 é usado para amarração nos cantos e o de 54 para amarração em T. Os blocos de 39 são assentados em paredes longas sem cruzamento com outras paredes e que não exigem compensadores, já que seu comprimento não é múltiplo da largura.

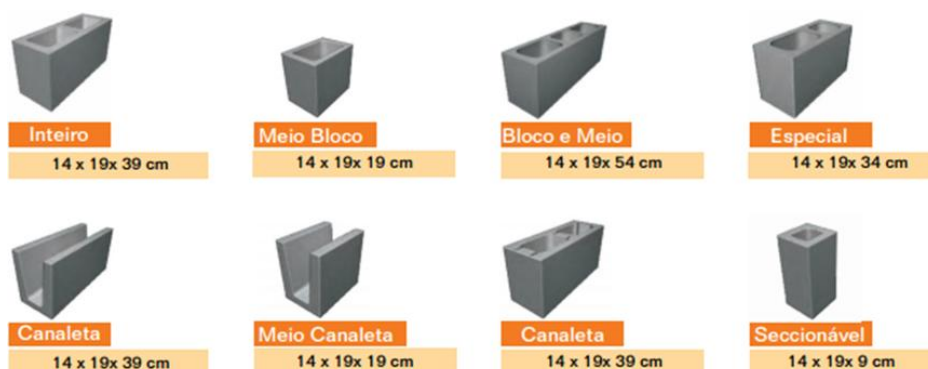
O meio bloco, com dimensões de 14x19x19, permite a possibilidade de paredes com junta de amarração. Os blocos tipo U, ou canaletas, são outras unidades, que facilitam a realização de cintas, vergas e contra-vergas. As figuras abaixo ilustram os tipos de blocos:

Figura 5 – Família de blocos 29



Fonte: Jarfel, 2023

Figura 6 – Família de blocos 39



Fonte: Jarfel, 2023

3.1.2. Argamassa

Argamassa é uma mistura homogênea composta de agregados miúdos, aglomerantes e água, podendo ser adicionado aditivos ou adições, para conferir propriedades desejadas. Na alvenaria estrutural, a junção do bloco com a argamassa forma o elemento chamado alvenaria, que deve ser capaz de suportar diferentes carregamentos.

A argamassa exerce funções de ligação entre os blocos, uniformiza os apoios entre eles, transmite as tensões entre as unidades e absorve pequenas deformações. Além disso, veda as juntas entre as unidades, protegendo da entrada de água e vento dentro das edificações (RAMALHO E CORRÊA, 2007). A Figura 7, mostra como é feito o assentamento da argamassa em uma junta.

Figura 7 – Argamassa assentada em blocos de concreto



Fonte: ABCP, 2016

A capacidade de retenção de água da argamassa deve ser suficiente para que quando em contato com unidades, não tenha suas funções primárias prejudicadas pela excessiva perda de água. (CAMACHO, 2006)

Há algum tempo atrás defendia-se a tese de que para que não ocorresse o esmagamento da argamassa, devido as solicitações da estrutura, ela deveria ter uma resistência igual ou maior que da unidade, tese que foi derrubada com a teoria de cálculo. Camacho (2006) pontua que a combinação de resistências entre bloco e

argamassa resulta na resistência à compressão da alvenaria e o ideal é que essa combinação leve à ruptura do conjunto, ou seja, das juntas e dos blocos juntos.

O autor ainda coloca que existem alguns critérios na hora de se realizar a escolha de uma argamassa. Uma vez que existem diversos tipos dela, deve-se considerar qual parâmetros de desempenho deseja-se ter. Ele diz que:

Uma regra básica da seleção de uma argamassa para um determinado projeto é: Não se deve usar argamassa que tenha resistência à compressão superior à exigida pelo projeto estrutural, e entre as que sejam compatíveis com as exigências de desempenho da obra, deve-se selecionar sempre a mais fraca". Isso se deve ao fato de que as argamassas que possuem alta resistência têm efeitos de recalques de apoios em poucas e grandes fissuras, enquanto nas mais fracas, eles são melhores distribuídas (CAMACHO, 2006).

Outro ponto a ser considerado para uma boa resistência é a espessura das juntas. A NBR 16868 - Alvenaria estrutural Parte 2 - Execução e controle de obras, recomenda que as juntas sejam executadas com no máximo 1 cm de espessura. Segundo Silva (2003), estudos comprovaram que com o aumento da espessura da junta a resistência da parede diminui, isto porque as ações de tração nos blocos aumentam em 15% para cada 0,3 cm a mais de junta.

3.1.3. Graute

O graute é um elemento essencial na construção civil, sendo um tipo de concreto fino, também conhecido como microconcreto. Sua composição básica inclui cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos de pequenas dimensões, geralmente até 9,5mm. (CAMACHO, 2006)

De acordo com a NBR 16868, o graute é usado no preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas de concreto, visando solidificar a ligação da armadura com esses elementos e aumentar sua capacidade de sustentação. A Figura 8 ilustra como é a aplicação do graute em alvenaria.

Figura 8 – Preenchimento de graute no vazio do bloco



Fonte: ABCP, 2016

Entre as funções do graute, pode-se apontar o aumento da resistência da parede, proporcionar aderência com as armaduras, reforçar pontos específicos da estrutura, como encontros de paredes, além de ajudar a distribuir as cargas de maneira mais uniforme, aumentando a capacidade de carga da estrutura e reduzindo as possibilidades de falha localizada.

A trabalhabilidade do graute na alvenaria estrutural é um aspecto importante a ser considerado durante sua aplicação. A trabalhabilidade se refere à facilidade com que o material pode ser manipulado e colocado nas juntas de alvenaria. Alguns dos aspectos relacionados a esse aspecto incluem:

- **Consistência adequada:** O graute deve ter uma consistência que permita sua aplicação fácil e eficaz nas juntas de alvenaria, sem segregação excessiva ou dificuldade de manuseio.
- **Adesão:** O graute deve ter boa adesão aos blocos ou tijolos e ser capaz de preencher completamente as juntas, garantindo uma ligação eficaz entre as unidades de alvenaria.
- **Tempo de pega:** O tempo de pega do graute deve ser suficiente para permitir sua colocação e compactação adequadas antes que comece a endurecer rapidamente.

- Reologia: A reologia do graute, ou seja, suas propriedades de fluxo e deformação, também é importante para garantir que ele possa fluir e se adaptar às condições das juntas de alvenaria sem dificuldades excessivas

3.1.4. Visitas

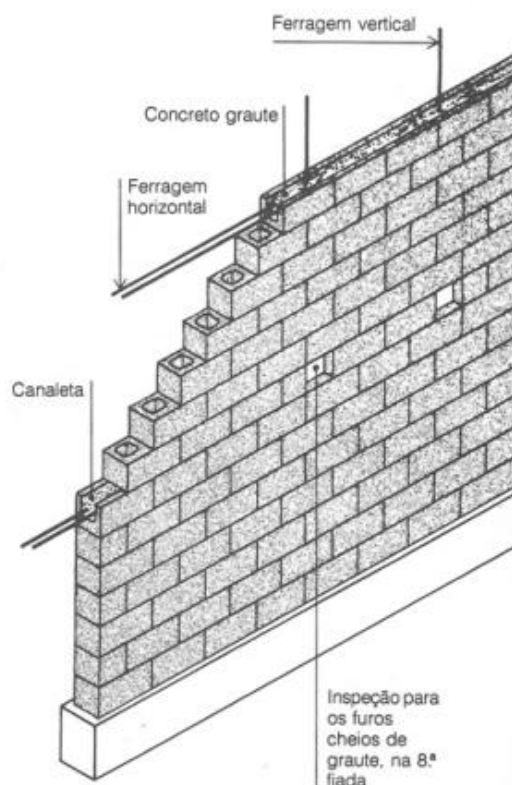
Segundo a ABNT NBR 16868 - 2, devem ser executados furos na alvenaria, ao pé de cada prumada que receberá o graute, para fiscalização e controle de qualidade, a fim de verificar se foram grauteados os pontos determinados em projeto. Para a boa execução, algumas condições devem ser seguidas, estando elas descritas abaixo:

- Limpeza dos furos: Deve-se realizar a retirada do excesso de argamassa das juntas dos blocos com o auxílio de uma barra de aço e aplicar água, com ajuda de uma garrafa, para retirada de poeira ou qualquer tipo de material que possa atrapalhar a aderência do graute ao bloco
- Armadura: A armadura deve ser posicionada após a limpeza dos furos, de forma vertical, obedecendo o transpasse, caso previsto em projeto.
- Lançamento de adensamento: O graute deve ser lançado após 24 horas do assentamento dos blocos. A saída do graute pelas visitas indica o preenchimento completo do furo.

3.1.5. Armadura

O aço utilizado na alvenaria estrutural é o mesmo que se utiliza em concreto armado e possui função de absorver esforços de tração e/ou compressão além de cobrir necessidades construtivas (CAMACHO, 2006). Ramalho e Corrêa, 2003, afirma que as armaduras devem sempre ser envolvidas por graute para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria estrutural. A Figura 09 traz as disposições de uma armadura em parede estrutural.

Figura 9 – Armaduras dispostas em parede estrutural



Fonte: ABCI, 1990

3.2. Elementos

Na alvenaria estrutural, os elementos contribuem para a estabilidade e resistência do edifício e cada um deles desempenha um papel crucial na configuração da estrutura, sendo essencial compreender suas funções e características para uma construção segura e durável. A seguir, serão apresentados os principais elementos do sistema construtivo em estudo:

3.2.1. Paredes

As paredes são formadas pela junção dos blocos estruturais com a argamassa e são elementos primordiais, pois não apenas delimitam os espaços interiores como também suportam cargas verticais e horizontais.

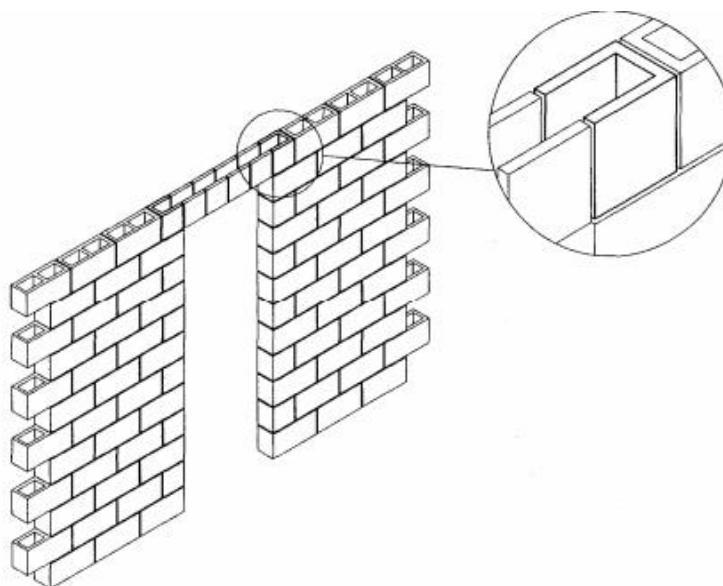
3.2.2. Pilares

Na alvenaria estrutural, as próprias paredes desempenham a função de suportar as cargas verticais e distribuí-las para as fundações, assim como os pilares. No entanto, em algumas situações, pode-se utilizar elementos mais robustos ou reforçados que são empregados em locais estratégicos para reforçar ou concentrar as cargas em determinadas áreas da estrutura, desempenhando funções semelhantes aos pilares. Sendo estes elementos formados pela junção de bloco, graute e armadura.

