



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

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**JOICY MENTA LIMA**

**ALVENARIA ESTRUTURAL: EXECUÇÃO E CONTROLE TECNOLÓGICO EM  
BLOCOS CERÂMICOS E BLOCOS DE CONCRETO**

Ilha Solteira  
2022

**JOICY MENTA LIMA**

**A ALVENARIA ESTRUTURAL: EXECUÇÃO E CONTROLE TECNOLÓGICO EM  
BLOCOS CERÂMICOS E BLOCOS DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia de  
Ilha Solteira – UNESP como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

Nome do orientador  
**Prof. Dr. Marco Antônio de M.  
Alcantara**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L732a Lima, Joicy Menta.  
Alvenaria estrutural: execução e controle tecnológico em blocos cerâmicos e blocos de concreto / Joicy Menta Lima. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022

49 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Marco Antonio de Moraes Alcantara

Inclui bibliografia

1. Alvenaria estrutural. 2. Controle tecnológico. 3. Blocos cerâmicos. 4. Blocos de concreto.

  
Raiane da Silva Santos


Joicy Menta Lima

**ALVENARIA ESTRUTURAL: EXECUÇÃO E CONTROLE TECNOLÓGICO EM  
BLOCOS CERÂMICOS E BLOCOS DE CONCRETO**


Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenharia Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de Ilha Solteira.

**Aprovada em 27/07/2022**

Comissão Examinadora

  
Prof. Dr. Marco Antônio de Moraes Alcantara  
UNESP/FE - Câmpus de Ilha Solteira (Orientador)

  
Prof. Dr. Adriano Souza  
UNESP/FE - Câmpus de Ilha Solteira

  
Profª. Drª. Luzenira Alves Brasileiro  
UNESP/FE - Câmpus de Ilha Solteira

Ilha Solteira  
27 de julho de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família, a quem devo tudo que sou, incluindo as oportunidades de estudo e constante apoio em todas as fases da minha vida. Me considero extremamente sortuda por crescer em um ambiente tão repleto de amor e bençãos.

Também devo agradecimentos à Faculdade de Ilha Solteira, que me proporcionou anos de muito aprendizado, tanto acadêmicos quanto laborais, o que com certeza contribuiu para a profissional que me tornei. Em especial, sou grata ao professor Marco Antônio Alcantara, por ser meu orientador nesse projeto e sempre se mostrar apoiador, assim como à professora Luzenira Brasileiro, que foi minha tutora no programa PET, além de muitas vezes uma família para mim.

Não poderia deixar de agradecer aos amigos que me acompanharam nessa jornada, em especial à minha turma 2015/1 e a minha república Útero, que tantas vezes apoiaram meus projetos e ofereceram conforto em momentos difíceis.

Por fim, gostaria de agradecer aos amigos que me acompanharam durante o estágio, pois cresceram junto a mim durante esse desafio, além de sempre acreditarem no meu potencial, mesmo eu mesma duvidava.

Eu não teria conseguido finalizar essa etapa com tanto aprendizado e sucesso se não fosse por todos vocês. Obrigada.

## RESUMO

O trabalho faz uma revisão bibliográfica acerca da alvenaria estrutural, mostrando o desenvolvimento do método ao longo dos séculos. Também cita a introdução do mesmo no mercado nacional brasileiro, além das vantagens e desvantagens em seu uso. Outros tópicos levantados foram: a normalização do método no país, citando as principais normas; o controle tecnológico, utilizado para averiguar o desempenho dos componentes; e a elaboração de projetos, etapa primordial para o sucesso da execução. O objetivo do trabalho foi levantar informações sobre a alvenaria estrutural, analisar uma obra como estudo de caso e comparar resultados de ensaio obtidos no uso de blocos cerâmicos e blocos de concreto, que são hoje os principais materiais utilizados no ramo. A metodologia tem como base as normas atuais e os ensaios foram realizados por uma empresa especializada, contratada pela obra em questão. Por fim, as devolutivas foram satisfatórias, mostrando resultados de resistência das amostras superiores aos exigidos em projetos, comprovando a confiabilidade da alvenaria estrutural no empreendimento construído.

**Palavras-chave:** Alvenaria estrutural, controle tecnológico, blocos cerâmicos, blocos de concreto.

## **ABSTRACT**

The final paper makes a bibliographic review about structural masonry, showing the development of the method over the centuries. It also mentions its introduction in the Brazilian national market, in addition to the advantages and disadvantages of its use. Other topics raised were: the standardization of the method in the country, citing the main standards; the technological control, used to verify the performance of the components; and the elaboration of projects, essential step for the success of the execution. The objective of the work was to gather information about the structural masonry, analyze a work as a case study and compare test results obtained in the use of ceramic blocks and concrete blocks, which are today the main materials used in the field. The methodology is based on current standards and the tests were carried out by a specialized company, hired by the work in question. Finally, the feedback was satisfactory, showing results of resistance of the samples superior to those required in projects, proving the reliability of the structural masonry in the built enterprise.

**Keywords:** Structural masonry, technological control, ceramic blocks, concrete blocks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Coliseu de Roma
Figura 2	Transmissão dos esforços horizontais nas estruturas em pedra
Figura 3	Conjunto Habitacional Central Parque Lapa
Figura 4	Edifício Muriti
Figura 5	Elementos da alvenaria estrutural
Figura 6	Blocos cerâmicos
Figura 7	Locais para medições da largura (L) do bloco e tijolo
Figura 8	Locais para medições da altura (H) do bloco e tijolo
Figura 9	Locais para medições de comprimento (C) do bloco e tijolo
Figura 10	Ensaio de resistência à compressão em bloco cerâmico
Figura 11	Cálculo o Índice de Absorção da Água
Figura 12	Blocos de concreto
Figura 13	Prismas cheio e oco de bloco cerâmico
Figura 14	Prismas cheio e oco de bloco de concreto
Figura 15	Famílias de blocos
Figura 16	Detalhe de projeto em alvenaria estrutural – fiada ímpar
Figura 17	Detalhe de projeto em alvenaria estrutural – fiada par
Figura 18	Guias e montantes para shafts de elétrica e hidráulica
Figura 19	Eletrodutos posicionados em alvenaria estrutural
Figura 20	Prensa EMIC PC200C
Figura 21	Prensa de ruptura PAVITEST
Figura 22	Vista Superior do Lar Alemanha
Figura 23	Torres de Blocos de Concreto e de Blocos Cerâmicos
Figura 24	Abrigo de prismas para controle tecnológico

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Valores de  $\emptyset$  em função da quantidade de blocos.

Tabela 2 – Valores de  $\emptyset$  em função da quantidade de blocos

Tabela 3 – Controle tecnológico de bloco – Torre 3 – 3º pavimento

Tabela 4 – Controle tecnológico de bloco – Torre 5 – 3º pavimento

Tabela 5 – Controle tecnológico de prisma oco – Torre 3 – 3º pavimento

Tabela 6 – Controle tecnológico de prisma cheio – Torre 3 – 3º pavimento

Tabela 7 – Controle tecnológico de argamassa – Torre 3 – 3º pavimento

Tabela 8 – Controle tecnológico de argamassa – Torre 5 – 3º pavimento

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
NBR	Norma Brasileira;

# SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. <b>HISTÓRICO.....</b>	<b>12</b>
1.2. <b>VANTAGENS E DESVANTAGENS.....</b>	<b>15</b>
1.3. <b>ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL.....</b>	<b>16</b>
1.4. <b>ELEMENTOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>17</b>
1.5. <b>NORMALIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL.....</b>	<b>19</b>
1.5.1. <b>ABNT NBR 16868-1/2020 – ALVENARIA ESTRUTURAL. PARTE 1: PROJETO.....</b>	<b>20</b>
1.5.2. <b>ABNT NBR 16868-2/2020 – ALVENARIA ESTRUTURAL. PARTE 2: EXECUÇÃO E CONTROLE DE OBRAS</b>	<b>20</b>
1.5.3. <b>ABNT NBR 16868-3/2020 – ALVENARIA ESTRUTURAL. PARTE 3: MÉTODOS DE ENSAIOS.....</b>	<b>20</b>
<b>2.CONTROLE TECNÓLOGICO.....</b>	<b>21</b>
2.1. <b>RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS BLOCOS.....</b>	<b>21</b>
2.1.1. <b>BLOCOS CERÂMICOS.....</b>	<b>21</b>
2.1.2. <b>BLOCOS DE CONCRETO.....</b>	<b>24</b>
2.2. <b>RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS PRISMAS.....</b>	<b>25</b>
2.3. <b>TENSÃO DE RUPTURA DA ARGAMASSA.....</b>	<b>26</b>
<b>3.PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>27</b>
3.1. <b>MODULAÇÃO.....</b>	<b>27</b>
3.2. <b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSANITÁRIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>4.OBJETIVO</b>	<b>33</b>
<b>5.MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
5.1. <b>MATERIAIS.....</b>	<b>34</b>
5.2. <b>MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
5.2.1. <b>CÁLCULO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS BLOCOS.....</b>	<b>35</b>
5.2.2. <b>CÁLCULO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS PRISMAS.....</b>	<b>36</b>
5.2.3. <b>CÁLCULO DA TENSÃO DE RUPTURA DA ARGAMASSA.....</b>	<b>38</b>
<b>6.ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>39</b>
<b>7.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
7.1. <b>CONTROLE TECNOLÓGICO DE BLOCO.....</b>	<b>41</b>
7.2. <b>CONTROLE TECNOLÓGICO DE PRISMA.....</b>	<b>42</b>
7.3. <b>CONTROLE TECNOLÓGICO DE ARGAMASSA.....</b>	<b>45</b>
<b>8.CONCLUSÃO</b>	<b>47</b>
<b>9.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

“Conceitua-se de Alvenaria Estrutural o processo construtivo na qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional”. (CAMACHO, 2006).

Segundo Parsekian, alvenarias estruturais em edifícios funcionam como elementos estruturais, suportando ou resistindo aos carregamentos e ações, e também elementos de vedação ou arquitetônicos, dividindo ou protegendo os ambientes.

A alvenaria estrutural pode ser classificada como armada ou não armada. Na primeira, são utilizadas barras de aço como uma armadura passiva, desempenhando o papel do elemento resistente. Estas são posicionadas na cavidade dos blocos que, posteriormente, são preenchidos com graute. Já na segunda, as armaduras utilizadas tem função somente construtiva, como prevenir fissuras.

Sendo uma das alternativas construtivas mais utilizadas até o século XIX, a alvenaria estrutural esteve presente na maior parte da história da humanidade. Heranças desse período tornaram-se feitos famosos, como as Pirâmides do Egito e a Muralha da China.

### **1.1. HISTÓRICO**

Atualmente, a alvenaria é um método construtivo altamente utilizado, tanto o seu uso como vedação quanto estrutural. O cenário advém de um gradual desenvolvimento ao longo dos anos, visto que tal método está presente em diversas construções no decorrer dos séculos.

No mundo, edificações em alvenaria datam de 10 mil anos atrás. O seu estudo foi de extrema importância para explorar técnicas construtivas e o melhor uso dos materiais.

Muitos dos edifícios antigos em alvenaria foram projetados usando o peso dos pavimentos e de espessas paredes para evitar a ocorrência de trações devidas a excentricidades de carregamento e ações laterais. A estabilidade da edificação era garantida pela simples ação da gravidade, o que, apesar de ser tecnicamente viável, impunha um limite ao uso de alvenaria em função do alto gasto de material e consequente custo. Essa limitação motivou projetistas a buscar soluções técnicas para permitir a diminuição da espessura das

paredes, mantendo a estabilidade da edificação. (Parsekian, Hamid, Drysdale, 2013)

São muitos os exemplos de construções antigas que utilizavam materiais sobrepostos, com ou sem algum tipo de ligante. Dentre eles, temos as pirâmides do Egito, a Catedral Francesa de Notre Dame e o Coliseu de Roma. Este último está representado na Figura 1, mostrando a magnitude da construção, apesar de sua idade e interferências sofridas ao longo dos séculos.

**Figura 1 – Coliseu de Roma**

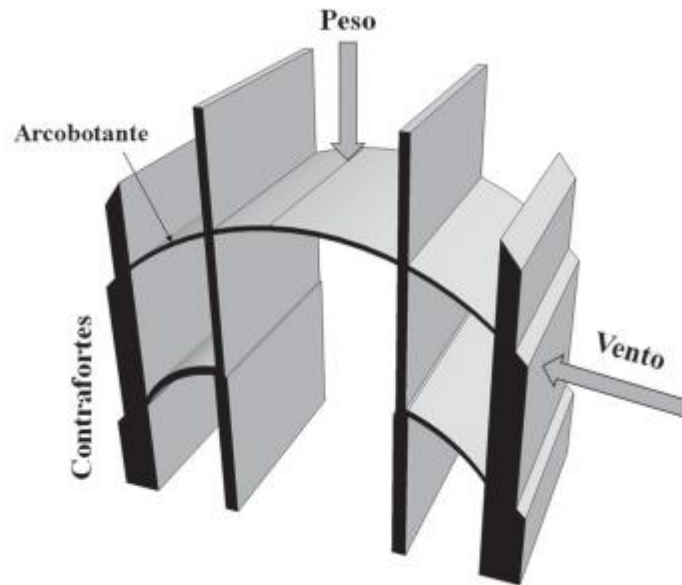


Fonte: Juliete Neves. Educa Mais Brasil. 2019

O sucesso e estabilidade dessas obras históricas devem-se principalmente ao formato da edificação. Estruturas como arcos e contrafortes foram os pioneiros em sistemas mais estabilizados, no estilo de pórticos, por exemplo.

A presença de unidades de pedra ou cerâmicos tornava o sistema estrutural mais limitado quanto ao vão, e a tipologia em arco permitia atender as necessidades construtivas sem que surgissem tensões de tração que levassem o material à ruptura. (MOHAMAD, 2020)

**Figura 2 – Transmissão dos esforços horizontais nas estruturas em pedra**



Fonte: Parsekian, Hamid, Drysdale, 2013

Em cada particular período da história, o desenvolvimento da alvenaria deu-se de acordo com certas condições da época, como a evolução tecnológica, a disponibilidade dos materiais e o interesse da sociedade, já que é uma atividade que exige certo grau de investimento.

Com o advento da Revolução Industrial, por exemplo, houve uma queda no uso e desenvolvimento da alvenaria estrutural, devido à preferência de investimento em outros materiais e métodos construtivos.

O aparecimento do aço e do concreto tornou as obras mais versáteis em termos de produção, esbeltez e, principalmente, obtenção de grandes vãos, garantindo a chamada busca pela liberdade arquitetônica dos grandes espaços (Mohamed, 2020).

Somente após a 2ª Guerra Mundial, quando houve escassez desses materiais, retomou-se o uso de alvenaria estrutural, assim como a retomada de seus estudos.

## 1.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O método se popularizou no mundo justamente por seu caráter econômico, já que traz redução no tempo e no custo da obra. Visto que os elementos de vedação e estrutural são construídos de forma simultânea, a alvenaria estrutural permite maior rapidez, se comparada à alvenaria convencional, além de reduzir a quantidade de concretagens, processo que exige maior tempo e recursos da equipe de produção.

A alvenaria estrutural possui diversas vantagens, sendo a econômica uma das principais, em virtude da otimização de tarefas em obra por meio de técnicas executivas simplificadas, facilidade de controle nas etapas de produção e eliminação de interferências, gerando redução no desperdício de materiais em decorrência do constante retrabalho. Como consequência, o sistema construtivo em alvenaria estrutural é capaz de proporcionar flexibilidade no planejamento das etapas de execução das obras. (MOHAMAD, 2020)

Dentre as desvantagens, temos algumas condições limitantes que o método apresenta, como a impossibilidade de projetos com grandes vãos. Há também uma dificuldade maior em futuras reformas, visto que as paredes estruturais não podem ser modificadas.

Outrossim, a execução e controle da alvenaria estrutural deve ser precisa e constantemente averiguada. Ou seja, os profissionais devem seguir estritamente o projeto de modulação, que geralmente apresenta o uso de diferentes blocos e determinados pontos de graute. A verificação do serviço executado, em acordo com o projeto aprovado, precisa ser constante.

O material utilizado também exige uma atenção extra. Os blocos devem seguir as especificações de dimensões e resistência, conforme estipulado pelo projetista. O controle tecnológico deve ser realizado de acordo com as normas competentes e aprovado pelos engenheiros responsáveis.

Apesar dos empecilhos, o método ainda é bastante vantajoso e vem ganhando espaço na construção civil, principalmente pela sua economia de tempo e recursos.

