



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ALVENARIA ESTRUTURAL E UMA ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE BLOCOS CERÂMICOS E DE CONCRETO**

IGOR ANTONIO PEREIRA SANTOS

POMBAL – PB

2021

IGOR ANTONIO PEREIRA SANTOS

ALVENARIA ESTRUTURAL E UMA ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE BLOCOS CERÂMICOS E DE CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.(a) Mestra Elis Gean Rocha.

POMBAL – PB

2021

S237a

Santos, Igor Antonio Pereira.

Alvenaria estrutural e uma análise comparativa entre blocos cerâmicos e de concreto / Igor Antonio Pereira Santos. - Pombal, 2021.

68 f. : il. Color

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Profa. Me. Elis Gean Rocha".

Referências.

1. Alvenaria Estrutural. 2. Norma de Desempenho. 3. Custo Benefício. 4. Construção Civil. I. Rocha, Elis Gean. II. Título.

CDU 693.1(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO
DE CURSO.

IGOR ANTONIO PEREIRA SANTOS

**ALVENARIA ESTRUTURAL E UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
BLOCOS CERÂMICOS E DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente Igor Antonio Pereira Santos
APROVADO em 13 de Outubro de 2021 pela comissão examinadora composta pelos
membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de
ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

Elis Gean Rocha

Prof^ª. Ma. Elis Gean Rocha
(Orientadora – UFCG)

Leovegildo Douglas P. de Souza

Prof. Dr. Leovegildo Douglas Pereira de Souza
(Membro Interno – UFCG)

Marcos David dos Santos

Eng. Civil Marcos David dos Santos
(Membro Externo – UFPE)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que está comigo em todos os momentos, aos meus pais, Ozeneide e Sebastião, pois são minha base e aos meus irmãos Beatriz e Danilo por todo companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida, por ter saúde e coragem para buscar realizar meus sonhos e por colocar pessoas tão especiais no meu caminho.

A toda minha família por todo esforço, dedicação e oração para garantir que eu pudesse atingir esse objetivo e por estarem sempre presentes me apoiando.

A professora Elis Gean Rocha, por ter aceitado me orientar, por ter me dado toda assistência me passando conhecimento, por toda atenção, dedicação, incentivo e paciência, durante todo o tempo.

Ao professor Ezio Luiz Martins Simões, por ter me orientado no início do trabalho, me ajudando muito com seus conhecimentos.

A todos os professores que foram tão importantes durante minha vida acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho.

A toda equipe da UFCG, Campus Pombal-PB que se fez fundamental em todos os dias durante minha graduação.

Aos meus amigos, que estiveram sempre comigo me incentivando e ajudando em momentos difíceis, em especial Ayanne, Priscilla, Camila, Maria José, Katiussia, Kelly, Taina, Hiaponyra, Thalyne e meus amigos Pernambucanos.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram e fizeram parte da minha trajetória de vida para conquistar esta formação.

RESUMO

Muitos estudos buscam materiais alternativos, assim como novos métodos para a construção civil, esses estudos são de suma importância, já que muitos quesitos devem ser avaliados antes de escolher, por exemplo, o tipo de bloco que será utilizado em uma obra. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão de literatura, o comparativo entre o uso de blocos cerâmicos e de blocos de concreto utilizados na alvenaria estrutural com relação às especificações fixadas na norma de desempenho ABNT NBR 15.575/2021. A pesquisa trata-se de uma investigação descritiva e exploratória do tipo revisão de literatura, também foi realizado um levantamento das empresas que comercializam blocos cerâmicos e de concreto no território brasileiro e a análise de custo nas empresas localizadas na região Nordeste. Após realizar o mapeamento das fábricas que comercializam os blocos cerâmicos e de concreto, destaca-se que, do ponto de vista da sustentabilidade e do transporte de materiais, é mais importante ter fábricas distribuídas em vários estados do país do que grandes quantidades concentradas em locais próximos entre si. Pôde-se observar que a região Sudeste possui 40,74 % e 68,97 % das fábricas de blocos cerâmicos e de blocos de concreto, respectivamente. Enquanto a região Sul possui 27,78 % e 22,99 %; a Nordeste, com 25,93 % e 6,90 %, a região Centro-oeste possui 5,55 % e 1,15% e a região Norte não foi identificada nenhuma fábrica qualificada de ambos os materiais. Os valores encontrados tanto pela literatura, quanto no presente trabalho, em relação ao custo-benefício, mostram que os blocos cerâmicos saem com menor preço de custo unitário, sendo mais viável economicamente. Das empresas analisadas todas atenderam as especificações da norma de desempenho ABNT NBR 15.575/2021, conforme os estudos e os ensaios realizados pelas empresas os blocos cerâmicos estruturais se mostraram melhores e com mais vantagens para a sua utilização na construção civil, podendo garantir mais conforto e segurança. Quanto às vantagens da alvenaria estrutural, é fato que a sua utilização é um meio de economizar gastos durante uma construção, quando se comparada, por exemplo, com obras que utilizam estruturas de concreto armado, a alvenaria estrutural reduz também o tempo de execução, reduzindo a mão de obra necessária e o desperdício de materiais. As desvantagens da alvenaria estrutural se dão em função da impossibilidade de alterações futuras e das limitações de forma e medidas dos blocos estruturais, detalhe que prejudica diretamente a arquitetura almejada. Desta forma, conclui-se que, a partir das comparações entre os blocos de concreto e os cerâmicos, os cerâmicos possuem melhores vantagens, sendo um ótimo material para ser utilizado na alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural; Norma de desempenho; Custo-benefício; Construção civil.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Bloco vazado de concreto | 17 |
| Figura 2 – Pirâmides no Egito | 18 |
| Figura 3 – Grande Muralha da China | 19 |
| Figura 4 – Coliseu..... | 19 |
| Figura 5 – Edifício Monadnock em Chicago..... | 20 |
| Figura 6 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa..... | 21 |
| Figura 7 – Teatro Municipal de São Paulo | 21 |
| Figura 8 – Especificações de blocos de concreto estruturais e cerâmicos..... | 25 |
| Figura 9 – Bloco cerâmico utilizado na alvenaria estrutural | 28 |
| Figura 10 - Bloco de concreto utilizado em alvenaria estrutural..... | 29 |
| Figura 11 – Fluxograma do Planejamento da Pesquisa | 37 |
| Figura 12– Distribuição das fábricas de blocos cerâmicos e de concreto no território brasileiro 2017. | 40 |
| Figura 13 – Distribuição das fábricas de blocos cerâmicos e de concreto qualificadas no território brasileiro até julho de 2021 | 40 |
| Figura 14– Percentual de fábricas de blocos cerâmicos e de concreto no Brasil | 43 |
| Figura 15– Uso de bloco cerâmico e bloco de concreto estrutural..... | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas dos blocos estruturais..... | 28 |
| Tabela 2 – Transmitância térmica de paredes externas | 33 |
| Tabela 3 – Capacidade térmica de paredes externas. | 33 |
| Tabela 4 – Quantidade de empresas de blocos estruturais qualificados pelo Programa Setorial da Qualidade (PSQ) e ABCP até julho de 2021 | 42 |
| Tabela 5 – Cotação dos preços unitários dos blocos cerâmico e de concreto | 43 |
| Tabela 6 – Cotação dos preços unitários dos blocos de concreto no Nordeste | 44 |
| Tabela 7 – Cotação dos preços unitários dos blocos cerâmicos no Nordeste..... | 45 |
| Tabela 8 – Impacto de Corpo mole | 46 |
| Tabela 9 - Impacto de Corpo duro | 47 |
| Tabela 10 – Resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas | 48 |
| Tabela 11 – Segurança contra incêndio | 49 |
| Tabela 12 – Estanteidade | 50 |
| Tabela 13 – Desempenho térmico | 51 |
| Tabela 14 – Desempenho acústico | 52 |
| Tabela 15 – Desempenho acústico | 53 |
| Tabela 16 – Durabilidade em sistema com bloco de concreto | 55 |
| Tabela 17– Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural..... | 59 |