3.2.3. Vergas

A verga é um elemento horizontal, feito sob vãos de portas e janelas, que suporta as reações das lajes e as cargas distribuídas por ela às paredes. Podem ser feitas com peças pré fabricadas de concreto ou em blocos canaleta grauteados e armados. A Figura 10 ilustra o caso de vergas feitas com canaletas.

Figura 10 – Verga em bloco canaleta

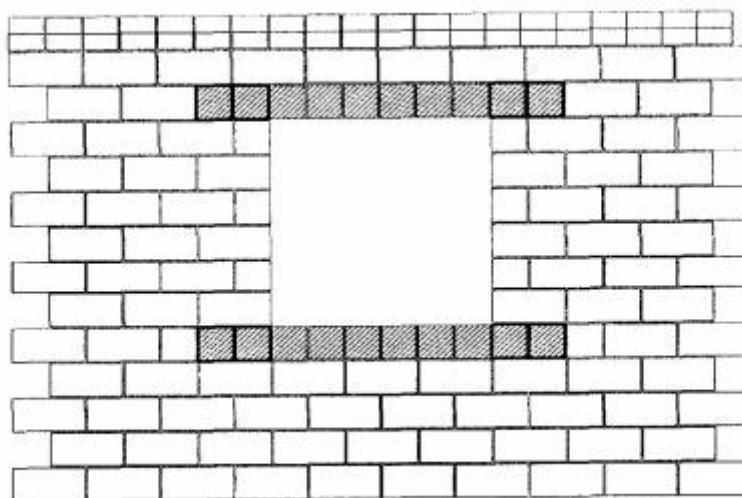


Fonte: PRUDÊNCIO, Luiz R.; OLIVEIRA, Alexandre L., BEDIM, Carlos A. Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto, Florianópolis, 2002 (p.110)

3.2.4. Contra verga

Abaixo das aberturas de janelas devem ser executadas contra-vergas para uma melhor distribuição de cargas na parede e são normalmente executadas com canaletas. Na Figura 11 é mostrada uma contra verga em abertura de janela.

Figura 11 – Verga e contra verga em janela

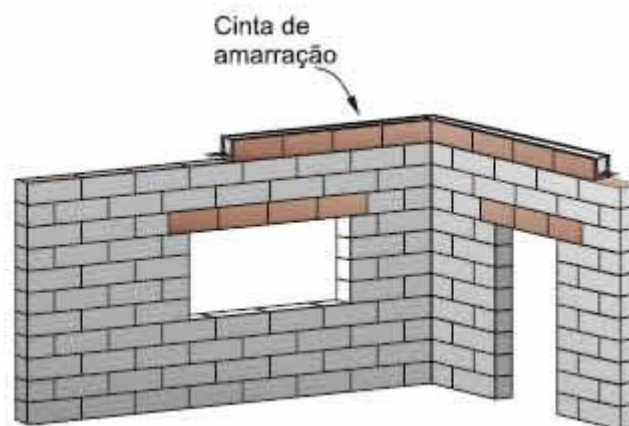


Fonte: PRUDÊNCIO, Luiz R.; OLIVEIRA, Alexandre L., BEDIM, Carlos A. Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto, Florianópolis, 2002 (p.111)

3.2.5. Cinta de amarração

As cintas de amarração são elementos estruturais feitos com canaletas e preenchidos com graute e armadura que ficam apoiados sobre as paredes. Assim como colocado pela professora Sílvia Maria Baptista Kalil [s.d.], possuem a função de distribuir e uniformizar as cargas atuantes sobre as paredes de alvenaria além de prevenir recalques diferenciais e auxiliar no contraventamento e amarração das paredes. A Figura 12 a seguir ilustra uma cinta de amarração no respaldo da alvenaria.

Figura 12 – Cinta de amarração em alvenaria estrutural



Fonte: Faz fácil, 2016

4. Equipamentos

Para garantir a qualidade, eficiência e segurança na execução de obras utilizando alvenaria estrutural, é essencial o uso adequado de equipamentos específicos. Abaixo será discorrido sobre quais equipamentos devem ser usados, segundo a literatura, para a garantia de uma boa execução dos elementos deste sistema construtivo, destacando sua contribuição para a otimização do processo, para a qualidade do trabalho realizado e a segurança dos trabalhadores.

4.1. Palheta

A palheta é usada para aplicação de argamassa nas paredes através do movimento vertical e horizontal ao mesmo tempo. Geralmente feita de metal, madeira ou plástico resistente, tem uma forma retangular ou triangular com bordas serrilhadas, conforme a Figura 13, para facilitar a distribuição uniforme da argamassa (ABCP, 2016).

É uma ferramenta muito utilizada neste tipo de construção, pois devido seu formato e tamanho permite a aplicação da argamassa em uma área linear maior que as colheres de pedreiro, possibilitando um trabalho mais rápido. No entanto, o controle do volume de material a ser utilizado não é tão preciso. O tamanho usual é de 40 cm de comprimento e aproximadamente 3 cm ou 4 cm de largura.

Figura 13 – Palheta



Fonte: Ecivilnet, 2022

4.2. Bisnaga

Esta ferramenta também é utilizada para aplicação de argamassa de assentamento nos blocos, conforme a Figura 15. Porém não é muito aceita nas obras devido à dificuldade de manuseio (pesada e exige força para pressioná-la). Além disso, os agregados precisam ser muito miúdos para uma boa fluidez.

Figura 15 – Bisnaga de argamassa



Fonte: Equipa obra, 2015

4.3. Nível

Essa ferramenta é essencial para garantir a verticalidade e horizontalidade das paredes durante a construção. O nível de bolha é utilizado para verificar se as paredes estão niveladas e alinhadas corretamente. Um exemplo está disposto na Figura 14.

Figura 14 – Nível de bolha



Fonte: Leroy Merlin, 2024

4.4. Esquadro

O esquadro é uma ferramenta parecida com uma régua, em formato de L e possui ângulo interno de 90°, feito geralmente em madeira, metal ou plástico, como o da Figura 16. Esse instrumento possui a função de orientar no assentamento de tijolos e no processo de alvenaria, ou seja, auxilia na determinação do alinhamento dos encontros entre todas as estruturas de uma construção, por exemplo paredes de cômodos, pisos e teto.

Figura 16 – Esquadro



Fonte: Ecivilnet, 2022

4.5. Esticador de linha

O esticador é um equipamento simples, utilizado para diversas marcações e que auxilia no alinhamento das paredes e de outros elementos, como o exemplo da Figura 17.

Figura 17 – Esticador de linha



Fonte: Elias Santos, 2022

4.6. Caixote para argamassa e suporte

As paredes do caixote devem ser perpendiculares entre si para possibilitar o emprego da palheta, como na Figura 18. O caixote não deve ser de material poroso que permita a perda de água da argamassa. Recomenda-se que o suporte do caixote tenha rodas para facilitar seu deslocamento (ABCP, 2016).

Figura 18 – Caixote para argamassa e suporte



Fonte: iw8, 2023

4.7. Escantilhão

Instrumento fixado na laje com parafusos e buchas, colocado nos encontros de paredes que garante o alinhamento das fiadas, exemplificado na Figura 19. Possui uma haste vertical metálica com cursor graduado de 20 em 20 cm. O escantilhão é um equipamento que ajuda na execução da alvenaria, porém, pode considerado de difícil utilização, por necessitar que sejam feitos furos na laje e muitos ajustes no instrumento. Por isso, muitas vezes utiliza-se outros equipamentos, como nível a laser e prumo, que quando juntos entregam o mesmo resultado final.

Figura 19 – Escantilhão



Fonte: Equipa obra , 2015

4.8. Gabaritos de portas e janelas

Os gabaritos metálicos ajustáveis e reutilizáveis são usados para obter medidas exatas em todos os vãos de portas e janelas, assim como exemplificado na Figura 20. É importante sua utilização para manter um padrão dos vãos e evitar retrabalhos e ajustes.

Figura 20 – Gabaritos de portas e janelas



Fonte: Equipa obra, 2015

4.9. Andaime

Os andaimes são usados para assentar os blocos quando as paredes já estão mais altas. Os andaimes metálicos, como na Figura 21, são pouco usados, apesar de serem responsáveis por um aumento significativo da produtividade, uma vez que a montagem e desmontagem dos andaimes convencionais é muito lenta (ABCP, 2016)

Figura 21 – Andaime



Fonte: AEC web, 2024

5. Qualidade na engenharia civil

A busca pela qualidade sempre esteve presente nas mais diversas áreas de trabalho, não sendo diferente na engenharia civil. Ao longo do tempo, vários autores e pensadores contribuíram para a evolução da qualidade de processos e, mesmo que não ligados diretamente à área da engenharia civil, suas contribuições tiveram influência nesse setor. Um dos pioneiros a trazer colaborações nesse campo foi Frederick Winslow Taylor, conhecido como o pai da administração científica. Suas ideias sobre padronização de processos e busca pela eficiência máxima tiveram um impacto profundo na forma como o trabalho era organizado na construção e em outras indústrias.

Outro nome de destaque na história da qualidade é Walter A. Shewhart, que desenvolveu o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), um método iterativo para controle e melhoria de processos. Na construção civil, esse ciclo é aplicável em várias áreas, desde o planejamento e execução de projetos até a gestão de processos de construção e controle de qualidade.

No âmbito da construção civil, a preocupação com a qualidade ficou mais evidente com o crescimento urbano e a demanda por infraestrutura habitacional. No Brasil, as normas e programas governamentais surgiram como uma resposta aos desafios enfrentados pelo setor, buscando garantir a segurança, durabilidade dos materiais e a satisfação dos usuários.

Ao longo do século XX, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou diversas normas abrangendo desde os materiais utilizados na construção até os métodos de execução. Elas visavam garantir padrões mínimos de qualidade e segurança, estabelecendo critérios para o projeto, construção e manutenção de edificações. Abaixo, exemplifica-se algumas normas deste período e que são importantes para estabelecimento de padrões de qualidade na engenharia civil:

- NBR 6118: Norma Brasileira de Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Criada em 1978, esta norma estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de concreto armado e protendido.

- NBR 6120: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Publicada em 1980, esta norma define as cargas mínimas a serem consideradas no projeto estrutural de edificações.
- NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira. Criada em 1997, esta norma estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de madeira em edificações.
- NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Publicada em 1985, esta norma estabelece critérios e parâmetros técnicos para garantir acessibilidade em edificações e espaços públicos.
- NBR 10821: Instalações Prediais de Água Fria. Criada em 1989, esta norma estabelece os requisitos mínimos para projetos e execução de instalações de água fria em edificações.

Além das normas técnicas brasileiras, a organização não governamental ISO (International Organization for Standardization), fundada em 23 de fevereiro de 1947, responsável pelo desenvolvimento e publicação de normas internacionais em uma ampla variedade de áreas, com ênfase na melhoria da qualidade dos produtos, é adotada em todo o mundo por empresas e organizações.

Paralelamente às normas e certificações ISO, buscando uma melhoria no setor da construção civil nacional, o governo federal elaborou o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), lançado em 1998. O PBQP-H tem como objetivo principal elevar os padrões de qualidade e produtividade no setor de construção, com obras marcadas pela segurança e durabilidade.