### 1.3. ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

Até a década de 1960, as construções em alvenaria no Brasil eram pautadas em conhecimento empírico, ou seja, contavam com a experiência prática dos profissionais da área.

A partir dos anos 60, entretanto, surgiram normalizações acerca do assunto, estas que estabeleciam critérios de dimensionamento e segurança, relacionando os esforços calculados com a resistência dos elementos trabalhados.

Dois exemplos pioneiros de alvenaria estrutural armada em blocos de concreto foram o Central Park Lapa (São Paulo - SP, 1966), com quatro pavimentos, e o Edifício Muriti (São José dos Campos – SP, 1972), com dezesseis pavimentos, mostrados nas figuras 3 e 4.

**Figura 3 - Conjunto Habitacional Central Parque Lapa**



Fonte: GIESBRECHT, Alexandre. 2014.

**Figura 4 – Edifício Muriti**



Fonte: Riccio Imóveis, 2022.

No decorrer dos anos, a economia e a rapidez trouxeram destaque à alvenaria estrutural, tendo significativo aumento em sua reputação. O mercado, conseqüentemente, atendeu ao novo cenário, produzindo cada vez mais opções de componentes, como blocos de diversos tamanhos, formatos e resistências.

Um fato que contribuiu para a popularização da alvenaria estrutural no país foi o surgimento de casas populares. O déficit habitacional e o cunho populista do governo desencadearam programas, como o Minha Casa Minha Vida, onde o governo auxiliava no financiamento de habitações populares.

Essa nova demanda exigia construções mais rápidas, econômicas e produzidas de forma industrial, já que refletiam no tempo, valor de parcela e resultado do financiamento de milhares de brasileiros.

#### **1.4. ELEMENTOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Um dos maiores desafios da alvenaria estrutural é tornar a edificação capaz de absorver os esforços solicitados em relação às dimensões da estrutura, preferencialmente de forma econômica. Tal feito foi possível devido à evolução

no estudo dos materiais, como exemplo, o surgimento de blocos de alta resistência e sua produção de forma industrial.

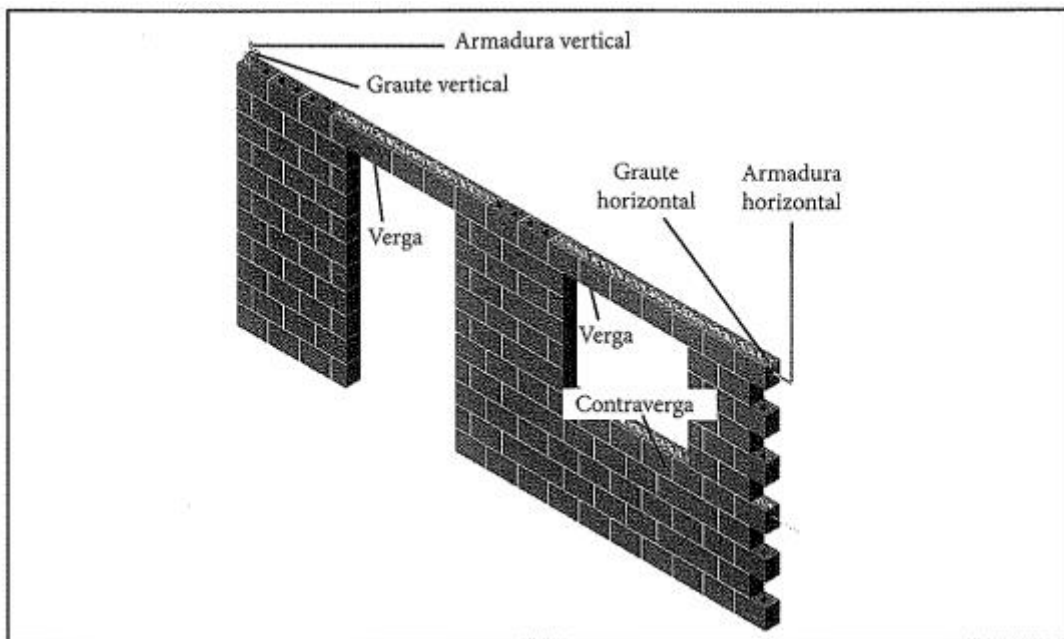
A seguir, são expostos alguns elementos essenciais para o sucesso do método construtivo, pois a utilização correta dos mesmos permitiu a alvenaria estrutural ser cada vez mais viável e segura.

- Bloco: geralmente de concreto ou cerâmica, elemento que se encontra em diferentes tamanhos, de acordo com a necessidade requisitada na modulação. Comumente assentados com a maior dimensão na horizontal (comprimento) e com os furos na vertical.
- Junta de Argamassa: mistura dosada de cimento, areia, água e aditivos, que serve como componente de ligação entre os blocos.
- Graute: “É o componente utilizado na ligação entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões, sendo composta de cimento, agregado miúdo, água e cal” (CAMACHO, 2006).
- Parede estrutural: serve de apoio à laje e outros elementos construtivos, com a finalidade de absorver e transmitir os esforços solicitantes até à fundação.
- Parede não estrutural: não participa da transmissão de esforços. Também chamada de parede de vedação.
- Viga: canaletas armadas e grauteadas, geralmente alocadas sobre vãos de aberturas, com finalidade de resistir aos carregamentos
- Contravergas: elementos estruturais, geralmente alocadas sob vãos de aberturas, com finalidade de resistir as tensões concentradas nos cantos da abertura.
- Cinta: canaletas armadas e grauteadas postas continuamente em uma ou mais fiadas, com a finalidade de distribuir as cargas continuamente na parede, além de aumentar a resistência da mesma.
- Coxim: canaletas grauteadas e armadas, ou até mesmo peças de concreto armado, apoiados na parede a fim de distribuir cargas concentradas.
- Juntas de dilatação: são locais de divisão da alvenaria com a intenção de absorver os efeitos da temperatura e da retração sobre a estrutura.

A norma prevê juntas a pelo menos cada 24 m da edificação em planta, podendo variar de acordo com a análise do projetista.

- Juntas de controle: são espaçamentos verticais previstos na alvenaria, com a finalidade de prevenir fissuras ocasionadas por variação de temperatura e de carregamentos.

**Figura 5 – Elementos da alvenaria estrutural**



Fonte: (Parsekian, Hamid, Drysdale, 2013)

## 1.5. NORMALIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

Na década de 1960, os estudos e experimentos sobre a alvenaria estrutural se intensificaram, desencadeando na elaboração de normas técnicas, a fim de padronizar os critérios para tal método construtivo, melhorando sua credibilidade e segurança.

No Brasil, quem gerencia tais normas é o comitê da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), sendo os responsáveis por revisar, cancelar ou criar, conforme a demanda.

Atualmente, a principal norma utilizada é a NBR 16868, que é dividida em três partes. Além dessas, outras normas específicas também são necessárias, dependendo do material a ser utilizado, como blocos cerâmicos, de concreto ou sílico-calcário, por exemplo.

#### **1.5.1. ABNT NBR 16868-1/2020 – Alvenaria estrutural. Parte 1:**

##### **Projeto.**

A primeira parte da norma define os requisitos para projetos de alvenaria estrutural, especificamente para blocos e tijolos cerâmicos, além de blocos de concreto.

#### **1.5.2. ABNT NBR 16868-2/2020 – Alvenaria estrutural. Parte 2:**

##### **Execução e controle de obras**

A segunda parte da norma estabelece os requisitos necessários para a execução e controle de obras em alvenaria estrutural. Dentre estes requisitos, temos o controle de materiais e componentes, o controle de processos, além do controle de verificações, definindo os padrões estabelecidos para garantir o desempenho do método.

#### **1.5.3. ABNT NBR 16868-3/2020 – Alvenaria estrutural. Parte 3:**

##### **Métodos de Ensaio**

A terceira parte da norma define os ensaios necessários para validar os elementos da alvenaria estrutural. Se referencia à componentes submetidos a esforços de flexão, compressão axial, cisalhamento e flexocompressão.

## **2. CONTROLE TECNÓLOGICO**

Com o surgimento de métodos construtivos não convencionais, é necessário o uso de certos parâmetros para garantir a sua credibilidade. Uma das ferramentas utilizadas para mensurar e assegurar a qualidade da alvenaria estrutural é a aplicação do controle tecnológico.

Existem diferentes tipos de ensaios que podem ser realizados no controle tecnológico, de acordo a necessidade de cada caso. Abaixo temos alguns exemplos de ensaios geralmente exigidos para alvenaria estrutural.