LISTA DE SIGLAS

Siglas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- NBR – Norma Brasileira;
- ABCP–Associação Brasileira de Cimento Portland;
- IBTS–Instituto Brasileiro de Telas Soldadas;
- ABESC– Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem;
- DATec – Documento de Avaliação Técnica;
- PBQP-h– Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat;
- VED–Vedação;
- EST– Estrutural;
- SVVIE– Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas;
- CT– Capacidade Térmica;
- PSQ– Programa Setorial da Qualidade;
- SiMaC– Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos;
- CF–Corta Fogo;
- TRRF– Tempo Requerido de Resistência ao Fogo;
- SVVE– Sistemas Verticais de Vedação Externa;
- VUP– Vida Útil de Projeto;

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Justificativa | 14 |
| 1.2 | Objetivos | 15 |
| 1.2.1 | <i>Objetivo Geral.....</i> | <i>15</i> |
| 1.2.2 | <i>Objetivos Específicos</i> | <i>15</i> |
| 2. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1 | Alvenaria | 16 |
| 2.1.1 | Alvenaria estrutural..... | 16 |
| 2.2 | Linha do tempo da utilização da alvenaria estrutural..... | 17 |
| 2.2.1 | <i>Breve histórico mundial</i> | <i>17</i> |
| 2.2.2 | <i>Histórico no Brasil</i> | <i>20</i> |
| 2.3 | Alvenaria estrutural como sistema construtivo | 22 |
| 2.4 | Componentes da alvenaria estrutural | 24 |
| 2.4.1 | <i>Blocos.....</i> | <i>24</i> |
| 2.4.2 | <i>Argamassa</i> | <i>25</i> |
| 2.4.3 | <i>Graute</i> | <i>25</i> |
| 2.4.4 | <i>Armadura.....</i> | <i>26</i> |
| 2.5 | Características gerais dos blocos cerâmicos e de concreto | 27 |
| 2.5.1 | <i>Aspectos gerais dos blocos cerâmicos</i> | <i>27</i> |
| 2.5.2 | <i>Aspectos gerais dos blocos de concreto</i> | <i>29</i> |
| 2.6 | Norma de desempenho..... | 30 |
| 2.6.1 | <i>Requisitos relacionados à segurança da edificação e de suas partes.....</i> | <i>31</i> |
| 2.6.2 | <i>Requisitos relacionados à habitabilidade da edificação</i> | <i>32</i> |
| 2.6.3 | <i>Requisitos relacionados à sustentabilidade da edificação</i> | <i>34</i> |
| 3. | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 36 |
| 3.1 | Planejamento da pesquisa | 36 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 39 |
| 4.1 | Comparação do numero de fábricas de blocos cerâmicos estruturais e de concreto estruturais entre os anos de 2017 e 2021 no Brasil; | 39 |
| 4.2 | Comparação do custo unitário de blocos cerâmicos e de concreto em diferentes anos; | 43 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 4.3 | Certificação de Qualidade a partir da Norma de Desempenho 15575/2021 ... | 46 |
| 4.3.1 | <i>Desempenho Estrutural</i> | 46 |
| 4.3.2 | <i>Segurança contra incêndio</i> | 49 |
| 4.3.3 | <i>Estanqueidade</i> | 50 |
| 4.3.4 | <i>Desempenho térmico</i> | 51 |
| 4.3.5 | <i>Desempenho acústico</i> | 52 |
| 4.3.6 | <i>Durabilidade</i> | 54 |
| 4.4 | Vantagens e Desvantagens da Alvenaria Estrutural..... | 55 |
| 5. | CONCLUSÕES | 61 |
| 6. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é uma das formas de construção mais antigas da humanidade, um método construtivo onde os componentes desempenham a função estrutural, sendo projetados, dimensionados e executados de forma racional constituindo uma estrutura com resistência e estabilidade. Este tipo de construção está em amplo crescimento, demandando cada vez mais profissionais especializados no assunto. Alguns fatores que impulsionam o mercado da alvenaria estrutural são a qualidade dos blocos e seu desempenho (RODRIGUES, 2016).