Segundo o site do PBQP-H, seus ideais são buscados por meio de uma série de ações que contribuem para o desenvolvimento e evolução de todos os elos da cadeia produtiva por intermédio de três sistemas de adesão voluntária. O SiAC, é o sistema de certificação de gestão da qualidade do programa, o SiMaC é o instrumento do PBQP-H de combate a não conformidade na fabricação, importação e distribuição de materiais, componentes e sistemas construtivos e o SiNAT analisa se os sistemas convencionais estão em conformidade com Norma de Desempenho.

Embora o programa seja voltado para o benefício do usuário e a promoção do crescimento das obras, as empresas que aderem ao programa têm algumas vantagens. Uma delas é que a oportunidade de financiamento, uma vez que em todas as portarias emitidas aos bancos financiadores de obras, está inserida a exigência de adesão ao programa. Além disso, ao aderirem ao programa, as empresas passam a melhorar seus produtos, o que gera ganho na produtividade e aumento na competitividade e faturamento.

5.1. Qualidade na alvenaria estrutural

A principal norma de alvenaria estrutural é a ABNT NBR 16868:2020, que é subdividida em 3 partes. A seção 1 trata sobre projetos de construção. A seção 2 aborda sobre execução e controle, em que estipula padrões sobre a execução e supervisão de obras. Por última, a seção 3 traz métodos de ensaio.

Todas elas buscam melhorar a qualidade e segurança dos serviços e materiais, dando direções para que isso ocorra da maneira mais eficaz e econômica. Voltado para o tema do trabalho, apenas as partes 2 e 3 serão abordadas, pois tratam sobre planejamento e procedimentos a serem seguidos para uma melhor qualidade dos materiais e mão de obra de um edifício.

5.1.1. Planejamento de controle

Neste tópico serão apresentadas as seções 2 e 3 da NBR 16868:2020, abrangendo sobre execução, critérios de recebimento e armazenamento. Posteriormente, no tópico 8, será discutido quais, e como, os processos desta norma são aplicados na prática.

Segundo a NBR, o controle da execução da alvenaria estrutural deve ser planejado, considerando-se os seguintes aspectos:

- A) Atendimento a um projeto estrutural elaborado conforme a ABNT NBR 16868 - 1 e devidamente compatibilizado com os projetos das demais especialidades técnicas;

- B) Determinação dos responsáveis pela execução do controle e circulação das informações;
- C) Determinação dos responsáveis pelo tratamento e resolução das não conformidades;
- D) Definição da forma de registro e arquivamento das informações;
- E) Estabelecimento dos procedimentos específicos para o controle dos materiais e componentes, do processo de execução da alvenaria e para sua aceitação.

Ainda segundo a NBR, os procedimentos abordados em 5.1-E), devem abordar sobre os tópicos abaixo:

1) Controle dos materiais, componentes e alvenaria, considerando:

1.1) Especificação, recebimento e armazenamento dos materiais e componentes:

1.1.1) Blocos

- Critério para recebimento (ABNT 16868, 2020):

Para recebimento dos blocos, deve-se seguir os procedimentos descritos, a fim de garantir a qualidade do material:

- Características visuais – os blocos devem ter arestas vivas e não podem apresentar trincas, fraturas ou qualquer defeito que comprometa sua resistência e durabilidade;
- Dimensões nominais - as dimensões nominais dos blocos devem seguir a Figura 22:

Figura 22 – 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
Medida Nominal mm	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
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.									
	NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.									
	NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.									

Fonte: ABNT 6136, 2016

A espessura das paredes dos blocos também deve ser levada em consideração, sendo seus valores mínimos indicados nas Figura 23 e 24. A tolerância permitida das dimensões é de 1 mm.

Figura 23 – Espessuras mínimas para paredes de bloco

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais ^a mm	Paredes transversais	
			Paredes ^a mm	Espessura equivalente ^b mm/m
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135

Fonte: ABNT 6136, 2016

Figura 24 – (Continuação)

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais ^a mm	Paredes transversais	
			Paredes ^a mm	Espessura equivalente ^b mm/m
C	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113
^a Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito. ^b Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).				

Fonte: ANBT 6136, 2016

- Características físico-mecânicas: Os blocos de concreto vazados devem atender aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem conforme a Figura 25:

Figura 25 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a MPa	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).

^c Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).

^d Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT 6136, 2016

● Critério de armazenamento

Os blocos devem ser armazenados em uma superfície plana e nivelada, assegurando a estabilidade da pilha, identificados com

número do lote de obra e com indicação da resistência. Além disso, devem ser colocados sobre lajes devidamente cimbradas ou sobre solos, de modo que não haja contaminação por capilaridade da água.

1.1.2) Argamassa e graute

- Critério para recebimento

Para recebimento ou fabricação de argamassa e graute, deve-se atender as normas, ou seja, cada material deve estar de acordo com sua norma específica. No caso de argamassa e grautes não industrializados, deve-se conferir se o cimento e a cal estão dentro do prazo de validade e acondicionados em sacos secos e íntegros. No caso dos industrializados verifica-se os sacos de argamassa e graute.

- Critério de armazenamento

Os materiais, cimento, cal, argamassa e graute, devem ser armazenados em locais cobertos e protegidos da umidade do solo, sem contato com paredes, tetos ou outros agentes que possam danificar suas qualidades.

Ainda, segundo a norma, produtos diferentes devem ser armazenados separadamente por lote e tipo e os mais antigos utilizados primeiro, além de não ultrapassar o limite de empilhamento de 10 sacos por pilha.

1.1.3) Aço para armaduras

- Critério para recebimento

Deve estar de acordo com a legislação vigente e atender a ABNT NBR 7480

- Critério de armazenamento

O aço deve ser armazenado de forma que suas características geométricas e suas propriedades não se alterem, além de separá-lo por classe seguindo o projeto. É preciso impedir o contato com qualquer tipo de contaminante, seja ele solo, graxa entre outros.

1.2) Controle da produção da argamassa de assentamento e do graute

1.2.1) Argamassa de assentamento

Segundo a NBR 16868 - 2, a produção da argamassa deve assegurar um coeficiente de variação inferior a 20% nos ensaios de compressão de controle de obra.

Para tanto, a norma traz que a argamassa deve ser colocada em recipiente metálico ou plástico, assegurando sua estanqueidade e o volume do recipiente deve ser tal que toda a argamassa seja consumida em, no máximo, 2 h 30 min, a não ser quando houver o uso de aditivos que retardem a pega. A argamassa pode ter sua consistência ajustada, com adição de água, durante o período de uso, no máximo uma vez.

A mistura deve ser realizada com auxílio de misturador mecânico para argamassa e garantindo a homogeneidade de todos os materiais, além de ser armazenada em locais limpos e secos. Durante o transporte, não deve haver perda de componentes ou segregação, recomendando-se que seja remisturada manualmente no local de aplicação.

1.2.2) Graute

A consistência do graute deve ser adequada para preencher todos os vazios do bloco, e seus agregados devem ter dimensão inferior a 1/4 da menor dimensão dos vazados. Além disso, é considerado graute estrutural aplicáveis à alvenaria estrutural aqueles com resistência a partir de 15 MPa. Na realização da dosagem deve-se considerar a absorção dos blocos e das juntas de argamassa

O graute segue a mesma regra da argamassa e deve ser produzido com misturador mecânico e utilizado dentro de 2 h 30 min, a partir da adição da água, caso não sejam utilizados aditivos retardadores de pega.

1. 3) Caracterização prévia dos materiais, componentes e da alvenaria

Antes de iniciar a obra, uma caracterização da resistência a compressão dos materiais, componentes e alvenaria a serem utilizados, deve ser realizada.

Para as argamassas industrializadas, ou feitas em obra com incorporadores de ar, exige-se a realização de ensaios para determinação da resistência à tração na flexão. Neste caso, o fabricante pode realizar o ensaio com laboratório terceiro e fornecer ao cliente e serão aceitos os resultados feitos com bloco ou tijolo e argamassa do mesmo tipo.

Os ensaios de prismas, pequena parede ou parede, por suas vez, caracterizam a alvenaria e devem ser executados com blocos ou tijolos, argamassas e grautes iguais aos que serão utilizadas na estrutura da construção, e em quantidades seguindo a Figura 26.

Figura 26 – Número mínimo de corpos de prova

Tipo de elemento de alvenaria	Número de corpos de prova
Prisma	6
Pequena parede	6
Parede	3
Tijolo cerâmico	13
Bloco cerâmico	13
Bloco de concreto	6
Argamassa	6
Graute	6

Fonte: ABNT 16868 2, 2020

Quando há grauteamento na alvenaria, o ensaio deve ser realizado com corpos de prova completamente grauteados e na mesma quantidade que os apresentados na tabela acima. A NBR 16868 - 2 ainda ressalva que se

houver mudanças nos tipos de materiais, uma nova caracterização deve ser realizada.

2) Produção da alvenaria

Segundo a norma, os procedimentos abaixo devem ser seguidos para que a alvenaria seja executada conforme foi projetada:

2.1) Requisitos

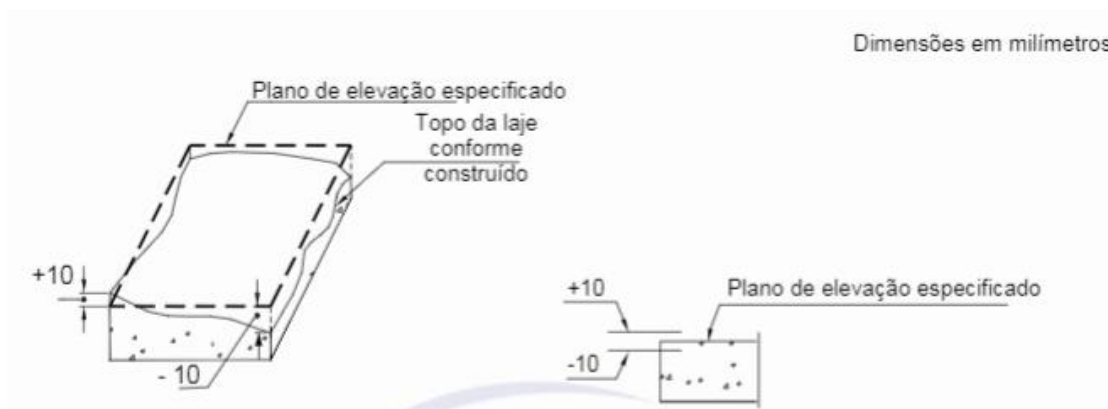
Antes do início da elevação, deve-se verificar a posição de reforços metálicos e tubulações, a limpeza da laje, viga, dos blocos, tijolos ou peças pré fabricadas, garantindo que não haja nenhum material que prejudique a aderência da argamassa entre o bloco e a laje ou viga, ou no assentamento entre os próprios blocos.

Durante a elevação, depois de assentados, os blocos não podem ser movidos de sua posição para que não haja perda da aderência com a argamassa. Além disso, usa-se somente blocos inteiros e seus complementos na execução da alvenaria, peças cortadas, pré fabricadas ou moldadas devem ser previstas em projetos para que possam ser utilizadas.