### **2.1.RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS BLOCOS**

#### **2.1.1. BLOCOS CERÂMICOS**

A resistência dos blocos ou tijolos cerâmicos é descrita na ABNT NBR 15270-2, que exige no mínimo 13 corpos de prova.

**Figura 6 – Blocos cerâmicos**

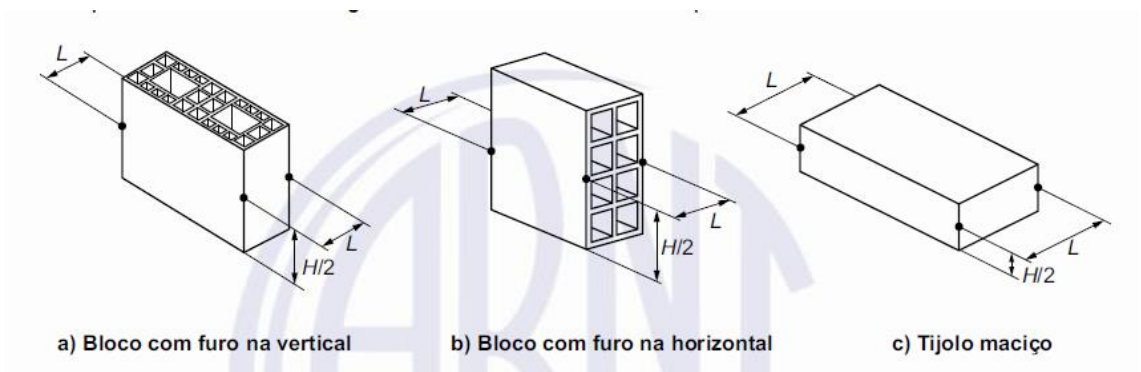


Fonte: Acervo pessoal do autor.

A primeira análise a ser realizada é das dimensões do bloco, pois garante a qualidade da fabricação do fornecedor, além de ser um dado primordial para o posterior cálculo de resistência.

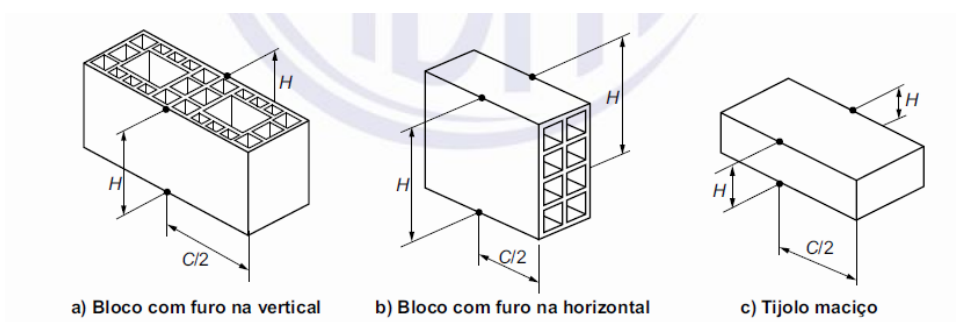
As figuras a seguir são detalhes da NBR 15270-2, anexo A, que mostram os locais a serem aferidos de acordo com o tipo do bloco. A norma também especifica que essa medida deve ser obtida com um paquímetro.

**Figura 7 - Locais para medições da largura (L) do bloco e tijolo**



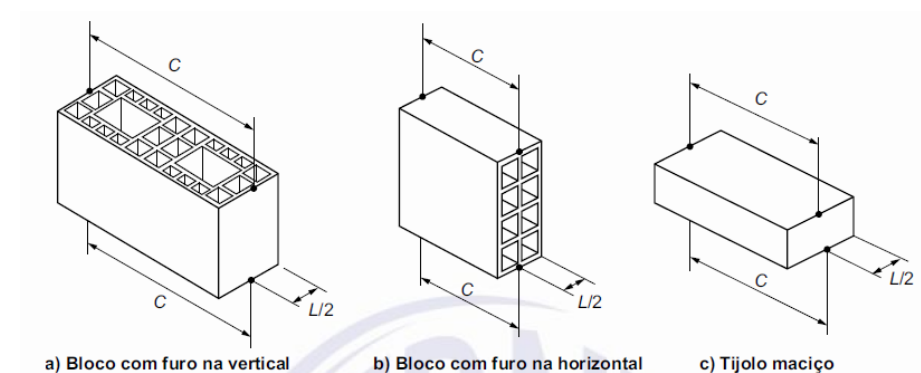
Fonte: ABNT NBR 15720-2 (Anexo A)

**Figura 8 - Locais para medições da altura (H) do bloco e tijolo**



Fonte: ABNT NBR 15720-2 (Anexo A)

**Figura 9 - Locais para medições de comprimento (C) do bloco e tijolo**



Fonte: ABNT NBR 15720-2 (Anexo A)

Os blocos então seguem para o ensaio de resistência à compressão, descrito no anexo C da norma. Primeiro é realizado o processo de capeamento, depois são imergidos em água por no mínimo 6 horas, em seguida são posicionados de modo que a carga seja aplicada na direção do esforço exigido durante o seu emprego.

Uma vez em estado saturado e sendo corretamente posicionado na prensa, o bloco ou tijolo é pressionado de forma gradual, até que atinja a ruptura.

**Figura 10 – Ensaio de resistência à compressão em bloco cerâmico**



Fonte: Sales et al. (2019)

Dependendo do projetista, pode ser solicitado também o ensaio de absorção, que é definido na mesma norma, no anexo B. Primeiro as amostras são submetidas à uma estufa, depois é pesada sua massa seca. Após, são imersas em água, retiradas e pesadas novamente, obtendo assim a massa úmida. Por fim, é obtido o índice de absorção da água (AA).

**Figura 11 – Cálculo o Índice de Absorção da Água**

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

onde

$m_u$  e  $m_s$  representam a massa úmida e a massa seca de cada corpo de prova, respectivamente, expressas em gramas (g).

Fonte: ABNT NBR 15720-2 (Anexo B)

### 2.1.2. BLOCOS DE CONCRETO

A resistência dos blocos de concretos, é descrita na ABNT NBR 12118, que exige no mínimo 6 corpos de prova.

**Figura 12 – Blocos de concreto**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Assim como nos blocos cerâmicos, também é preciso medir as dimensões de altura, comprimento e largura das amostras. Em seguida, é calculada a área bruta, multiplicando a largura pelo comprimento, sem descontar os furos.

O ensaio de resistência é descrito no item 6 da NBR 12118, onde são definidos os requisitos de equipamento, posicionamento e execução da prensa. Obtém-se, então, a carga máxima que a amostra suportou antes de romper. Essa carga dividida pela área bruta corresponde à resistência à compressão.

## 2.2. RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DOS PRISMAS

Uma das formas mais comuns de ensaio de resistência é o uso de prismas, um conjunto de dois blocos vazados ou perfurados assentados com argamassa. Esses corpos de prova podem ser de dois tipos, o prisma oco, composto somente por blocos, e o prisma cheio, onde são preenchidos com graute.

**Figura 13 – Prismas cheio e oco de bloco cerâmico**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

**Figura 14 – Prismas cheio e oco de bloco de concreto**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Os prismas devem ser identificados e armazenados de modo a preservar suas propriedades. Os requisitos do ensaio de prismas é descrito na NBR 16868-3, na sessão 6.

### **2.3. TENSÃO DE RUPTURA DA ARGAMASSA**

O ensaio de tensão de ruptura da argamassa é definido pela ABNT NBR 13279/2005, que estabelece 3 corpos de prova, geralmente rompidos após 28 dias.

### **3. PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Considerada uma das fases primordiais para o sucesso do empreendimento, a elaboração de um projeto deve objetivar eficácia e eficiência na construção da edificação. Isto é, definir o método construtivo, materiais e demais especificações que garantam uma obra viável e segura.

“Os envolvidos no projeto de edifícios em alvenaria estrutural devem, portanto, ter um bom conhecimento sobre edificações, incluindo tópicos de estrutura, instalações prediais, arquitetura, conforto e aspectos construtivos” (Parsekian, 2013.)

Nessa fase, geralmente a equipe já possui algumas informações levantadas, como: dados topográficos, estudo de sondagem do solo, estudo das instalações elétricas, hidráulicas e pluviais da região, análise de custos e perspectivas de retorno do investimento.