Os avanços tecnológicos e econômicos beneficiaram consideravelmente o setor da construção civil, onde *softwares* arquitetônicos e de cálculo estrutural emergiram, atendendo à necessidade de se criar projetos cada vez mais arrojados. Diante disso, o engenheiro civil, deve conter uma base sólida de conhecimentos em diversas plataformas construtivas e não focar ou direcionar para um único tipo de serviço (LACERDA; PEREIRA, 2017).

A partir do levantamento de custos e da comparação dos diferentes tipos de materiais utilizados para a construção civil, é possível concluir se o orçamento se encaixa ao sistema construtivo a ser aplicado, se beneficia o construtor, bem como, os equipamentos e pessoas envolvidas em um empreendimento, com o objetivo de determinar a viabilidade econômica de uma obra. Para Barbosa (2015), em consequência do aumento da competitividade na indústria da construção civil, as empresas do ramo foram obrigadas a buscarem meios que possibilitassem o aumento de sua produtividade e, ao mesmo tempo, redução dos custos de seus serviços, principalmente ao que se refere à alvenaria estrutural.

No Brasil, entre os materiais de construção mais utilizados atualmente estão os blocos cerâmicos, blocos estruturais, tijolos à base de terra e paredes de concreto moldadas in loco. Na região Nordeste, especificamente, as técnicas construtivas mais utilizadas são alvenaria de blocos cerâmicos ou tijolos à base de terra (SILVA et al.; 2021). Desde 2014, houve um aumento no número de edificações habitacionais em alvenaria estrutural, com o emprego de blocos de concreto ou cerâmico. Tendo em vista que esses componentes representam cerca de 50% desse tipo de edificação (SPOSTO; PAULSEN, 2014).

Assim como em outros ramos do mercado, a construção civil também necessita de aprimoramentos dos métodos construtivos, racionalização da construção e necessidade de redução de custos. Estes objetivos devem estar presentes em todas as fases de elaboração do projeto, desta forma, é necessário realizar planejamentos e estudos prévios antes de se iniciar

a execução de qualquer projeto, para saber qual sistema construtivo é o mais adequado para cada situação específica, buscando sempre maior redução de custos (LODI et al., 2013).

Essa busca por redução de custos faz com que, estudos comparativos entre sistemas construtivos sejam realizados, onde, de acordo com Gonçalves (2016) a identificação de soluções viáveis de materiais que tragam maior rendimento, economia e mínimo impacto ambiental é de grande importância para a sustentação da indústria da construção civil.

Em relação à alvenaria, os estudos que buscam materiais alternativos, assim como novos métodos para a construção civil, são de suma importância, já que, muitos quesitos devem ser avaliados antes de escolher, por exemplo, o tipo de bloco que será utilizado em uma obra. Além do preço, outros aspectos importantes devem ser lembrados, como o isolamento térmico e acústico oferecido, os gastos com argamassa, mão de obra, material de reboco e a carga que conseguem suportar. Pois a escolha do bloco afeta diretamente na qualidade final da construção.

O mercado oferece opções de blocos feitos com diferentes matérias-primas e tamanhos eles são em grande parte, responsáveis pela qualidade da construção e pelos gastos gerados na obra, com isso a avaliação em relação ao custo-benefício se faz necessário, onde é preciso verificar tanto o seu preço como a qualidade do produto, no presente trabalho foram avaliados dois tipos de blocos, o cerâmico e o de concreto estrutural, os quais possuem diversas vantagens ao serem utilizados na obra.

Desta forma, esse trabalho tem por objetivo realizar um estudo comparativo bibliográfico entre blocos cerâmicos e blocos de concreto, para o levantamento de alvenaria estrutural, mostrando qual tipo de bloco seria mais vantajoso. Assim, realizou-se um comparativo a partir da norma de desempenho ABNT NBR 15.575/2021, entre os blocos cerâmicos e concretos utilizados na alvenaria estrutural, com base na literatura pesquisada.

1.1 Justificativa

Como todo segmento, a indústria da construção civil já teve altos e baixos passando por diferentes fases econômicas, e os momentos de recessão no mercado fizeram com que as empresas estudassem formas de melhorar o futuro dos negócios. Como prioridade dos estudos de melhoria, tem-se a busca pela redução de custos, onde, muitas construtoras procuram o melhor conjunto custo-benefício para suas obras, visando menor tempo de execução e analisando o sistema construtivo mais apropriado para cada tipo de construção (LIMA, 2019).

O sistema construtivo tradicional por mais que tenha sido aperfeiçoado e modificado no decorrer do tempo, ainda necessita de maiores explicações sobre os aspectos que o

compõe. Sendo assim, busca-se identificar as melhores alternativas de construção e opções de material.