2.2) Locação das paredes

A variação da locação das paredes, sobre o nível da superfície de apoio estipulado não pode passar de ± 10 mm. A Figura 27 a seguir indica o apoio sobre laje:

Figura 27 – Variação do nível da superfície da laje de apoio da alvenaria



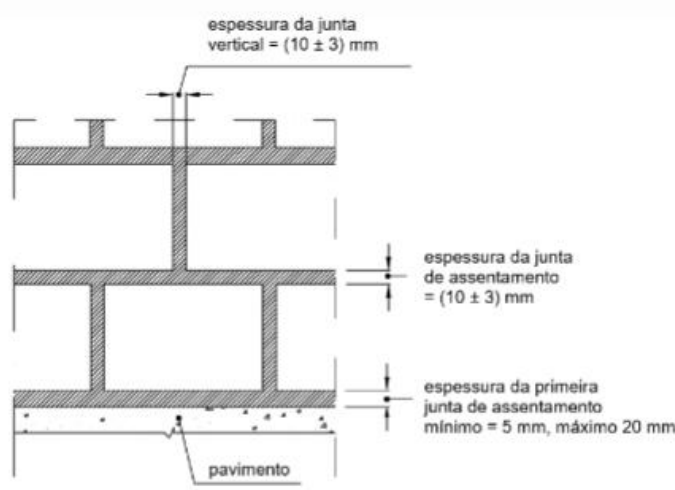
Fonte: ABNT 16868 2, 2020

Na primeira fiada a espessura da junta horizontal de argamassa de assentamento deve ser no mínimo 5 mm e no máximo 20 mm. No caso em que ultrapassa-se o valor máximo, é indicado que seja feito um nivelamento com material de igual resistência da laje ou da viga.

2.3) Elevação e respaldo das paredes de alvenaria

Durante a elevação das paredes, exceto a primeira fiada as juntas horizontais e verticais devem ter espessura de 10 mm, a não ser quando exigido valores diferentes no projeto, e a variação aceita é de ± 3 mm, como indicado na Figura 28:

Figura 28 – Variações máximas da espessura das juntas de argamassa



Fonte: ABNT 16868 2, 2020

A norma continua abordando que as juntas horizontais precisam ser feitas colocando-se argamassa sobre as paredes longitudinais e transversais dos blocos ou tijolos. Já para o preenchimento das juntas verticais deve-se fazer dois filetes de argamassa na parede lateral do bloco ou tijolo, com largura mínima de 10 mm cada.

É importante ressaltar que caso esses procedimentos não sejam seguidos, assim como seus valores mínimos, pode ocorrer o comprometimento dos desempenhos acústicos e térmicos das paredes.

Caso haja excesso na hora da aplicação da argamassa nas juntas, a mesma pode ser retirada e misturada novamente à argamassa fresca, a não ser que tenha tido contato com o chão ou andaime, devendo ser nesse caso descartada. Além disso, nos casos em que a alvenaria acabou de ser elevada e começa a chover, ela deve ser protegida para evitar a remoção da argamassa das juntas. A norma pede que seja previsto o escoramento lateral das alvenarias que foram recém elevadas e não travadas.

É essencial para o desempenho da parede que ela esteja em prumo (alinhamento vertical da parede) e nível (alinhamento horizontal da parede) dentro dos limites estabelecidos. O desaprumo e o desalinhamento máximos permitidos por norma para as paredes e pilares não podem ultrapassar 10 mm, além de estar dentro do limite de 2 mm/m, conforme Figura 29.

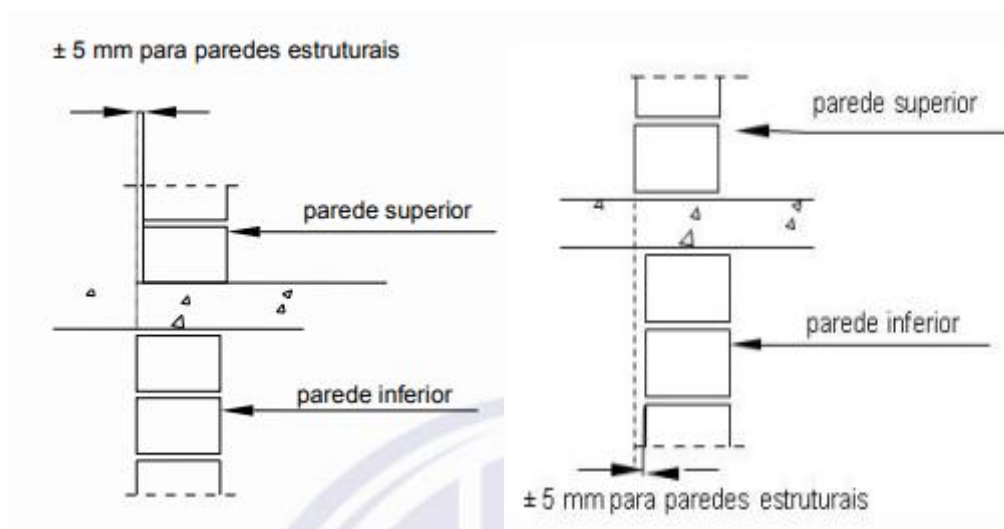
Figura 29 – Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento das paredes e desnível da fiada de respaldo



Fonte: ABNT 1668 2, 2020

De um pavimento para outro, há um limite de 5 mm caso haja uma descontinuidade vertical de pilares e paredes, como indicado na Figura 30:

Figura 30 – Descontinuidade máxima das paredes e pilares entre os andares



Fonte: ABNT 16868 2, 2020

A Figura 31 apresenta um resumo dos valores abordados até agora neste tópico:

Figura 31 – Variáveis de controle geométrico na produção da alvenaria

Fator		Tolerância
Junta horizontal	Espessura	± 3 mm
	Nível	2 mm/m 10 mm no máximo
Junta vertical	Espessura	± 3 mm
	Alinhamento vertical	2 mm/m 10 mm no máximo
Alinhamento e locação da parede	Vertical (desaprumo)	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo por piso ± 25 mm na altura total do edifício
	Horizontal (desvio em relação à locação e ao desalinhamento)	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo
Nível superior das paredes	Nivelamento da fiada de respaldo	± 10 mm

Fonte: ABNT 16868 2, 2020

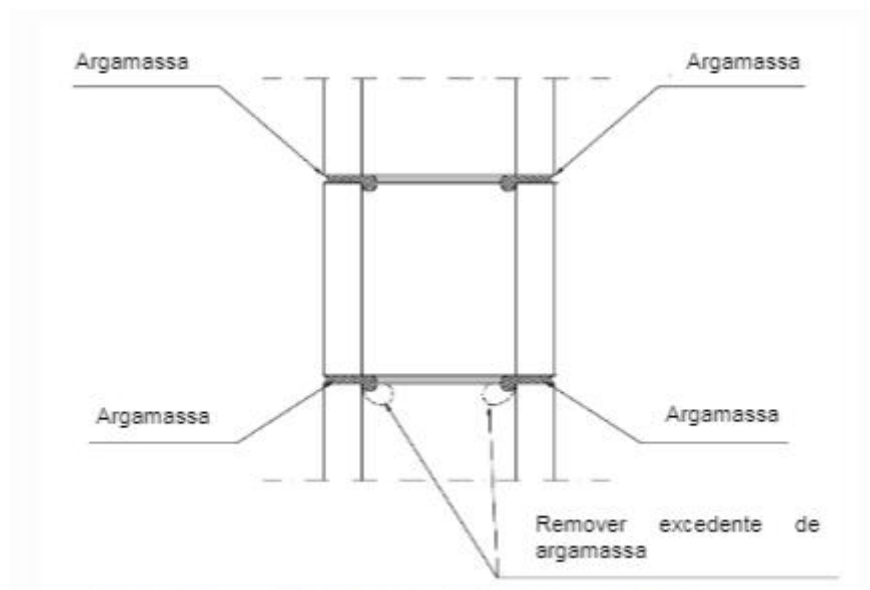
2.4) Vigas, contravergas, cintas, armaduras e grauteamento

Os elementos contravergas e vergas, que são feitas em vãos de portas e janelas, podem ser executadas com peças feitas no local, pré moldadas ou canaletas preenchidas com graute e armadura. Em cada pavimento, ainda, pede-se a realização de uma cinta contínua unindo todas as paredes, devendo ser preenchida por graute.

Por sua vez, as armaduras devem ser colocados de maneira a manter sua posição quando houver o grauteamento, para que o cobrimento seja mantido.

Já o grauteamento exige que alguns cuidados sejam tomados antes de sua execução, como por exemplo, a desobstrução e alinhamento dos furos dos blocos ou tijolos, demonstrado na Figura 32, sendo necessária a remoção das rebarbas de argamassa das juntas. O transpasse das armaduras devem seguir o projeto. A altura máxima para lançamento do graute deve ser 1,6 m, exceto quando usado aditivo para que não haja segregação.

Figura 32 – Desobstrução dos furos



Fonte: ABNT 16868 2, 2020

6. Ensaio dos materiais e componentes da alvenaria

Os ensaios realizados durante as construções feitas em alvenaria estrutural são de extrema importância, pois permitem avaliar a qualidade dos materiais que a obra recebe, como os blocos de alvenaria, argamassas e grautes, garantindo que atendam aos requisitos especificados na norma, proporcionando assim segurança e resistência.

Neste trabalho serão abordados os procedimentos a serem seguidos para a realização dos ensaios de compressão dos materiais citados anteriormente, além de absorção de água para o bloco, que devem ser realizados para garantir a qualidade da construção.

6.1. Ensaios de compressão

Os ensaios de compressão ajudam a determinar a capacidade de carga máxima que um material ou estrutura pode suportar antes de falhar. São fundamentais no controle de qualidade na produção de materiais de construção, como concreto, argamassa, blocos de alvenaria, entre outros. Eles permitem verificar se os materiais produzidos atendem aos requisitos de resistência especificados em normas técnicas e projetos.

6.1.1. Argamassa

A NBR 16868 - 2, aborda com mais detalhe os ensaios de argamassas, trazendo as práticas para a elaboração dos corpos de prova, visando a determinação de sua resistência à compressão para controle de obra. Em resumo, para a realização do ensaio a norma traz as seguintes etapas:

- A argamassa deve ser moldada em suporte metálico;
- O molde deve conter no mínimo três corpos de prova cúbicos com aresta de 40 mm;
- O soquete para adensamento deve ser de borracha, impermeável;
- Deve-se aplicar uma camada fina de óleo mineral no molde;
- O adensamento deve ser manual com 30 golpes;
- Os corpos de prova devem permanecer 48 ± 24 horas no molde ao abrigo de sol e vento.

6.1.2. Graute

A NBR 5738:2015 mostra os procedimentos para moldagem de corpos de prova cilíndricos, como é o caso para o ensaio de resistência à compressão do graute. A seguir tem-se uma explicação sobre o assunto :

- A dimensão do corpo de prova deve ser no mínimo três vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto;
- O molde deve ser de aço ou material não absorvente;
- Deve-se aplicar uma fina camada de óleo mineral;
- O local que os moldes ficarão apoiados deverá ser rígido e horizontal;
- No adensamento manual, utilizado nas obras, deve-se introduzir o concreto no molde em camadas de volume aproximadamente igual e adensar cada camada utilizando a haste;
- Por fim, é indispensável o rasamento da superfície com a borda do molde, utilizando uma régua ou colher e cobrir a superfície com filme impermeável.