Com tais informações, é possível então estabelecer o padrão da obra, a necessidade do público alvo e, então, escolher as opções que se adequam à faixa de orçamento estipulada.

De acordo com a NBR 16868-1/2020, os projetos de alvenaria estrutural devem atender a três principais requisitos: a capacidade resistente, o desempenho em serviço e a durabilidade da estrutura.

A norma também cita que os projetos devem conter descrições em desenhos técnicos. Por exemplo, deve-se explicitar os diferentes tipos de blocos utilizados nas vistas superiores e vistas de paredes, com detalhes de vão, amarrações, locação de armaduras e juntas, assim como os pontos de graute.

É necessário, também, que o projetista estabeleça certas especificações quanto aos materiais utilizados, como resistência característica à compressão dos blocos, prismas, grautes e argamassas, além da categoria, classe e bitola dos aços.

#### **3.1. MODULAÇÃO**

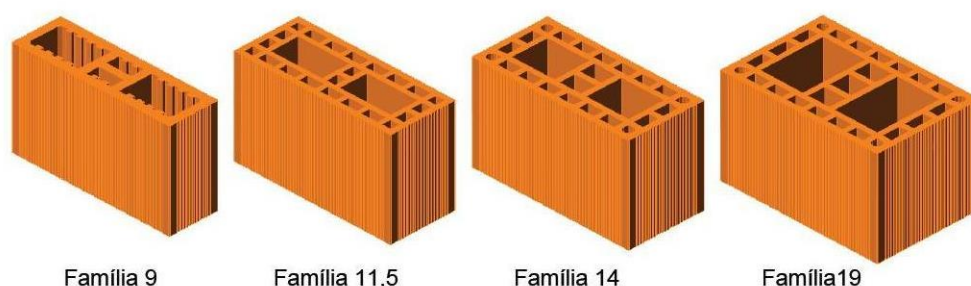
A NBR 5706 (ABNT, 1977) define que a “coordenação modular é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto por meio de um reticulado espacial modular de referência” e que o conceito de módulo é “a distância entre dois

planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência”.

O primeiro passo para o desenvolvimento da modulação é a escolha da família de blocos. O mercado atual proporciona diversas opções com as mais uma variedade de formas e dimensões, conforme a necessidade no projeto. Por exemplo, é preciso bloco em “U” para formar uma canaleta, assim como “meio bloco” para a finalização de uma parede.

Portanto, é viável dividi-los em famílias, já que numa modulação é necessária uma certa variedade dos mesmos, mas mantendo o padrão de largura e altura da peça. Na figura a seguir, é demonstrado algumas famílias de exemplo.

**Figura 15 – Famílias de blocos**



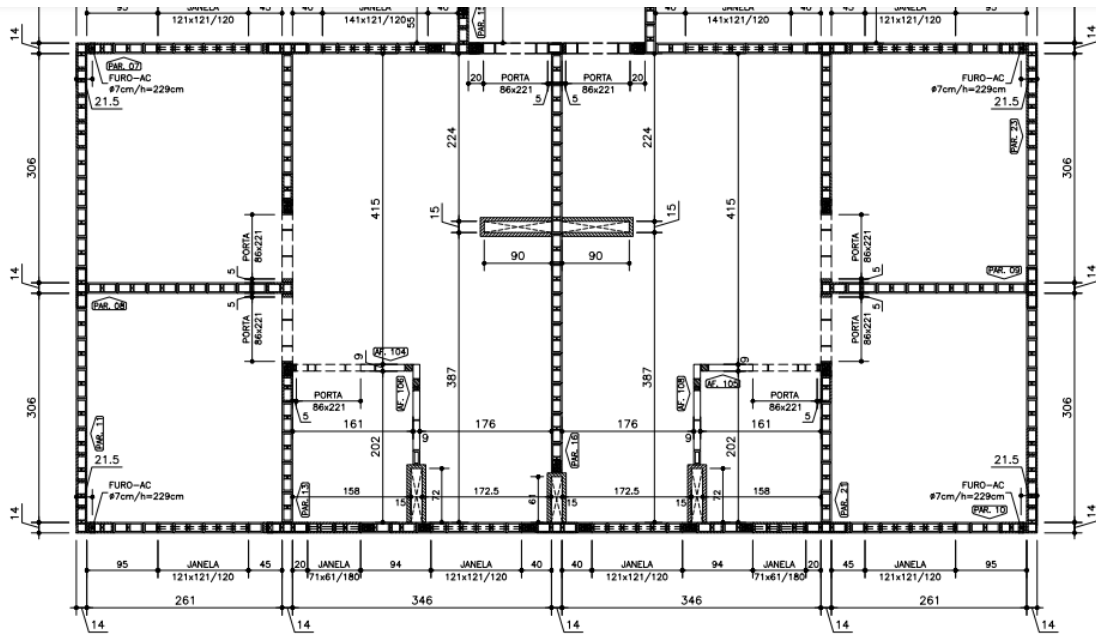
Fonte: UFRGS, Alvenaria estrutural.

Após a definição da família de blocos, as dimensões dos mesmos e a necessidade de espaços e vãos devem ser os guias que irão definir as plantas de modulação.

Geralmente, é necessário gerar o projeto de primeira e segunda fiada, além da elevação de paredes. Tal conjunto propicia aos profissionais as informações necessárias para a execução da alvenaria estrutural.

Na planta de modulação, as fiadas mostram a disposição e especificação dos blocos a serem assentados, a localização dos pontos de graute, assim como o tamanho dos vãos. Já na elevação das paredes, obtém-se outros detalhes, como a amarração das paredes e a localização das canaletas.

**Figura 16 – Detalhe de projeto em alvenaria estrutural – fiada ímpar**

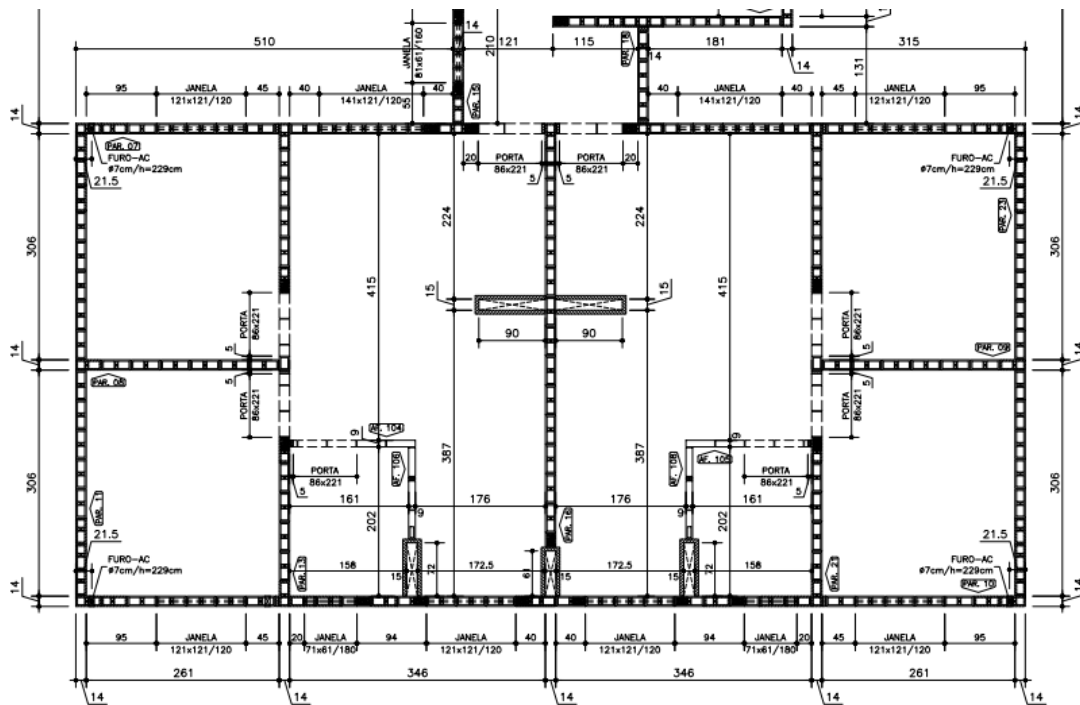


3º PAVIMENTO – PLANTA DA ALVENARIA (1ª FIADA)

ESC.: 1:50

Fonte: Autodoc Projetos – Brio Incorporadora

**Figura 17 – Detalhe de projeto em alvenaria estrutural – fiada par**



3º PAVIMENTO – PLANTA DA ALVENARIA (2ª FIADA)

ESC.: 1:50

Fonte: Autodoc Projetos – Brio Incorporadora

Os projetos podem variar de acordo com as tipologias da construção, gerando uma gama de variações. A norma 16868/2020, que define projetos em alvenaria estrutural, recomenda análise detalhada antes do início da obra, além da verificação de compatibilidade com outros projetos, como elétricos e hidráulicos.