O presente trabalho, por meio de revisão bibliográfica, tem por objetivo elencar qual a visão dos cientistas, de acordo com a literatura consultada, sobre o tema estudado e as tendências no âmbito acadêmico. Dessa forma, busca-se gerar mais economia e menos desperdício de materiais no geral, com ênfase na alvenaria, tendo em vista a sua importância, bem como ter a oportunidade de conhecer novas formas de construir, com mais produtividade e benefícios, possibilitando identificar qual o tipo de bloco mais adequado para cada obra.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo Geral*

Analisar, por meio de uma revisão de literatura, o comparativo entre o uso de blocos cerâmicos e de blocos de concreto utilizados na alvenaria estrutural em relação às especificações fixadas na norma de desempenho ABNT NBR 15.575/2021.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Comparar o número de fábricas de blocos cerâmicos estruturais e de concreto estruturais entre os anos de 2017 e 2021 no Brasil;
- Comparar o custo unitário de blocos cerâmicos e de concreto em diferentes anos;
- Avaliar o desempenho dos tipos de blocos e suas especificações dentro da alvenaria estrutural de acordo com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15.575/2021;
- Ponderar as vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Alvenaria

Segundo Tauil e Nese (2010), a alvenaria vem a ser um conjunto de elementos unidos entre si, possuindo a finalidade de dividir e vedar ambientes, promover a segurança, proporcionar o conforto térmico e proteger os ambientes contra fenômenos físicos. Quando a alvenaria tem a função de suportar cargas, ao exemplo de telhados, lajes e vigas, a mesma é denominada de alvenaria resistente, autoportante ou estrutural. Quando a alvenaria não tem a função de suportar cargas, é denominado de alvenaria de vedação.

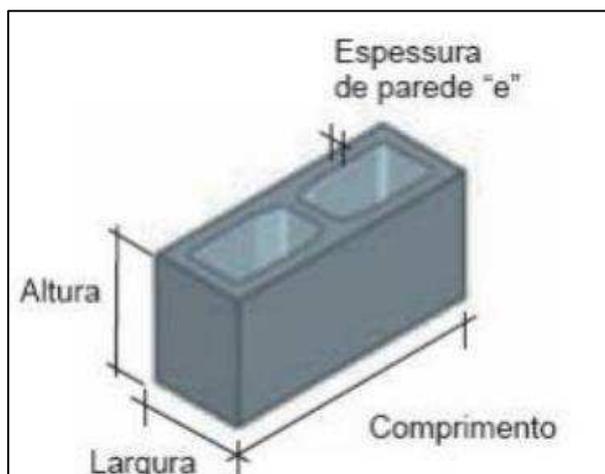
Dentre os sistemas construtivos podem ser citados o de alvenaria convencional de vedação que é um método tradicional enraizado na cultura habitacional brasileira sendo considerado um dos mais utilizados para construção de casa e edifícios e o de alvenaria estrutural, que necessita de mão de obra mais especializada e cuidados específicos na execução para seu perfeito funcionamento. (RAMALHO, 2003).

2.1.1 Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é um processo construtivo onde o sistema dispensa o uso de pilares e vigas, as paredes da edificação fazem a função estrutural, ou seja, nesse sistema as paredes suportam as cargas da edificação e também realizam a função de vedação. Assim, é necessário que as paredes sejam erguidas de forma bem executada, evitando cortes nos blocos. Tudo precisa ser planejado para que seja instalado, ao mesmo tempo, sistema elétrico e hidrossanitário, de modo que as peças se encaixem alternadamente (MATCONSUPPLY, 2018).

A utilização de alvenaria estrutural é de grande relevância, por apresentarem características como qualidade, desempenho, racionalização e velocidade na construção. Um dos fatores que possibilitou o aumento de seu uso foi por tornar a obra mais rápida e por ser um tipo de alvenaria autoportante. Todavia, diferente da alvenaria convencional, a alvenaria estrutural não poderá sofrer mudanças ou intervenções futuras na edificação (BUSI, 2009). As principais características da alvenaria estrutural são: durabilidade, rápida execução, economia e resistência à compressão. A Figura 1 representa um exemplo de um bloco de concreto utilizado na alvenaria estrutural.

Figura 1 - Bloco vazado de concreto



Fonte: Lacerda e Pereira, 2017.

2.2 Linha do tempo da utilização da alvenaria estrutural

Desde a época em que o homem deixou de ser nômade para ser sedentário e agricultor, há mais de dez mil anos, há humanidade observou a necessidade de um abrigo permanente, pensando na proteção de animais e na ocorrência das intempéries, além de sua própria segurança. Assim, de acordo com a história, a alvenaria começou a se desenvolver na Mesopotâmia, a partir de tijolos de barro queimado ao sol. Desse momento em diante a alvenaria vem sendo utilizada para diversos fins, até obras milenares as quais contam a história do homem e são marcos da história do mundo e da engenharia (BASSO, 2020).

2.2.1 Breve histórico mundial

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos e está entre as mais antigas formas de construção empregadas pelo homem. Ela tem sido utilizada vastamente pelo ser humano em suas moradas, templos religiosos e monumentos (ACCETTI, 1998). Como exemplo da forma que ela era utilizada, tem-se a construção de pirâmides no Egito, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Pirâmides no Egito



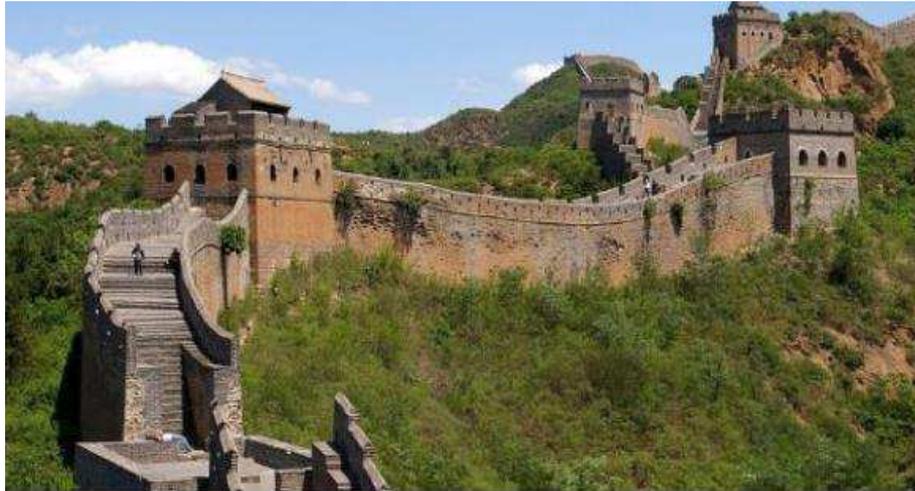
Fonte: Soares, 2011.