6.1.3. *Prismas da alvenaria*

Para os ensaios de compressão da alvenaria, a NBR 16868 - 3, aborda as práticas e procedimentos a serem seguidos. Neste trabalho, será abordado apenas as práticas para a moldagem de prisma em obra, método trabalhado no edifício que será exposto posteriormente, para comparação entre a norma e a aplicação prática em uma construção de alvenaria estrutural. Cada corpo de prova é feito por dois blocos sobrepostos e uma junta de assentamento entre eles. As etapas para execução resumem-se abaixo:

- Os blocos devem ser retirados do lote da obra, assim como a argamassa e o graute;
- Devem ser realizados 6 amostras de prisma oco e 6 de prisma cheio, ou seja, com graute, quando este for solicitado em projeto. A mesma quantidade deve ser moldada como contraprova, os quais devem ser mantidos armazenados até o resultado dos ensaios iniciais;
- São necessárias 2 amostras de 6 corpos de prova de graute, conforme ABNT NBR 5738 E ABNT NBR 5739, e de argamassa, conforme ANBT NBR 13279 ou ABNT NBR 16868 2:2020, sendo uma amostra feita em obra e outra em laboratório;
- Os primas devem ser moldados em uma base plana, limpa e impermeável, de forma que abranja toda a dimensão do bloco;
- Depois de disposto um bloco sobre a base, deve-se depositar a argamassa sobre a face do bloco, em seguida, o outro bloco deve ser assentado sobre a argamassa. Faz-se necessário o uso de martelo de borracha e nível de prumo para garantir a qualidade;
- O graute é aplicado depois da remoção do excesso de argamassa no fundo dos furos, e passadas 16 horas do assentamento;
- Cada vazado deve ser molhado e o graute deve ser adensado em duas camadas de 12 golpes por camada;
- A face do prisma deve ser regularizada por meio de capeamento antes do ensaio;

- Depois de moldados devem permanecer ao abrigo de sol e vento e imóveis por 7 dias;
- A data de referência para ensaio é de 28 dias para prismas cheios e 14 para ocos;
- Para o transporte dos prismas, eles devem ser solidarizados por chapas de madeira, colocadas nos topos e amarradas por arames ou outro método.

6.2. Ensaio de absorção de água

A taxa de absorção de água pode ser um indicador da qualidade do concreto. Aqueles com uma absorção de água mais baixa tendem a apresentar melhor durabilidade e desempenho, enquanto concretos de baixa qualidade podem apresentar uma absorção mais alta.

Este fato ocorre porque o excesso de água absorvida pode levar à deterioração do concreto por processos como corrosão de armaduras, expansão por congelamento e descongelamento, e reações álcali-agregado. Portanto, é essencial entender a capacidade de um concreto em absorver água para prever seu desempenho ao longo do tempo. Visando a realização do ensaio, para testar a absorção de água do bloco e garantir a qualidade do material, a ABNT NBR 12118:2013 aborda os passos para o preparo do corpo de prova:

- Os blocos de concreto devem ser selecionados do lote aleatoriamente e estarem secos e limpos antes do início do ensaio.
- Os corpos de prova são levados a estufa a uma temperatura de até 110 °C por 24 horas
- Após o tempo, mede-se a massa do corpo de prova, anotando-se o valor e, posteriormente, coloca-o novamente na estufa por no mínimo 2 horas
- Repete-se o descrito acima a cada 2 horas até que a diferença de massa entre dois registros de pesagens sucessivas não seja superior a 0,5% em relação ao valor anterior
- Sendo a diferença respeitada, anota-se o valor da massa seca m_1

- Os corpos de prova devem ser resfriados naturalmente até atingir temperatura ambiente, em seguida, deverão ser imersos em água, por 24 horas, à uma temperatura de 23 °C
- Em seguida, pesa-se cada corpo de prova saturado, após remoção da água superficial com um pano úmido, anotando sua massa saturada m_2 , em gramas

Com os resultados obtidos a partir dos passos anteriores, a absorção de água é calculada pela diferença entre a massa final e a massa inicial, dividida pela massa inicial e multiplicada por 100 para obter a porcentagem, como mostrado na Equação 1:

$$A = \left[\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right] * 100 \#(1)$$

Para a obtenção da área líquida, anota-se a massa do corpo de prova quando este estiver imerso em água, por meio de balança hidrostática, denominando-o massa aparente, m_3 . Com isso, a área líquida, em mm^2 , pode ser obtida por meio da Equação 2:

$$A_{liq} = \left(\frac{(m_2 - m_3)}{h * y} \right) * 1000 \#(2)$$

Onde:

H = altura média do corpo de prova em milímetros

Y = massa específica da água em g/cm^3

7. Metodologia

A elaboração deste trabalho baseou-se, inicialmente, na realização de uma revisão bibliográfica minuciosa sobre alvenaria estrutural, consultando acervos técnicos, artigos acadêmicos e normas técnicas vigentes. Essa revisão abrangeu conceitos fundamentais, métodos construtivos e os materiais que compõem a alvenaria estrutural, assim como os equipamentos mais usuais para sua eficiente construção

Com o embasamento teórico, foi possível estabelecer uma abordagem comparativa entre a literatura existente e as aplicações práticas, buscando identificar discrepâncias, desafios e oportunidades de melhoria.

Para tanto, a análise foi feita em um edifício residencial de 14 andares, localizado na cidade de São José do Rio Preto, realizado em alvenaria estrutural. A obra foi acompanhada por um período de 6 meses, no qual foi possível observar a elevação do 4° ao 12° pavimento.

Nas pesquisas de campo foram observados se os materiais na obra como blocos e argamassas, estavam de acordo com as especificações fornecidas nas normas, como por exemplo altura, largura, espessura e espaçamento entre os elementos e se a técnica construtiva era aplicada de forma a racionalizar a construção.

O recebimento, a estocagem e o transporte também foram analisados, seguindo-se um roteiro de controle de qualidade dos materiais, também conhecida como FIM (Ficha de Inspeção de Material).

Além disso, acompanhou-se a realização de inspeções e ensaios de controle de qualidade durante as etapas da construção, comparando-os com as diretrizes das normas técnicas e regulamentações.

Dessa forma, ao comparar a prática observada em uma construção de alvenaria estrutural com as normas e a literatura existente, é possível identificar possíveis desvios ou técnicas obsoletas que podem ser corrigidas e atualizadas, para garantir a conformidade com os padrões de qualidade e segurança e tornar a obra cada vez mais eficaz.

8. Resultados e discussão

8.1. Apresentação do empreendimento

O empreendimento utilizado para estudo foi um prédio residencial de 14 pavimentos, feito em alvenaria estrutural. Cada andar tem 8 apartamentos, sendo 4 deles com 2 dormitórios e 4 com 3 dormitórios, além de sala, cozinha, sacada, banheiro social e suíte. A Figura 33 ilustra uma projeção do prédio finalizado.

Figura 33 – Persona Residence



Fonte: Elaborado pelo autor

O térreo da edificação é muito importante em termos de estrutura, pois, apesar de ser um projeto de alvenaria estrutural, é nele que se encontram as vigas e pilares de concreto armado que recebem a carga de toda a alvenaria e levam para as fundações.

Os pavimentos, por sua vez, são executados em blocos de concreto e possuem MPa diferentes conforme eleva-se a cota do edifício. O 1°, 2° e 3° pavimentos são de blocos de 14 mpa, o 4° e 5° possuem 12 MPa, o 6° e 7° são de 10 MPa, o 8° e 9° 8 MPa, o 10° e 11° são de 6 MPa e o 12°, 13° e 14° são de 4,5 MPa. A laje é maciça, feita de concreto armado e possui 10 cm de altura.

8.2. Materiais utilizados

Durante a pesquisa de campo, foram observados os materiais utilizados para a construção do edifício, os quais são apresentados abaixo.

8.2.1. Esticador de linha e esquadro

Com o auxílio de um esticador, a linha de nylon era traçada por toda a laje, delimitando o local que seriam assentados os primeiros blocos. O uso do esticador de linha facilita a demarcação das fiadas e é recomendado para este tipo de serviço, tornando-o mais preciso. O esquadro também foi utilizado para a angulação adequada das paredes.

8.2.2. Nível

O nível foi utilizado na obra para dar planicidade e nivelar as paredes. Durante o assentamento dos blocos, ele era utilizado para manter a verticalidade e horizontalidade das paredes. É um instrumento prático e muito útil que ajuda preservar a qualidade da alvenaria.

8.2.3. Palheta

A palheta era usada pelos bloqueiros (nome pelo qual são conhecidos os assentadores de blocos de concreto) para aplicação da argamassa nas paredes longitudinais dos blocos. Esta ferramenta é de boa aceitação e usada de maneira eficaz na construção, pois com ela a argamassa era depositada em uma área linear extensa, tornando o serviço mais rápido.

8.2.4. Caixote para argamassa e suporte

O local de armazenagem da argamassa utilizada na alvenaria era uma caixa plástica retangular que ficava apoiada sobre o chão ou paredes. O suporte, assim como mostrado no tópico 4.7, era considerado dispensável pelos trabalhadores.

8.2.5. Gabaritos de portas e janelas

Os gabaritos também não eram utilizados na obra por serem considerados dispensáveis, uma vez que as aberturas de portas e janelas eram feitas sem sua

utilização. Sendo assim, adquiri-los foi visto como um gasto desnecessário, apesar dos benefícios do uso deste item, como evitar que alguma medida saia errada.

8.2.6. Andaimos

Neste edifício, quando a alvenaria estava mais alta, utilizava-se os andaimes convencionais, feito de peças de madeira para assentar os blocos. Porém, além de não ser muito seguro, este tipo de apoio torna o trabalho mais obsoleto, pois a montagem, o deslocamento e a desmontagem tomam muito tempo. No entanto, por oferecer um custo mais baixo, esta ferramenta acaba sendo utilizada. Uma alternativa seria usar um andaime mais moderno, que oferecesse maior proteção e rapidez em sua utilização, assim como o abordado no tópico 4.10

8.3. Controle de qualidade dos materiais

Os materiais dentro da alvenaria estrutural devem seguir rigorosos critérios para que possam ser aceitos e utilizados na obra, além de passarem por inspeções durante sua utilização para garantir a conformidade com a norma, assim como visto anteriormente.

No edifício residencial apresentado, os materiais passavam por um controle de qualidade antes mesmo de sua aplicação e durante seu recebimento e utilização final. A seguir, será exposto como era realizado o controle dos principais materiais da alvenaria estrutural na construção em estudo.

8.3.1. Blocos

Os blocos utilizados na obra eram escolhidos com critério e comprados com uma empresa localizada na cidade de São José do Rio Preto, especializada e certificada com selo da qualidade pela Associação Brasileira de Cimento Portland. A escolha de uma empresa certificada traz alguns benefícios, pois é uma garantia a mais que o produto adquirido é de qualidade e segurança.

8.3.1.1. Condição de início de serviço

Antes do recebimento dos blocos, o setor de qualidade da obra exigia o laudo técnico de resistência do material, assim como o apresentado no anexo A. Isso garante que a empresa entregue um produto de qualidade e com as especificações corretas para seus clientes. Durante a construção, esses laudos eram requeridos a cada 3 meses.

8.3.1.2. Recebimento na obra

Quando o material chegava na obra, o responsável pelo recebimento, no caso o almoxarifado, se dirigia até o local onde estava acontecendo a entrega e realizava uma inspeção nos blocos, seguindo os passos dados pela FIM, como na Figura 34.