Salienta-se que um projeto bem estudado e bem definido em termos de modulação implica no aproveitamento das vantagens do sistema Alvenaria Estrutural, resultando em facilidade e redução de tempo durante a execução, minimização ou eliminação de desperdícios e geração de entulhos, gerando economia e maior qualidade no produto final. (CAMACHO, 2006)

### **3.2. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSANITÁRIAS**

Uma etapa primordial do projeto de alvenaria estrutural é a locação das instalações elétricas e de comunicação, assim como instalações hidráulicas e sanitárias. Como boa parte das paredes assumem função estrutural, os vãos para as instalações citadas devem ser posicionados de forma estratégica.

Uma prática comum é o uso de shafts, estruturas que podem ser montadas para preencher os vãos das paredes e locar instalações internamente por terem cavidades ocas.

Em distribuições horizontais, geralmente aplicam-se forros, pois no seu interior podem ser locadas instalações hidrossanitárias do pavimento superior, além da fiação. Já em distribuições verticais, como condutores elétricos ou prumadas hidráulicas e de ventilação, os shafts são os mais indicados.

**Figura 18 – Guias e montantes para shafts de elétrica e hidráulica**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Observa-se que estruturas em drywall permitem acabamentos de pintura e assentamento cerâmico, preservando, assim, a estética do produto sem prejudicar sua função. Ademais, a manutenção dessas instalações é facilmente realizada, visto de shafts e forros podem ser recortados e posteriormente remendados com facilidade.

Apesar de tais recursos, o uso de shafts não dispensa a passagem de algumas instalações no interior da alvenaria, como condutores elétricos. Isto porque o projeto elétrico exige diversos pontos de saída nas paredes.

**Figura 19 – Eletrodutos posicionados em alvenaria estrutural**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

#### **4. OBJETIVO**

A finalidade principal do trabalho é dissertar acerca da alvenaria estrutural, explorando suas principais peculiaridades e desafios, além do cenário atual do método construtivo no Brasil.

O objetivo secundário é comparar o uso de blocos cerâmicos e blocos de concreto na alvenaria estrutural, com foco no controle tecnológico de cada um.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de analisar a alvenaria estrutural, foram realizados ensaios de controle tecnológico por uma empresa especializada. Na obra, também existem fichas que auxiliam no controle de amostras e seus respectivos resultados. Os métodos são baseados em normas de desempenho e emitidos por meio de relatórios pelo laboratório de ensaio.

### 5.1. MATERIAIS

Os ensaios de compressão dos blocos e dos prismas são realizados com prensa hidráulica. A empresa especializada utilizou a prensa de ruptura EMIC PC200C, que possui uma capacidade máxima de compressão de 200.000 kgf.

**Figura 20 – Prensa EMIC PC200C**



Fonte – EMIC, Emic: prensas de compressão.

Já nos ensaios de ruptura dos corpos de argamassa, a empresa utiliza a prensa de PAVITEST.

**Figura 21 – Prensa de ruptura PAVITEST**



Fonte –Contenco: prensas hidráulicas manuais. Página inicial. Disponível <<https://contenco.com.br>> Acesso em: 18 de jan. de 2022.

## **5.2. MÉTODOS**

### **5.2.1. Cálculo da resistência característica dos blocos**

Para o cálculo da resistência característica dos blocos, utiliza-se o procedimento descrito na NBR 15270-1:2017, item 5.5. A norma define que o ensaio deve ser realizado com no mínimo 6 e no máximo 20 corpos de prova, sendo necessário obter o resultado de suas propriedades geométricas e carga de ruptura.

Para o cálculo da tensão de ruptura, é necessário dividir o valor da carga máxima de ruptura, obtida com a prensa, pela área bruta do material.

Com os valores de tensão de ruptura de cada corpo de prova, podemos calcular a resistência característica estimada da amostra ( $f_{bk,est}$ ), utilizando a fórmula a seguir.

$$f_{bk,est} = 2 * \frac{f_{b1} + f_{b2} \dots f_{b(i-1)}}{i - 1} - f_{bi}$$

Sendo,

$fb_{est}$  = resistência característica estimada da amostra, em Mpa;

$fb_1, fb_2 \dots fb_n$  = Valores da resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados de forma crescente;

$i = n/2$  se  $n$  for par;

$i = (n-1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$n$  = quantidade de corpos de prova da amostra;

Após o cálculo do  $fb_{est}$ , é necessário realizar algumas análises para chegar ao valor de resistência característica da amostra:

- I. Se  $fb_{est} > fb_m$  (média da resistência à compressão de todos os corpos de prova da amostra), adota-se  $fb_m$  como a resistência característica do lote ( $fb_k$ );
- II. Se  $fb_{est} < \emptyset \cdot fb_1$  (menor valor da resistência à compressão de todos os corpos de prova da amostra), adota-se a resistência característica à compressão ( $fb_k$ ) por:  $\emptyset \cdot fb_1$ , sendo  $\emptyset$  o índice de confiabilidade da amostra, indicado na Tabela 1.
- III. Se  $fb_m > fb_{est} > \emptyset \cdot fb_1$ , então adota-se este valor como a resistência característica à compressão.

**Tabela 1 – Valores de  $\emptyset$  em função da quantidade de blocos.**

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	$\geq 18$
$\emptyset$	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte – ABNT 15270-1:2017.

### 5.2.2. Cálculo da resistência característica dos prismas

A norma NBR 16868-3/2020, anexo A, define o procedimento para o cálculo da resistência característica à compressão dos prismas ( $fp_{kest}$ ).

Utilizando os dados geométricos das amostras, é possível obter a área bruta. Em seguida, com o ensaio de ruptura, obtém-se os valores de carga máxima, que deve ser dividido pela área bruta para resultar, então, na tensão de ruptura individual de cada corpo.

Desse modo, podemos calcular a resistência característica estimada da amostra ( $f_{pk_{est}}$ ), utilizando a fórmula a seguir.

$$f_{pk_{est}} = 2 * \frac{f_{p1} + f_{p2} \dots f_{p(i-1)}}{i - 1} - f_{pi}$$

Sendo,

$f_{pk_{est}}$  = resistência característica estimada da amostra, em Mpa;

$f_{b1}, f_{b2} \dots f_{pn}$  = Valores da resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados de forma crescente;

$i = n/2$  se  $n$  for par;

$i = (n-1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$N = A$  quantidade de corpos de prova da amostra;

Após o cálculo de  $f_{pk_{est}}$ , ainda é necessário realizar algumas análises para chegar ao valor de resistência característica da amostra.

- I. Se  $f_{pk_{est}} < \emptyset \cdot f_{p1}$  (sendo  $\emptyset$  o fator de incerteza, definido na tabela abaixo, e  $f_{p1}$  o maior valor das amostras), adota-se  $\emptyset \cdot f_{p1}$  como a resistência característica da amostra
- II. Se  $f_{pk_{est}} > \emptyset \cdot f_{p1}$  utiliza-se o valor de  $f_{pk_{est}}$  como a resistência característica da amostra.

**Tabela 2 – Valores de  $\emptyset$  em função da quantidade de blocos**

Nº de elementos	$\emptyset$
3	0,80
4	0,84
5	0,87
6	0,89
7	0,91
8	0,93
9	0,94
10	0,96
11	0,97
12	0,98
13	0,99
14	1,00
15	1,01
16 e 17	1,02
18 e 19	1,04

Fonte – NBR 16868/2020.

### **5.2.3. Cálculo da tensão de ruptura da argamassa**

Para o cálculo da tensão de ruptura, o laboratório contratado utiliza a prensa de ruptura da Pavitest. Com a carga máxima de ruptura obtidos para cada corpo de prova, divide-se valor obtido pela área efetiva da amostra. Por fim, basta então verificar se o resultado de 28 dias atende às especificações mínimas de projeto.

## 6. ESTUDO DE CASO

A fim de analisar na prática os conceitos abordados, escolheu-se uma obra em que o método da alvenaria estrutural foi utilizado, tornando possível a análise dos dados gerados e obter conclusões acerca dos seus resultados.