De acordo com Hendry (2002), a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia na construção civil por volta do século XVII. Apesar de terem sido realizados testes de resistência dos elementos de alvenaria estrutural no século XIX e XX, em diversos países, as limitações eram amplas, mesmo com os métodos de cálculo empíricos pouco eficientes.

Soares (2011) afirma que, inicialmente, eram utilizados blocos de rocha como elementos de alvenaria, mas a partir do ano 4000 antes de Cristo a argila passou a ser trabalhada possibilitando a produção de tijolos. A alvenaria teve notável permanência como material estrutural até o final do século XIX, porém devido à falta de estudos e de pesquisas na área, não havia conhecimento de técnicas racionais de cálculo. Era necessário realizar dimensionamentos exagerados com o objetivo de garantir a segurança estrutural da edificação, visto que os cálculos eram feitos apenas com base na experiência do projetista.

Algumas obras da antiguidade construídas com esse método construtivo se tornaram marcantes. A Figura 3, por exemplo, se refere à Muralha da China, cuja construção é datada entre os anos de 770 a 475 antes de Cristo, medindo cerca de 5.660 km de extensão e atravessa a China no sentido leste – oeste (BLIND, 2018).

Figura 3 – Grande Muralha da China



Fonte: Bol, 2017.

Já na Figura 4, encontra-se uma imagem do Coliseu; um grande anfiteatro romano construído em alvenaria estrutural em torno de 70 anos antes de Cristo. Possui cerca de 500 m de diâmetro e 50 m de altura, onde é composto por arcos e pilares, de modo que o esforço que predomina é o de compressão (MAZER, 2007).

Figura 4 – Coliseu



Fonte: Band, 2014.

No final do século XIX as estruturas em aço começam a assumir o domínio das grandes obras, face a evolução dos métodos de cálculo e da tecnologia do metal, resultando em aproveitamento de espaços perdidos no então reinante empirismo da alvenaria estrutural (CAVALHEIRO, 2009). O principal exemplo na idade moderna é o Edifício Monadnock (Figura 5), que foi construído em Chicago no início da década de 1890. Ele tem 65 m de

altura, 16 andares e algumas paredes chegam a ter mais de 1,80 m de espessura. Utilizando os mesmos materiais, porém dimensionando pelos procedimentos atuais, acredita-se que as paredes desse edifício teriam espessura inferior a 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003; MAZER, 2007).

Figura 5 – Edifício Monadnock em Chicago



Fonte: Holabird; Roche, 1893.

2.2.2 Histórico no Brasil

No Brasil, a alvenaria estrutural é utilizada desde o início do século XVII. Todavia, a alvenaria estrutural com blocos estruturais, encarada como um processo construtivo voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais demorou muito a encontrar seu espaço (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

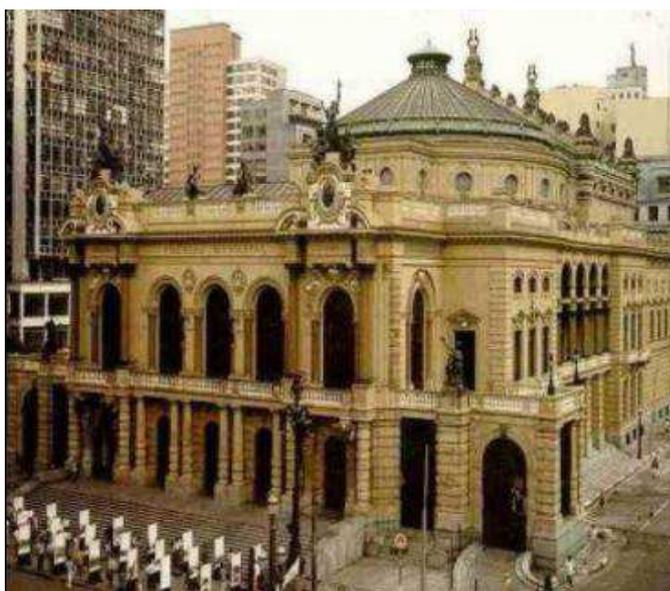
A alvenaria estrutural surgiu somente no final da década de 1960 como a técnica de construção. O marco inicial do uso do bloco de concreto em alvenarias estruturais armadas se deu no ano de 1966. Neste ano, foi construído em São Paulo o Conjunto Habitacional Central Parque Lapa. Essa obra tinha quatro pavimentos e paredes com espessura de 19 cm (MOHAMAD, 2014, GARCIA, 2018). Na Figura 6, encontra-se um exemplo dessa obra. Outra obra que é uma das construções mais relevantes em alvenaria estrutural é a construção do Teatro Municipal de São Paulo realizada entre os anos de 1903 a 1911 (Figura 7).

Figura 6 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa



Fonte: Comunidade da Construção, 2021.

Figura 7 – Teatro Municipal de São Paulo



Fonte: Silva, 2003.

Os anos 60 foi tomando seu espaço com os blocos vazados de concreto com pequenos prédios de quatro pavimentos, estes, executados com procedimentos baseados em normas americanas. Mesmo que a sua chegada tenha sido tardia, este processo construtivo acabou firmando-se como uma escolha econômica e eficiente, atendendo muito bem a execução de edifícios residenciais e também industriais. Com o passar dos anos, houve adaptação e desenvolvimento no país, onde, esta tecnologia construtiva foi efetivamente consolidada na década de 80, através da normalização oficial consistente e razoavelmente ampla (SABBATINI, 2003).