Figura 34 – Imagem de uma FIM de bloco de concreto

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS

DADOS DA INSPEÇÃO

MÓDULO: Materiais	DATA: 06/06/2024 07:52:52	ID: 567
MATERIAL: Bloco de concreto para vedação ou estrutural	OBRA: [REDACTED]	
MODELO: FIM4 - BLOCO DE CONCRETO PARA VEDAÇÃO OU ESTRUTURAL (Revisão: 02 Data: 16/01/2024)	AVALIADOR: [REDACTED]	

INSPEÇÃO

Data do recebimento:
R: 05/06/2024 08:00:00

Nº SC:
R: 17655

Nº NF:
R: 10191

Nº PC:
R: 16631

FORNECEDOR:
R: Ultra Forte

Procedimento interno - O material foi recebido com o nº SC, nº NF e nº PC. (Caso tenha recebido sem essas informações, criar uma ação corretiva para solicitação das informações faltantes)

Conforme

Aspecto geral - Comparativo de acústica entre Mpa. Não devem apresentar variação de cor, trincas, quebras e deformações.

Conforme

Quantidade - " Deve-se contar e verificar se a quantidade do material entregue confere com o pedido de compra, romaneio ou nota fiscal."

Conforme

Especificação - Verificar 13 unidades - "Verificar se na superfície dos blocos cerâmicos estão marcados o nome do fabricante, data de fabricação e as dimensões (em cm) dos tijolos; Verificar com a trena se as dimensões das peças estão conforme pedido de compra, romaneio ou NF (conferir largura, altura e comprimento). Aceitar folga de ± 5 mm. Verificar planeza e esquadro das peças com uso de régua de alumínio. Aceitar folga de ± 3 mm. Separar as peças defeituosas."

Conforme

Certificado - "Verificar se o material tem Certificado de ensaios realizados pelo fornecedor ou se o fornecedor é qualificado no PSQ. Em caso de Bloco estrutural, só receber com o Certificado."

[CERTIFICADO ABCP Ultra forte.pdf](#)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A FIM, mostrada na Figura 34, foi realizada através de um aplicativo, utilizado pelo setor de qualidade, chamado INMETA e nela pôde-se observar que constam vários itens de inspeção, alguns para controle interno, como números de solicitação e pedido de compra e outros que abrangem exigências da norma.

Para conformidade com as normas, na obra comparava-se a acústica dos blocos de MPa diferentes, a coloração da unidade e se possuíam trincas ou quebras. Além disso, era observado se o carregamento possuía etiqueta de identificação do fornecedor com informações de data de fabricação, dimensões e resistência. A

Figura 35 ilustra um palete de bloco recém chegado em obra, a sua etiqueta esta na lateral.

Figura 35 – Bloco de 4,5 MPa



Fonte: Elaborado pelo autor

As dimensões dos blocos foram conferidas, sendo aceita uma margem de erro de ± 5 mm. As peças consideradas defeituosas eram separadas e o engenheiro da obra notificado, para que fosse informada a situação e solicitada a troca.

O recebimento dos blocos na obra, tornou-se mais criteriosa e atenta, com o decorrer do tempo. No entanto, durante um período da alvenaria os blocos recebidos não estavam com a resistência correta para aplicação, evidenciado pela coloração diferente, e mesmo assim foram utilizados na alvenaria. O erro logo foi percebido e ajustado, porém, com isso fica evidente a necessidade de uma boa conferência e do conhecimento das propriedades do material.

A ferramenta de trabalho INMETA auxilia muito na conferência e verificação dos materiais, fazendo com que o processo de inspeção fosse mais criterioso e seguro, de modo que o responsável pelo trabalho seguisse todas as recomendações da norma.

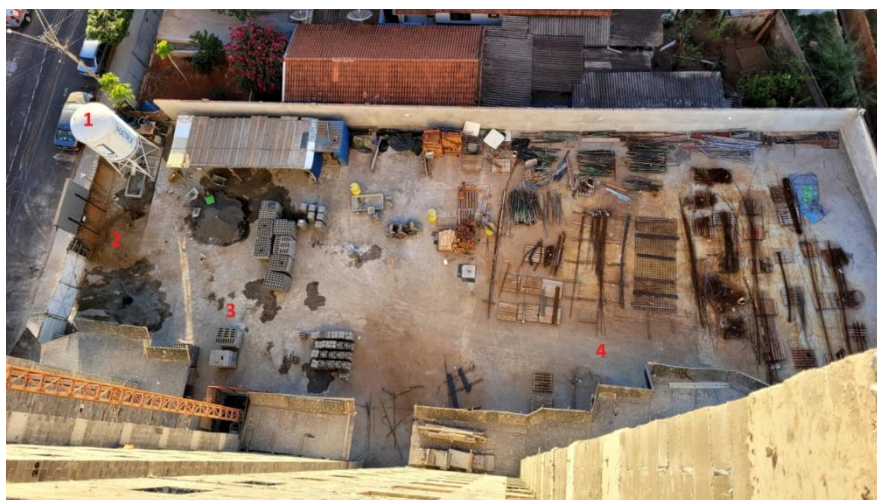
8.3.1.3. Armazenamento na obra

Os blocos ficavam armazenados no térreo, à céu aberto e estocados por um curto período. A superfície onde eram colocados é cimentada, plana e possuía escoramento. Como o local não era muito grande, a obra recebia apenas uma viagem de 10 paletes de blocos por dia, os quais eram empilhados em menor quantidade e já levados para a alvenaria.

Quando ocorria troca de MPa no pavimento seguinte, a carga contendo o bloco com nova resistência era solicitada 1 dia antes do início do assentamento, ficando armazenado junto aos blocos que finalizariam o pavimento atual. No térreo ocorreu a junção de no máximo dois tipos de MPa diferentes, e eles ficaram lado a lado, sendo diferenciados pelos trabalhadores apenas por meio de uma notificação verbal, que indicava qual bloco seria usado naquele momento.

Nesse caso, a falta de identificação indicando qual bloco deveria ser usado no momento e qual aquele que seria para o próximo pavimento, com uma resistência diferente, podia ter gerado confusão e erros. Uma alternativa seria a delimitação do espaço com fitas, isolando os blocos que seriam usados posteriormente, ou até mesmo a elaboração de placas que indicassem qual a resistência do bloco e em qual andar ele seria usado. A figura abaixo demonstra como eram colocados os materiais no térreo do empreendimento, o numero 3 ilustra o local onde os blocos ficam armazenados.

Figura 36 – Disposição dos materiais no térreo



Fonte: Elaborado pelo autor

8.3.1.4. Ensaios de prisma

No edifício analisado, realizou-se este ensaio para duas situações, uma para validação, ou seja, com o bloco de resistência que seria utilizado quando ocorresse a troca de MPa e outro durante a execução de cada pavimento.

Para tanto, um espaço no térreo foi separado e isolado para que os blocos fossem assentados. Nele dispo-se um madeirite, regularizando a superfície onde os blocos seriam colocados. Em cada ensaio realizava-se 12 prismas ocos e 12 prismas cheios, ou seja, com graute, sendo metade para ensaio e a outra parte para contra prova, caso necessário.

Os blocos foram assentados com juntas de 1 mm, utilizando a argamassa com resistência correta. Após um dia, grauteava-se os prismas, mas antes eles eram limpos com um pouco de água. O adensamento era feito em duas camadas, aplicando vários golpes no graute até que ele se assentasse e preenchesse todos os espaços. É importante ressaltar que o número exato de golpes não foi computado, pois não seguia -se uma quantidade fixa para essa etapa.

Os blocos permanecem ao abrigo de sol e vento e ficavam imóveis por 21 dias. Passado esse período, o laboratório contratado para realizar os ensaios era acionado e compareciam até a obra para recolher os prismas e o ensaio devia ser realizado a partir de 28 dias. No deslocamento dos prismas ocos, coloca-se uma chapa de madeira em cada extremidade para que não ocorra a separação dos blocos

Todas as etapas eram acompanhadas por um responsável na obra que conhecia os procedimentos e exigências que deviam ser seguidos, segundo a norma. Além disso, a equipe do edifício possuía planilhas de controle de datas e resultados de ensaios, o que colaborava com a organização e aumentava a qualidade do processo. O ensaio de absorção de água não era realizado, pois não é um item obrigatório.

8.3.2. Argamassa

A argamassa utilizada na obra era do tipo industrializada e comprada com uma empresa certificada. Ela era armazenada em um silo e mesmo sendo um

pouco mais cara que a argamassa ensacada, como podemos ver na Figura 37, foi escolhida devido ao custo-benefício. A escolha da argamassa de silo foi tomada com base em algumas vantagens como por exemplo, garantia da dosagem da argamassa, a dosagem da água fica calibrada, não havendo divergência na mistura, redução de espaço em armazenamento, limpeza e organização do canteiro, controle de qualidade através de laudos técnicos, manutenção preventiva de equipamentos, redução do desperdício e da mão de obra

Figura 37 – Custo argamassa ensacada e silo (por tonelada)

ENSACADO			SILO		
5 MPA	R\$	402,40	5 MPA	R\$	415,00
7 MPA	R\$	416,80	7 MPA	R\$	425,00
10 MPA	R\$	438,60	10 MPA	R\$	445,00
14 MPA	R\$	444,60	14 MPA	R\$	460,00

Fonte: Votorantim cimentos, 2022

8.3.2.1. Condição de início de serviço

A argamassa, assim como os blocos, sofria alteração em sua resistência conforme a elevação da alvenaria. Sendo assim, a cada troca de resistência dos blocos, a empresa contratada devia enviar à empresa contratante o laudo do produto, o qual pode ser observado no Anexo b.

8.3.2.2. Recebimento na obra

Para receber a argamassa, o responsável devia estar presente e saber todas as informações sobre a carga, como por exemplo qual a resistência esperada e se possuía ensaio. Caso estivesse tudo conforme a norma, a argamassa despejada no silo.

8.3.2.3. Armazenamento

O silo ficava localizado no térreo, número 1 da figura 36, e, de maneira estratégica, próximo a calçada, facilitando o seu reabastecimento. Dentro do silo

ocorria a mistura do material, que saia pronto para uso. A argamassa era despejada em um recipiente e a partir dele colocada em carriolas que a levavam até onde seriam aplicadas.

Ao optar pelo uso de silos, a obra contou com uma economia de material, tempo e mão de obra, além de poupar espaço no canteiro de obras quando comparado ao método tradicional.

8.3.2.4. Ensaio de argamassa

Os ensaios de argamassa foram realizados por uma empresa contratada. Em um recipiente de plástico, fazia-se 6 corpos de prova, com o traço utilizado na obra, e guardados ao abrigo de sol. Depois de um dia eles podiam ser retirados e levados para ensaio. A montagem da argamassa, além de ser feita por uma empresa especializada, era acompanhada por um responsável da obra. Além disso, o ensaio devia ser realizado a cada troca de MPa do material.

8.3.3. Graute

Assim como os demais materiais, o graute sofria alteração na sua resistência durante a elevação da alvenaria, no entanto, por ser realizado in loco, devia-se ter uma atenção maior durante sua fabricação.

8.3.3.1. Condições iniciais

Antes do início da mistura, o setor de qualidade elaborou placas que informavam o traço que deveria ser seguido para atingir o MPa usado. Essas folhas eram coladas próximas ao local onde eram realizado o graute e os funcionários instruídos, tendo sempre um material de consulta para que mantivessem o mesmo padrão.

Além disso, garantia-se que os equipamentos de medida, como baldes, utilizados para pegar agregados e água tivessem o tamanho necessário.

8.3.3.2. Recebimento na obra

Quando os agregados como cimento, areia e brita chegavam na obra, uma FIM era aberta para cada um deles, de modo a analisar se estavam de acordo com as condições necessárias para uso. Caso houvesse alguma discordância, o engenheiro devia ser avisado.