O local escolhido para o estudo de caso foi a obra onde a autora realizou o estágio obrigatório para sua graduação, tornando, assim, toda a sua experiência acadêmica mais completa e prática.

A obra em questão é situada na cidade de Ribeirão Preto – SP e constitui-se de um condomínio em construção, formado por módulos de implantação, anexos e torres, totalizando 20.126,2 m<sup>2</sup> de área construída.

**Figura 22 – Vista Superior do Lar Alemanha**



Fonte: Brio Incorporadora, 2022.

O padrão da obra é popular, pois faz parte do programa “Casa Verde Amarela” do atual governo brasileiro. O condomínio tem previsão de entrega para o 1º semestre de 2022 e contará com 416 apartamentos, sendo a alvenaria estrutural o método construtivo predominantemente utilizado em sua execução.

Um fato inusitado que ocorreu na obra foi a mudança no uso de material estrutural. Inicialmente, foi projetada para utilizar somente blocos cerâmicos em sua alvenaria. Porém, com o advento da pandemia do Covid-19 e a consequente

escassez do material pelo fornecedor, optou-se por construir uma das torres utilizando bloco estrutural de concreto.

**Figura 23 – Torres de Blocos de Concreto e de Blocos Cerâmicos**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A fim de comparar os resultados de ambos materiais usados no controle tecnológico, foram analisados dois locais específicos: o 3º pavimento da torre 3, construída em concreto, e o 3º pavimento da torre 5, construída em bloco cerâmico.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1. CONTROLE TECNOLÓGICO DE BLOCO

Primeiro, foi analisado o ensaio em bloco de concreto. A seguir então os resultados do ensaio de compressão, sendo que a amostra foi de blocos 14x19x39 e o Fbk de projeto é 4,5 Mpa.

**Tabela 3 – Controle tecnológico de bloco – Torre 3 – 3º pavimento**

#### Dados do Ensaio

Corpo de Prova Nº	Peso (g)	Altura (mm)	Largura (mm)	Compr. (mm)	Área de Trabalho (mm <sup>2</sup> )	Carga de Ruptura (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	$\bar{f}_b$ (MPa)	$f_{b1}$ (MPa)
1	10310	192	140	390	54600	355400	6,51	7,54	6,33
2	10430	191	141	392	55272	401310	7,26		
3	10590	191	142	393	55806	571880	10,25		
4	10620	192	141	391	55131	355410	6,45		
5	10500	191	141	391	55131	349060	6,33		
6	10540	192	140	391	54740	462850	8,46		
<b>MÉDIA</b>		192	141	391	6	<b>Coef. de confiabilidade “Ψ6” =&gt;</b>		0,89	
<b>Número “n” de peças ensaiadas =&gt;</b>									
Resistência Característica : $2 \cdot \frac{f_{b1} + f_{b2} + \dots + f_{bm} - 1}{m - 1} - f_{bm}$					$f_{bk,est}$ 6,27 MPa	$f_{bk,est}$ adotado: <b>6,27 MPa</b>		$\Psi_6 \cdot f_{b1}$ 5,64 MPa	

NOTAS: Os resultados restringem-se às amostras ensaiadas.

OBS: Amostras coletadas na fábrica.

ABSORÇÃO (%)				
Amostra	Peso Saturado	Peso Seco	Absorção	Média
01	10280 g	9640 g	6,64%	6,66%
02	11100 g	10300 g	7,77%	
03	9290 g	8800 g	5,57%	

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora

O segundo resultado apresentado é referente ao ensaio de blocos cerâmicos, sendo que a amostra foi de blocos 14x19x39 e o Fbk de projeto é 6,0 Mpa.

**Tabela 4 – Controle tecnológico de bloco – Torre 5 – 3º pavimento**

Corpo de Prova N°	Peso (g)	Altura (mm)	Largura (mm)	Compr. (mm)	Área de Trabalho (mm²)	Carga de Ruptura (kgf)	Tensão de Ruptura (MPa)	$\bar{f}_b$ (MPa)	fb1 (MPa)	
1	6765	193	139	392	54488	30.377	5,57	6,26	3,69	
2	6785	196	139	392	54488	33.278	6,11			
3	6770	193	139	391	54349	20.077	3,69			
4	6770	193	138	392	54096	31.228	5,77			
5	6710	191	138	389	53682	42.190	7,86			
6	6745	194	137	392	53704	33.232	6,19			
7	6740	193	139	388	53932	48.627	9,02			
8	6770	194	139	391	54349	28.561	5,26			
9	6715	190	139	390	54210	45.829	8,45			
10	6695	191	138	389	53682	43.694	8,14			
11	6700	194	138	392	54096	27.516	5,09			
12	6730	192	138	390	53820	26.629	4,95			
13	6765	195	137	389	53293	28.201	5,29			
Número "n" de peças ensaiadas =>				13		Coef. de confiabilidade "Φ" =>			0,99	
Resistência Característica = $f_{bk,est} = \frac{f_{b1} + f_{b2} + \dots + f_{bn} - 1}{n - 1}$						fbk,est = 4,14 (MPa)		fbk,est adotado: 4,14 (MPa)		Φ . fb1
										3,66

Fonte: Banco de dados Brio Incorporadora

Observa-se que no primeiro ensaio, resistência característica obtida ( $f_{bk,est}$ ) se mostrou superior à resistência característica exigida em projeto ( $f_{bk}$ ). Portanto, os blocos da Torre 3, 3º pavimento, atendem às exigências e fornecem os estabilidade para a estrutura.

Já no segundo, o Fbk adotado foi 4,15 Mpa, menor que o fbk de projeto (6,0 MPa). Diante desse caso, o projetista estrutural foi consultado e retornou alegando não haver necessidade de reforço da estrutura, visto que o 3º pavimento é o que menos recebe ações de esforços e que os ensaios de prismas foram positivos, como veremos a seguir.

## 7.2. CONTROLE TECNOLÓGICO DE PRISMA

Na obra do estudo de caso, os prismas eram assentados no próprio canteiro, utilizando os mesmos blocos, argamassa e graute que os empreiteiros usavam para construir a estrutura.

Cada prisma era identificado com a nota fiscal de seus blocos e anotado o local de destino em que o restante dos materiais foram empregados. Ademais, construiu-se um abrigo destinado ao seu armazenamento, mantendo os corpos de prova protegidos.

**Figura 24 – Abrigo de prismas para controle tecnológico**



Fonte: Acervo pessoal do autor.

O primeiro resultado se refere ao ensaio com prisma oco da Torre 3, 3º pavimento, com blocos de concreto. As amostras foram rompidas após cerca de 28 dias do seu assentamento e a resistência característica exigida pelo projetista é de 3,2 Mpa.

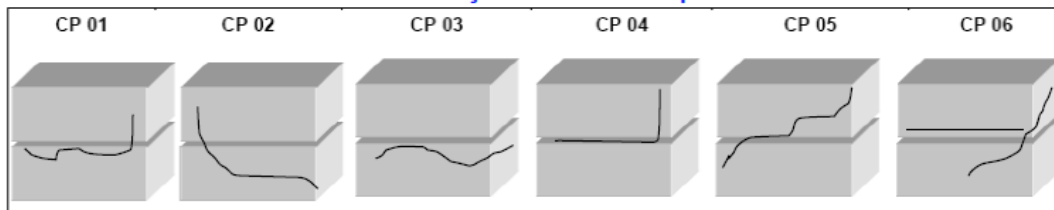
**Tabela 5 – Controle tecnológico de prisma oco – Torre 3 – 3º pavimento**

**Ensaio de resistência à compressão**

Corpo de Prova N°	Compr. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Seção de Trabalho* (mm²)	Carga Máxima		Tensão de Ruptura (MPa)	
					N**	Individual	F <sub>P</sub>	F <sub>P1</sub>
1	390	141	392	54990	283260	5,15	5,21	4,93
2	390	140	394	54600	271160	4,97		
3	391	140	393	54740	269630	4,93		
4	392	140	392	54880	300440	5,47		
5	388	140	392	54320	289640	5,33		
6	389	140	391	54460	295440	5,42		
Número "n" de peças ensaiadas =>					6	Coef. de confiabilidade "Ψ6" =>		0,89
Resistência Característica - fbkest = $2 \cdot \frac{fb1 + fb2 + \dots + fbm - 1}{m - 1} - fbm$ (a)					4,74	"Y6" . F <sub>P1</sub> (MPa) =	4,38	
						F <sub>P</sub> x 0,85	4,43	
						<b>F<sub>PK</sub>, adotado:</b>	<b>4,43</b>	

\* Utilizado 1Kgf = 9,80665 N

**Descrição do modo de ruptura**



Fonte: Arquivo da Brio Incorporadora

A seguir, temos os resultados do ensaio de prisma cheio, também da torre 3, 3º pavimento, rompidos após 28 dias do assentamento. O projetista definiu como resistência característica 5,8 Mpa.