Pode-se ver constantemente uma ótima aplicação da alvenaria estrutural em conjuntos habitacionais de renda baixa. Nos anos 1970 e 1980 o método construtivo parede de concreto passou a ser aderido no Brasil, motivado por construções que obtiveram bons resultados. Entretanto por falta de incentivo financeiro, sua utilização teve uma queda acentuada, voltando ao cenário nacional em meados de 2009, com a criação do programa habitacional Minha Casa Minha Vida, desde então sua utilização vem sendo adotada por diversas construtoras, por ser um método rápido e econômico (TECNOSIL, 2018).

Com o emprego desse sistema cada vez mais crescente, foi necessário a criação de ativos que trouxessem dados acerca de normas, serviços, materiais e projetos referente a parede de concreto. Sendo assim, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) e a Associação Brasileira de Serviço de Concretagem (ABESC), em parceria com algumas construtoras iniciaram uma coletânea especificando essas informações (ABCP, 2010).

Segundo Corsini (2011), apesar de o método parede de concreto ser utilizado a mais de trinta anos no Brasil, somente em 2012 foi criado uma Norma específica para este sistema construtivo, a ABNT NBR 16055/2012 (Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos). Um fato interessante do método é que antes da elaboração da Norma específica, era necessário um documento de avaliação técnica, o DATec, para garantir que as especificações do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-h) e da Caixa Econômica fossem seguidas (IBRACON, 2018).

2.3 Alvenaria estrutural como sistema construtivo

Para Sacomano et al. (2004) o sistema construtivo determina o processo e a técnica de produção a ser empregada. Tauil e Nese (2010) corroboram que o sistema construtivo se traduz como “o conjunto de elementos conectados entre si de modo a formar uma única edificação com o objetivo de atingir uma finalidade específica”.

Tendo como referência a visão de autores diversos de como se traduz o sistema construtivo, cabe ressaltar a explicação dada por Sabbatini (1989, apud Dellatore, 2015), que o sistema construtivo é um processo construtivo de elevadas etapas de organização e sistematização, constituído por um conjunto de elementos e componentes integrados pelo processo. Um sistema construtivo é um processo muito bem estabelecido.

Esse tipo de sistema caracterizará o edifício, sendo o ponto de partida para a definição de vários outros aspectos técnicos como o sistema estrutural, os materiais e os métodos de execução que são empregados. Os tipos de sistemas construtivos são diversos, sendo os mais comuns: alvenaria comum ou tradicional; alvenaria estrutural; tijolo ecológico; *Light steel framing*; paredes de concreto moldadas in loco e; construção com container. A cultura brasileira baseia-se na construção em alvenaria tradicional, utilizada pela maioria da população.

Cada tipo de sistema construtivo apresenta vantagens e desvantagens possuindo seus pontos fortes e fracos, e cabe ao profissional responsável pela obra avaliar qual o tipo será mais bem aproveitado, tendo como base os requisitos necessários para a execução da obra (SABBATINI, 1989; apud DELLATORE, 2014).

Para chegar a um bom resultado, o sistema construtivo deve ser elaborado através de uma mesma linha de raciocínio envolvendo diversos elementos, a serem aplicados na obra, devendo-se tomar o máximo de cuidado para efetuar o planejamento necessário. A alvenaria estrutural tem sua melhor aceitação em obras do tipo vertical, pois dispensa-se o uso de pilares e vigas em pavimentos, tornando assim mais fácil e econômica a execução, já que ao mesmo tempo em que a alvenaria tem a função de vedação, se enquadra como elemento estrutural (GARCIA et al., 2019).

Os mesmos autores afirmam que na alvenaria estrutural, o material consiste basicamente em blocos de concreto ou cerâmico com diversas resistências e tamanhos definidos em projetos, sendo unidos com argamassas e tendo suas devidas amarrações. Para eles, além dos materiais, a alvenaria estrutural é fascinante, pois tudo nela tem um porque, todas suas paredes possuem sua devida amarração e seus blocos não podem em hipótese alguma ser “cortados”, eles são planejados em projetos e por esse motivo cada um tem sua devida medida e lugar, formando assim um gigantesco “quebra cabeça”.

O uso de diferentes métodos construtivos, permite maior flexibilização de soluções e melhor adequação à demanda proposta. O principal sistema construtivo utilizado no Brasil é o de alvenaria convencional, em função de não necessitar de mão de obra especializada, e de fácil obtenção dos insumos (SALOMAO et al., 2019). Todavia, observa-se uma tendência na utilização da alvenaria estrutural no processo construtivo, de forma satisfatória e crescente. Existem inúmeros empreendimentos que são lançados com esta tecnologia construtiva, como

meio de alcançar redução dos custos dos empreendimentos sem perder a qualidade (RICHTER, 2007).

2.4 Componentes da alvenaria estrutural

Na execução de um edifício em alvenaria estrutural, os principais componentes empregados são: blocos, argamassa, graute e armadura, sendo estas construtivas ou de cálculo. Chama-se de elementos, quando pelo menos dois componentes se unem. Os elementos são uma parte suficientemente elaborada da estrutura e são eles: paredes, pilares, cintas, vergas, etc. Os componentes básicos, que são formados pelos principais componentes, devem possuir características mínimas de desempenho e seguirem especificações de norma para que possam exercer os requisitos requeridos (PINHEIRO, 2018).