Esses materiais eram pedidos conforme necessidade, ou seja, quando estavam em pouca quantidade, um funcionário avisava o responsável por solicitar e ele pedia mais. No entanto, tinha-se que tomar cuidado, pois se não houvesse uma boa comunicação podia faltar de material.

Uma alternativa seria mapear o consumo e fazer um cronograma de entrega, pois sabendo a quantidade usada, teria-se controle de quanto tempo dura e quando seria necessário mais material. Com isso, as cargas podiam ser agendadas com antecedência para que não houvesse imprevistos.

8.3.3.3. Armazenamento

O material para fabricação do graute é armazenado no canteiro de obra próximo de onde realizava-se a mistura, isso permitiu que o processo de produção fosse mais rápido e simples. Um ponto de atenção é que na obra de estudo, a areia e a pedra ficavam expostas ao tempo e isso poderia afetar o resultado final da mistura. O simples cobrimento com lona, que muitas vezes cai em esquecimento, ajudaria a proteger o material.

8.3.4. Armadura

A armadura, assim como os outros componentes da alvenaria estrutural foi comprada com uma empresa certificada e de acordo com o projeto específico. Neste edifício, as armaduras foram usadas nos pontos de graute, nas vigas e nas lajes.

8.3.4.1. Condições iniciais

Tendo o projeto de armaduras de lajes e vigas, eles eram encaminhados para a empresa contratada que, por sua vez, fazia o romaneio e encaminhava para o engenheiro conferir. Feito isto, de acordo com a necessidade, o aço era solicitado, com antecedência, para ser entregue.

8.3.4.2. Recebimento

O recebimento das armaduras era feito com o romaneio em mãos. Assim como os outros materiais, quando este chegava à obra abria-se uma FIM para verificação das condições do material. Na ficha, cobrava-se a conferência do estado do aço, sendo que ele não podia apresentar corrosão, se a quantidade era a mesma do pedido de compra e se os tamanhos conferiam.

8.3.4.3. Armazenamento

Este material também armazenava no térreo, indicado pelo número 4 da figura 36, sobre peças de madeira, para evitar o contato do aço com o chão. Ele era separado de acordo com a bitola e tipo de utilização, por exemplo, se é uma armadura de viga ou de laje. Essa separação foi muito útil pois tornou o trabalho mais rápido e menos propenso a erros.

No entanto, as armaduras não eram cobertas e ficavam expostas ao clima. Por vezes, devido ao tempo de exposição, a armadura entrava em processo de oxidação, o que podia prejudicar o desempenho do material.

O ideal seria a disposição do material em local coberto, ou, caso não fosse possível, pelo menos cobri-lo com uma lona, evitando a exposição direta com chuva ou umidade. Além disso, o local onde estava armazenado era de livre acesso à circulação de pessoas, o que podia gerar acidentes. O isolamento da área tornaria a obra mais segura e organizada, sendo permitido o acesso somente de pessoas autorizadas.

8.4. Produção da alvenaria

8.4.1. Marcação da alvenaria

Após a marcação do nível e eixos da laje pelo topógrafo, iniciava-se a marcação da alvenaria. Para a execução da primeira fiada a equipe se dividia em duas frentes: a primeira colocava os blocos de concreto no chão de acordo com o projeto, e a segunda vinha em seguida realizando seu assentamento na laje.

As juntas da primeira fiada não ultrapassam os limites da norma, ficando entre 5 e 20 mm. Os blocos que continham visitas ou pontos de elétrica e hidráulica eram preparados antes do assentamento da unidade, como pode ser observado na Figura 38.

Figura 38 – Cortes nos blocos para caixas elétricas

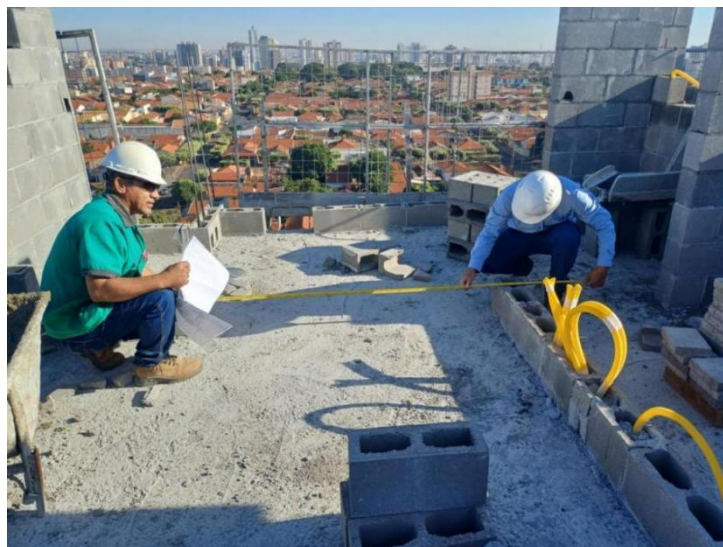


Fonte: Elaborado pelo autor

A divisão do trabalho para assentamento da primeira fiada é bem interessante, pois torna o processo mais dinâmico, rápido e permite que caso haja algum erro na disposição dos blocos, ele possa ser corrigido rapidamente e sem perda de material.

Ainda, visando manter uma maior qualidade, quando a primeira fiada era concluída, fazia-se uma conferência das medidas de cada ambiente, de acordo com o projeto, conforme Figura 39.

Figura 39 – Conferência das medidas da alvenaria



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro fato que contribui com um bom desempenho é que os pontos de graute eram marcados com spray durante a primeira fiada, para deixar sinalizado onde deve ser grauteado. Como o projeto indicava pontos de graute com e sem armação, a obra usou 3 cores diferentes para sinalizar cada tipo. Os locais que possuíam armadura com a maior bitola sinalizava-se de amarelo, os que continham o de menor bitola, de vermelho e os que continham apenas o graute, de verde.

Esta simples marcação deixava mais visível onde seriam os pontos, fazendo com que ficassem menos locais sem receber o graute, problema este recorrente em obras de alvenaria estrutural. Outro benefício é que facilita a posterior conferência pelos funcionários da obra. O descrito acima pode ser observado na Figura 40.

Figura 40 – Pontos de graute marcados na primeira fiada



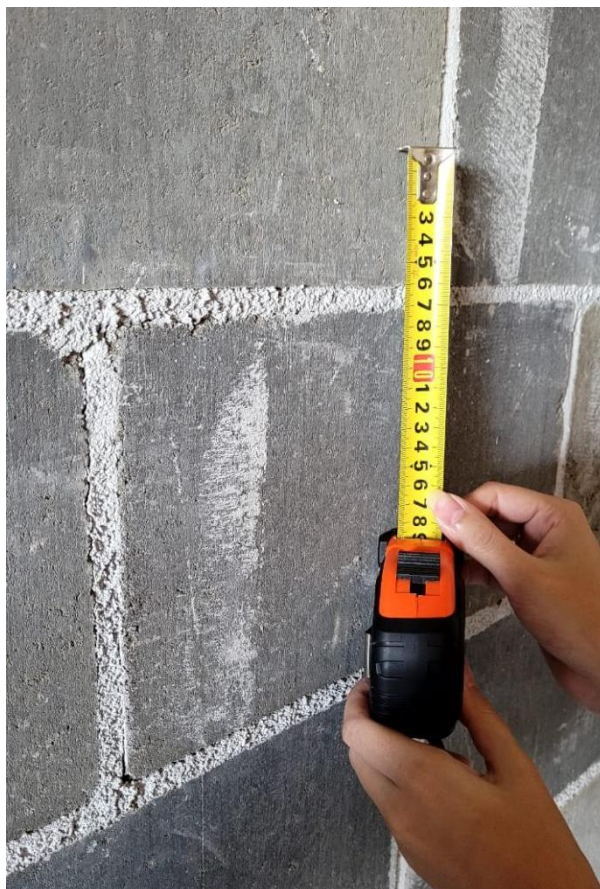
Fonte: Elaborado pelo autor

8.4.2. Elevação da alvenaria

Em seguida, a elevação é iniciada pelas paredes externas e pelos cantos, que servirão como referência para o fechamento da alvenaria. Media-se o prumo de cada fiada, assim como o nível e planeza. Por serem rigorosos nessas conferências, a qualidade da alvenaria no edifício estudado é alta e encontram-se poucos erros de desaprumo e desalinhamento.

As juntas horizontais eram feitas através da aplicação da argamassa, de maneira longitudinal, com a palheta, nas duas laterais dos blocos, e mantendo 1 cm com a variação aceita. Já as verticais, eram feitas aplicando-se argamassa com a palheta sobre as duas extremidades da parede lateral, com uma espessura de 1 cm. Na figura abaixo, observa-se as juntas executadas na alvenaria do edifício.

Figura 41 – Espessura de junta de argamassa



Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de ficarem dentro dos limites da norma, em alguns pontos da alvenaria, as juntas ficavam um pouco mais grossas, mas como são exceções, não comprometem as características esperadas para a alvenaria. Em tempos chuvosos não ocorria a proteção da alvenaria recém erguida, apesar de ser um requisito de norma. Isso podia levar a danos na alvenaria, como desaprumo, retirada da argamassa assentada e quebras de bloco.

A descontinuidade de um pavimento para o outro também ficou dentro dos limites, ocorrendo em algumas lajes, mas com moderação, sendo corrigida no próximo andar.

Os conduítes da parte elétrica são passados pelos furos dos blocos junto com a elevação das paredes, para que fosse necessário o menor número de cortes na alvenaria. Quando chegava-se na 5 fiada de blocos, realizava-se o respaldo intermediário, que servia também como contra verga, pois fica na altura do peitoril das janelas, e é neste momento que as colunas e canaletas são grauteadas e

armadas. O mesmo processo é feito no respaldo final, a uma altura de 2,80. A verga também foi feita com as canaletas, seguindo o mesmo processo.

Os pontos de graute foram grauteados depois de 24 horas da elevação da alvenaria, seguindo também a altura máxima exigida para o lançamento. No entanto, não retirava-se a argamassa que caía nos furos dos blocos. Este fato ocorria pela falta de conscientização da importância da limpeza deste local e para que isso fosse corrigido, seria importante falar da necessidade de se manter os procedimentos exigidos por norma, e como o não cumprimento deles afeta na qualidade e resistência das paredes.

A dimensões dos blocos escolhidos, como visto anteriormente, tem altura de 19 cm e largura de 14 cm, variando seu comprimento. Os blocos entregues, em sua maioria, vinham com os comprimentos pedidos, porém, durante um período, estavam vindo até 5 mm mais altos. Isto acabou prejudicando a alvenaria, pois ela ficava mais alta e para resolver este problema, a empresa que entregava os blocos foi advertida e pediu-se para que a altura dos blocos fosse mais controlada. A figura 42 ilustra a altura de um bloco de um lote aleatório.

Figura 42 – Altura de um bloco de concreto



Fonte: Elaborado pelo autor

8.5. Problemas de uma obra de alvenaria estrutural

Alguns cuidados devem ser tomados quando o sistema construtivo em alvenaria estrutural é escolhido para a realização de uma obra. Como as paredes fazem o papel de vedação e sustentação, uma vez assentadas, elas não podem ser movidas ou quebradas, sendo assim, alguns serviços como elétrica e hidráulica devem acompanhar sua elevação. No edifício apresentado, a mão de obra responsável por esses serviços acompanhava diariamente a alvenaria, para que nenhum erro fosse cometido, além de ser conferido com frequência o andamento destes trabalhos pelos responsáveis da obra.