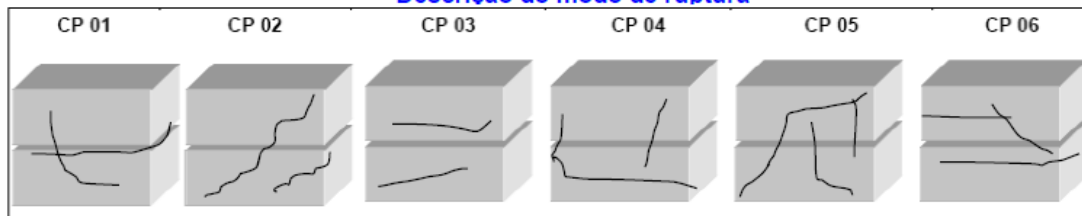
**Tabela 6 – Controle tecnológico de prisma cheio – Torre 3 – 3º pavimento**

**Ensaio de resistência à compressão**

Corpo de Prova N°	Compr. (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Seção de Trabalho* (mm²)	Carga Máxima	Tensão de Ruptura (MPa)			
					N**	Individual	F <sub>P</sub>	F <sub>P1</sub>	
1	392	140	391	54880	381260	6,9	6,9	6,2	
2	393	140	390	55020	395560	7,2			
3	391	141	392	55131	396870	7,2			
4	392	140	391	54880	339400	6,2			
5	391	142	388	55522	371550	6,7			
6	391	140	389	54740	401190	7,3			
Número "n" de peças ensaiadas =>					6	Coef. de confiabilidade "Ψ6" =>			0,89
Resistência Característica - fbkest = $2 \cdot \frac{fb1 + fb2 + \dots + fbm - 1}{m - 1}$ (fbm²a)					5,93	"Y6" . F <sub>P1</sub> (MPa) =	5,50		
						Fp x 0,85	5,88		
						<b>F<sub>PK</sub>, adotado:</b>	<b>5,88</b>		

\* Utilizado 1Kgf = 9,80665 N

**Descrição do modo de ruptura**



Fonte: Arquivo da Brio Incorporadora

Em todos os resultados obtidos com os prismas, observa-se que as resistências das amostras foram superiores àquelas exigidas em projetos, tornando o resultado positivo e sinalizando que a obra não precisará de estruturas de reforço naqueles pavimentos.

**7.3. CONTROLE TECNOLÓGICO DE ARGAMASSA**

Na obra em questão, a argamassa era do tipo usinada, ou seja, encomendada com um fornecedor que entrega já com o traço exigido. O projetista estabeleceu um Fak de 4,5 Mpa, e os ensaios foram feitos para 7 e 28 dias.

**Tabela 7 – Controle tecnológico de argamassa – Torre 3 – 3º pavimento**

Comanda	Nota Fiscal	TENSÃO (MPa)								LOCAL DE APLICAÇÃO
		7	7	7	28	28	28			
		16/03/21	16/03/21	16/03/21	06/04/21	06/04/21	06/04/21			
365861	36523	4,9	4,6	4,9	5,9	5,9	5,9			T4-1º Pav. / T3-3º Pav. / T5-1º Térreo

Fonte: Arquivo da Brio Incorporadora

**Tabela 8 – Controle tecnológico de argamassa – Torre 5 – 3º pavimento**

Comanda	Nota Fiscal	TENSÃO (MPa)								LOCAL DE APLICAÇÃO
		7	7	7	28	28	28			
		03/05/21	03/05/21	03/05/21	24/05/21	24/05/21	24/05/21			
369531	37373	10,6	10,3	9,6	11,4	12,9	11,5			Torre 4 - 3º Pav. / Torre 5 - 3º Pav. / 2º Pav.

Fonte: Arquivo da Brio Incorporadora

Observa-se que em ambos ensaios, a argamassa atende aos requisitos exigidos em projeto, provando-se apta para a construção da edificação.

Caso algum dos resultados mostrasse resistência obtida inferior à resistência de projeto, seria necessário consultar o projetista, que analisaria a necessidade de projetos de reforço estrutural.

## **8. CONCLUSÃO**

A revisão acerca da alvenaria estrutural mostrou como o método construtivo se desenvolveu ao longo dos séculos, além de sua importância no cenário atual da construção civil.

Também, pode-se compreender a complexidade na elaboração de projetos em alvenaria estrutural, assim como o impacto que possui no planejamento geral da obra. Por exemplo, os blocos, que devem ser levantados e comprados de acordo com a modulação. Ou ainda o aço e as janelas, itens de significativo peso no orçamento da obra, que devem possuir certa precisão, obtida com as especificações do projeto estrutural.

Outrossim, o estudo do controle tecnológico possibilitou um melhor entendimento dos ensaios, tanto quanto à sua execução e armazenamento, quanto à análise de seus ensaios.

Todos os pavimentos analisados mostraram resultados positivos em seus três tipos: blocos, prismas e argamassa. Entretanto, caso o resultado fosse negativo, seria necessária uma análise do projetista e elaboração de um projeto de reforço. Vale ressaltar que tais reforços são indesejados em obra, visto que usam grande quantidade de elevada resistência, o que aumenta o custo previsto do empreendimento. Ademais, a execução desse reforço pode atrasar o cronograma da obra, uma vez que impede a liberação de certos serviços e gera retrabalho.

Portanto, o estudo sobre a alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e de concreto mostrou que ambos são escolhas viáveis para a construção civil. Apesar de algumas divergências quanto às normas e critérios de ensaio, as duas opções possuem variedade no mercado e apresentam desempenho satisfatório em seu uso.

## 9. REFERÊNCIAS

PARSEKIAN, Guilherme A. *et al.* **Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural**. 2. ed. São Carlos: Edufscar, 2013. 625 p.

GIESBRECHT, Alexandre. **O Viaduto da Lapa e o condomínio Central Parque Lapa**. 2014. Histórias Paulistanas. Disponível em: <http://www.historiaspaulistanas.com.br/index.php/viaduto-da-lapa/>. Acesso em: 01 fev. 2022.

RICCIO IMÓVEIS (São José dos Campos - Sp) (org.). **Edifício Muriti**. Disponível em: <https://riccioimoveis.com.br/edificio-muriti>. Acesso em: 01 fev. 2022.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, Projeto e Desempenho**: materiais, projeto e desempenho. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020. 422 p.

BRIO INCORPORARODA (Ribeirão Preto) (org.). **Lar Alemanha**. 2021. Disponível em: <https://www.brioincorporadora.com.br/empreendimentos/ribeirao-preto/ribeirao-preto/lar-alemanha>. Acesso em: 16 jan. 2022.

JULIETE NEVES (Brasil). Educa Mais Brasil (org.). **Coliseu**. 2019. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/artes/coliseu>. Acesso em: 5 fev. 2022.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificios-de-alvenaria-estrutural.pdf> Acessado em: 01/02/22.

SALES, Carlos Alexandre Santos *et al.* Fire resistance of ceramic-masonry sealing blocks using intumescent paint protection. **Revista Alconpat**, [S.L.], v.

10, n. 1, p. 53-68, 30 dez. 2019. Alconpat Internacional. <<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v10i1.417>>. Acessado em 07/07/22.

UFRGS. **Alvenaria Estrutural: Blocos e tijolos cerâmicos**. <[https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos\\_ceramicos.php](https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_ceramicos.php)> Acessado em 07/07/22.

CONTENCO. **Contenco: prensas hidráulicas manuais**. Página inicial. Disponível em <<https://contenco.com.br>> Acessado em 08/07/2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868: Alvenaria estrutural. Parte 1: Projeto**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 70 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868: Alvenaria estrutural. Parte 2: Execução e controle de obras**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868: Alvenaria estrutural. Parte 3: Métodos de Ensaio**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 39 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270 Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270 Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de ensaios** 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 29 p.