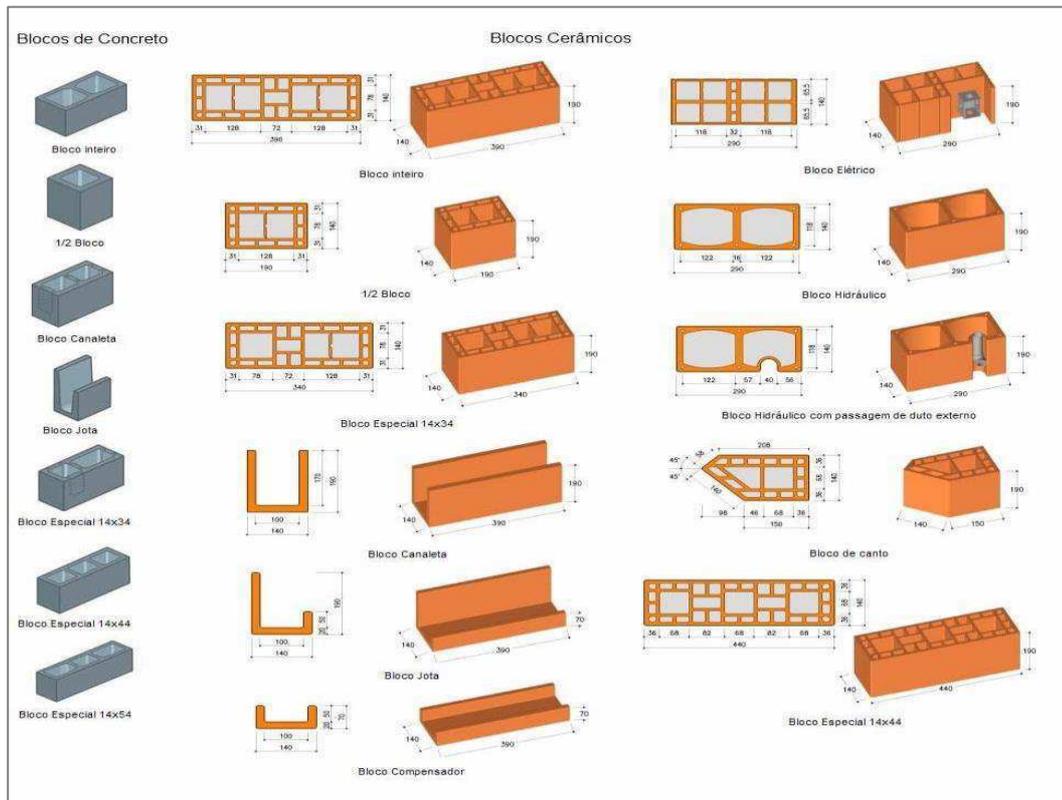
Segundo Tauil e Nese (2010), em relação à utilização de armadura ou não, a alvenaria pode ser classificada em:

- Alvenaria não armada: emprega como estrutura-suporte paredes de alvenaria sem armação. O aço quando utilizado, é por razões construtivas, aplicados em vergas e contravergas de portas e janelas e para prevenção de futuras patologias como trincas e fissuras geradas pela acomodação da estrutura, movimentação por efeitos térmicos, de vento e concentração de tensões.
- Alvenaria armada: tipo de alvenaria que recebe reforço por necessidade estrutural. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e em seguida grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais.
- Alvenaria parcialmente armada: é um processo misto, pois os elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados.

2.4.1 Blocos

Os blocos são os componentes mais importantes na alvenaria estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos. Os principais tipos são os cerâmicos, concreto, sílico-calcários e, as mais importantes características, são resistência à compressão, estabilidade dimensional, vedação e absorção adequada. Na figura 8, ilustra dois tipos de blocos.

Figura 8 – Especificações de blocos de concreto estruturais e cerâmicos



Fonte: Camacho, 2006

2.4.2 Argamassa

É o componente utilizado na ligação entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões, sendo composta de cimento, agregado miúdo, água e cal, sendo que algumas argamassas podem apresentar adições para melhorar determinadas propriedades. Algumas argamassas industrializadas vêm sendo utilizadas na construção de edifícios de alvenaria estrutural (PAZINI, RODRIGUES, 2014).

Os autores ainda apontam que as suas principais funções são unir as unidades, garantir a vedação e propiciar a aderência com as armaduras nas juntas. E como propriedades têm-se, a retenção de água, conveniente resistência à compressão e trabalhabilidade.

2.4.3 Graute

Pinheiro (2018) define graute como um microconcreto, ou seja, um concreto com agregados de pequena dimensão, porém de alta fluidez, empregado na produção de elementos que trabalham à flexão com as vergas, contravergas, vigas e cintas, cuja função é uniformizar o carregamento oriundo das reações das lajes transmitindo-os para as paredes e aumentar a resistência à compressão de uma parede. O autor afirma que o graute tem a função também de

proteger as armaduras empregadas nas paredes, envolvendo-as completamente, de modo a formar um conjunto único entre bloco, armadura e graute. Quanto à resistência do graute deve ser no mínimo a mesma do bloco em relação à área líquida.

O autor ainda afirma ainda que o graute é utilizado para preencher os vazios dos blocos quando se deseja aumentar a resistência à compressão da alvenaria sem aumentar a resistência do bloco, sendo usado como material de enchimento em reforços estruturais nas zonas de concentração de tensões e quando se necessita armar as estruturas. Constituído dos mesmos materiais usados para produzir concreto convencional, as diferenças estão no tamanho do agregado graúdo e na relação água/cimento.

Quanto à consistência do graute, ela deve ser coesa e apresentar fluidez adequada para o preenchimento de todos os vazios. Já a retração não deve proporcionar a separação entre o graute e as paredes internas dos blocos. A resistência à compressão do graute, combinada com as propriedades mecânicas de blocos e argamassas definirão a resistência à compressão da alvenaria (ROMAN, 1996).