No entanto, foram observados, nos primeiros pavimentos, alguns erros como a não execução de pontos elétricos previstos em projeto, que tiveram que ser abertos depois. Isso fez com que o eletricitista tivesse que voltar naquele andar e deixasse seu trabalho do momento, gerando atraso no cronograma. Ao acompanhar o serviço com mais frequência, como começou a acontecer nas lajes seguintes, esse tipo de erro parou de acontecer.

A troca de MPa também pode ser um problema caso não seja bem programada, pois os blocos pedidos devem ser controlados para que não sobrem para a laje seguinte. Como são pedidos conforme a necessidade, por mais que houvesse um controle baseado no quantitativo previsto, algumas vezes sobravam blocos que acabavam sendo usados na alvenaria seguinte. Isso vai contra o projeto e acaba gerando custo extra para a obra, pois conforme aumenta-se o MPa, mais caro é o material. Para que isso não acontecesse, uma alternativa seria negociar com o empresa dos blocos para que fossem devolvidas as sobras.

Outro problema enfrentado foi a qualidade dos blocos, pois durante um período houve uma confusão na empresa contratada e eles os entregaram com resistência inferior à utilizada. O erro foi percebido após o assentamento, o que causou ainda mais atrasos, pois a alvenaria teve que ser desfeita e ele só foi percebido por conta da coloração, que estava diferente dos blocos que vinham sendo utilizados.

A partir disso, aumentou-se a conferência para que fossem barradas qualquer tipo de não conformidade. A empresa garantiu que seus procedimentos seriam mais controlados para evitar erros como esse.

9. Conclusão

O trabalho foi realizado em um edifício residencial em São José do Rio Preto - SP, de 14 andares, sendo 8 apartamentos por pavimento. Para a realização do mesmo, fez-se uma pesquisa em trabalhos e normas sobre como desenvolver os melhores processos e práticas para elevação de obras em alvenaria estrutural. Sendo assim, pôde-se realizar uma comparação com a prática, no edifício apresentado, analisando se as ferramentas utilizadas são as mais adequadas e eficientes e se os processos são feitos de acordo com a norma, garantindo uma obra com mais qualidade e segurança.

Para tanto, acompanhou-se diariamente, durante 6 meses, a elevação de 10 pavimentos feitos em alvenaria estrutural. Os problemas encontrados foram relatados e expôs-se soluções para tais, ainda, alguns processos e práticas realizadas, como o uso de aplicativos, foram destacados por ajudar na qualidade da obra.

A primeira análise, feita sobre as ferramentas utilizadas na elevação da alvenaria, mostrou que elas são usadas de maneira satisfatória, pois o alinhamento e prumo das paredes era de grande qualidade e ficava dentro dos limites de erro da norma. No entanto, algumas ferramentas apresentadas na literatura não eram utilizadas por serem consideradas de difícil manuseio ou desnecessárias, apesar do seu uso colaborar com a eficiência e rapidez da obra.

Quanto ao estudo dos materiais que são utilizados na construção, verificou-se que os principais deles, como blocos e argamassa, são adquiridos somente com empresas certificadas e exige-se a apresentação de laudos para controle de qualidade. O recebimento dos componentes da alvenaria foi feito com base na norma 16868-2 e o aplicativo INMETA auxiliava os funcionários nesta tarefa. A conferência desses materiais era feita de forma correta, no entanto, poderia ser mais rigorosa, pois já aconteceram problemas com o recebimento desses materiais.

O armazenamento dos materiais precisava de alguns ajustes e melhorias, como por exemplo os blocos, que com MPa diferentes ficavam armazenados sem divisão, misturando-se e gerando confusão entre os trabalhadores. As armaduras, não protegidas, e nem os materiais utilizados no graute, ficavam expostos ao clima.

Esta falta de proteção pode alterar as características do material e afetar o seu desempenho.

Na marcação da alvenaria, é interessante e eficaz o modelo de trabalho adotado para o assentamento da primeira fiada, onde uma parte da equipe organiza os blocos em seus lugares e a outra parte realiza o assentamento. A utilização da argamassa também era muito otimizada, uma vez que as juntas obedeciam, em sua maioria, os limites estabelecidos pela norma.

Os processos de conferência desses serviços, realizados pelo construtora, verificavam se as medidas estavam dentro dos valores estipulados e se os serviços, como preenchimento dos pontos de graute estavam sendo feitos segundo o projeto.

A elevação também ocorria sem muitas complicações, uma vez que os funcionários possuem boa qualificação e faziam o assentamento sempre conferindo prumo e alinhamento. O maior problema encontrado, referente a alvenaria, e que acabou gerando mais atrasos, foi a entrega de blocos com resistência diferente da usada.

Contudo, tendo-se uma mão de obra qualificada, a obra se desenvolveu sem muitos problemas e atrasos, mantendo uma qualidade alta. Isto ocorre também pelos processos de conferência realizados e pela conscientização da equipe de que os processos da qualidade garantem uma obra mais eficiente e segura. Apesar disso, não se descarta a necessidade do aprimoramento de alguns processos, que devem ser realizados com mais seriedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCI – Associação Brasileira da Construção Industrializada; **MANUAL TÉCNICO DE ALVENARIA**. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda. 1990.

ARAÚJO, J. **Alvenaria Estrutural**. Slide apresentado no curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868: Alvenaria Estrutural - Parte 2: Execução e controle de obras** - Primeira edição, 10 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868: Alvenaria Estrutural - Parte 3: Métodos de ensaio** - Primeira edição, 10 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Versão corrigida 28 jun. 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

CAMACHO, J. D. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 2006. Apostila de aula (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificios-de-alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso em: 01 Abril de 2024

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Banco de obras. CONSTRUTOR AMADOR. **COMO FAZER ESTICADOR DE LINHA DE PEDREIRO SIMPLES E FÁCIL!** . 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fBC1PL5xZ_E>. Acesso em: 09 jun. 2024.

E-CIVILNET. **O que é Colher Tipo Palheta.** Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-colher-tipo-palheta.html>>. Acesso em: 01 abr. 2024.

E-CIVILNET. **O que é Esquadro.** Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-esquadro.html>>. Acesso em: 2 mai. 2024.

EDUCA CIVIL. **Alvenaria estrutural: o que é, quando usar, como calcular e grautear.** 2020. Disponível em: <<https://educacivil.com/alvenaria-estrutural-o-que-e-quando-usar-como-calcular-e-grautear/>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

EQUIPA OBRA. **Bisnagas para Argamassa.** Equipa Obra, 2015. Disponível em: <<http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo/verProduto.php?cdcatalogoproduto=5>>. Acesso em: 09 jun. 2024.

EQUIPA OBRA. **Escantilhão para Alvenaria - Modelo Estrutural.** Equipa Obra, 2015. Disponível em: <<http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo/verProduto.php?cdcatalogoproduto=17>>. Acesso em: 27 mai. 2024.

EQUIPA OBRA. **Gabarito para Vão de Janela.** Equipa Obra, 2015. Disponível em: <<http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo/listaCat.php?cdcategoriapai=30>>. Acesso em: 09 jun. 2024.

EQUIPE VIVA DECORA. **Alvenaria Estrutural.** Viva Decora, 13 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 09 jun. 2024.

FAZ FÁCIL. **Cinta de amarração: como construir.** Disponível em:
<<https://fazfacil.com.br/reforma-construcao/cinta-amarracao-como-construir/>>.
Acesso em: 09 jun. 2024.

GRUPO DE ESPECIALISTAS DA ABCP. **Prática recomendada PR - 2: Alvenaria com blocos de concreto: Ferramentas para melhorar a qualidade e a produtividade da sua obra.** ABCP

IW8. **Carrinho Porta Maseira 50 Litros.** Disponível em:
<<https://www.iw8.com.br/produto/carrinho-porta-maseira-50-litros.html>>. Acesso em:
09 jun. 2024.

DÉSIR, J. M. LUME. Blocos de concreto. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php>. Acesso em: 29 mai. 2024.

MECAN. Mecan – **Andaimes, elevadores de cremalheira e escoramentos eficientes e seguros.** AECWeb, [ano de publicação]. Disponível em: <URL>.
Acesso em: 26 mar 2024.

MENEZES, B. R. P.; JUNIOR L. A. M. A.; DINIZ, T. I.; EIRAS, D. H. M; JUNIOR, L. A. A. M. A.; GOMES, G, J, C; PASCHOAL, C. J. F . **Alvenaria estrutural na construção civil.** Revista Eletrônica TECCEN, p. 21, Dez. 2018. Disponível em:
<http://192.100.251.116/index.php/TECCEN/article/view/1282>. Acesso em: 01 abril de 2024

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. **Visível do espaço? Entenda essa e outras curiosidades sobre a Grande Muralha da China.** 2023. Disponível em:
<<https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2023/07/visivel-do-espaco-entenda-essa-e-outras-curiosidades-sobre-a-grande-muralha-da-china>>. Acesso em:
09 jun. 2024.

PASTRO, R. Z. **Alvenaria Estrutural: Sistema Construtivo**. Itatiba, 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade São Francisco.

PAULUZZI. **Alvenaria estrutural: conheça o sistema construtivo deste a parte de projetos à execução da alvenaria com blocos cerâmicos**. Disponível em: <<https://pauluzzi.com.br/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 3 mai. 2024.

PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H). Apresentação. Disponível em: <<https://pbqp-h.mdr.gov.br/o-pbqp-h/apresentacao/>>.

PRUDÊNCIO JUNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIM, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Associação Brasileira de Cimento Portland. Florianópolis, 2002

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

RODRIGUES, J. C. **Alvenaria estrutural e sistema construtivo**. 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FAEX Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema, Extrema.

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

Santos, R. A. **Controle da Qualidade da Execução da Alvenaria Estrutural**. 69 f. 2010. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010

SOARES, S. M. B. **Alvenaria estrutural**. 112 f. Trabalho acadêmico (Professora) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUSA, J. S. ALVES, G. S.; SILVA, A. F.; SOUSA, G. M. R.; ARAÚJO SOBRINHO, A. M. **Impacto da construção civil no produto interno bruto**. Revista Científica: Perspectiva Online: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. São Paulo v.5, n.12, abr 2015.

VENDRAME, G. Alvenaria Estrutural: Fundamentos de Cálculo para Blocos Vazados de Concreto. Itatiba, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade São Francisco.

ANEXO A - LAUDO DE RESISTÊNCIA DOS BLOCOS DE CONCRETO

CERTIFICADO DE CONCESSÃO
SELO DA QUALIDADE DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO E PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

A ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, concede a

o direito de uso do **Selo da Qualidade ABCP** segundo os requisitos estabelecidos no regulamento do programa para:

Norma:	Produto:	Classe:
ABNT NBR 6136:2016	Blocos vazados de concreto para alvenaria	A (fbk $\geq$ 8,0 MPa)
ABNT NBR 6136:2016	Blocos vazados de concreto para alvenaria	B (4,0 $\leq$ fbk < 8,0 MPa)

Máxima resistência característica à compressão avaliada nos últimos 12 meses é de 13,5 MPa.

Para mais informações sobre o Programa Setorial da Qualidade, acesse <http://www.abcp.org.br>

Concessão nº
28502

Data da emissão:
01 de março
de 2024

Associação Brasileira de Cimento Portland
www.abcp.org.br
Av. Torres de Oliveira, 16 | São Paulo, SP

Data da validade:
31 de maio
de 2024

ANEXO B - LAUDO DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA

[illegible]

Milena da Silva Passarini

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Eng^a Agrônômica, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 - CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br