Seguindo a definição da ABNT NBR 16868-1/2020, graute é o material cimentício fluido, utilizado para preenchimento de espaços vazios da alvenaria, com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente sua composição é dada por: cimento tipo Portland; agregados de pequenas dimensões, como areais ou pedriscos, que passam na peneira 12,5 mm; água; e outros aditivos como pozolanas, cal, super plastificantes e outros.

Juntamente com as armaduras, o graute contribui com o aumento da resistência a compressão de toda a alvenaria, quando aplicado. Evitando esforços de trações futuros e compressão (IZQUIERDO, 2015).

2.4.4 Armadura

As armaduras são utilizadas em construções de concreto armado e serão sempre envoltas por graute, com a função de combater os esforços de tração. Além disso, são também utilizadas em vergas e contravergas, elementos onde sempre haverá a necessidade de armadura longitudinal. De acordo com a ABNT NBR 16868-1/2020 (Alvenaria Estrutural - Parte 1: Projeto), elementos de alvenaria armada são aqueles no qual são usadas armaduras passivas, necessárias para resistir aos esforços solicitantes.

Na alvenaria estrutural as armaduras têm a função de reforçar juntas e melhorar a amarração entre paredes e são as mesmas utilizadas nas construções de alvenaria

convencional (SOARES, 2011). Para Ramalho e Corrêa (2003) as armaduras utilizadas com finalidade de resistir às solicitações, ou seja, aquelas utilizadas na alvenaria estrutural armada são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado e devem estar sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes.

2.5 Características gerais dos blocos cerâmicos e de concreto

Os materiais com os quais os blocos são fabricados são basicamente cimento Portland, agregados e água. Em algumas fábricas, muitas das fases do processo de industrialização são bastante automatizadas. O processo envolve a moldagem de concreto em moldes com as dimensões pré-estabelecidas, compactação, vibração, cura e armazenagem. (ABNT, NBR 6136, 2016).

2.5.1 Aspectos gerais dos blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos para a alvenaria estrutural devem apresentar características geométricas físicas, e mecânicas conforme estabelecido na ABNT NBR 15270-1/2017. Eles apresentam furos prismáticos perpendiculares à face que os contêm, sendo assentados com os furos na vertical.

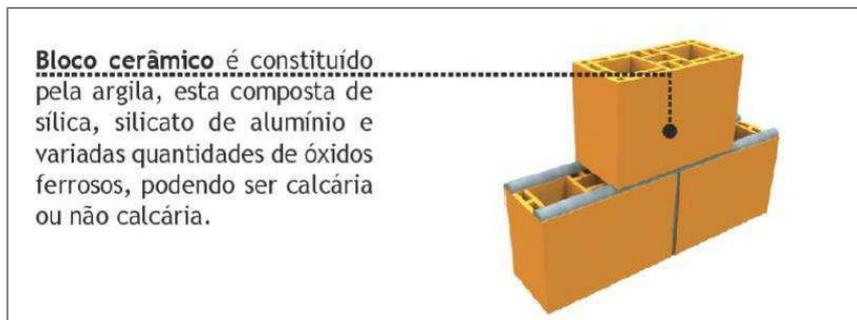
Para os blocos cerâmicos as normas regulamentadas pela ABNT são: NBR 15270-1/2017 (Componentes cerâmicos - blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos); NBR 15270-2/2017 (Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 2: Métodos de ensaios).

A ABNT NBR 15270-1/2017, de modo geral, regulamenta os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos que devem ser analisados e exigidos pelas lojas de material de construção, canteiros de obra e no ato do recebimento dos blocos cerâmicos de vedação. A norma ainda estabelece que estes blocos podem ser utilizados em obra de alvenaria de vedação revestidos ou não, por argamassa ou similar.

Os blocos devem ser bem conformados, isentos de saliências ou reentrâncias anormais, não pode apresentar defeitos sistemáticos, rachaduras e fissuras, não devem possuir inclusões calcárias e devem ter um toque sonoro quando repercutidos com uma peça metálica (Figura 9). Devem ser marcados também com a identificação do fabricante, sendo sujeitos a ensaios de compressão. As faces de contato dos tijolos com os pratos de compressão são regularizadas com uma camada de argamassa e os tijolos são mergulhados em água para

saturação. A resistência mecânica obtida deve ser superior a 15 kgf/cm² (PENTEADO; MARINHO, 2011).

Figura 9 – Bloco cerâmico utilizado na alvenaria estrutural



Fonte: Mohamad, 2018

Os blocos são classificados e comercializados conforme sua aplicação de acordo com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15270-1/2017. A classificação VED (vedação) indica uso exclusivo para vedação podendo ser VED15 ou VED30, já a classificação EST (estrutural) indica o uso estrutural ou como vedação racionalizada podendo ser EST40, EST60, EST80, EST100 e outras.

De acordo com Mohamad (2018), os blocos estruturais devem possuir a forma de um prisma reto normalizado por meio de dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais, com tolerâncias dimensionais como mostra a Tabela 1, relacionadas à média das dimensões efetivas e dimensões mínimas dos septos das unidades tabeladas pela ABNT NBR 15270-1/2017.

Tabela 1 – Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas dos blocos estruturais

| Dimensão | Tolerâncias dimensionais relacionadas às medições individuais (mm) | Tolerâncias dimensionais relacionadas à média (mm) |
|-----------------------------------|--|--|
| Largura (L) | ± 3 | ± 3 |
| Altura (H) | ± 3 | ± 3 |
| Comprimento (C) | ± 3 | ± 3 |
| Desvio em relação ao esquadro (D) | 3 | |
| Planeza das faces ou flecha (F) | 3 | |

Fonte: ABNT, 2017.

Para os blocos cerâmicos são de grande importância às propriedades físicas e mecânicas. O índice de absorção de água deve estar entre 8 % e 22 %, quando está abaixo de 8 % pode gerar argamassa com fraca aderência ao bloco e acima dos 22 % pode ocasionar a falta de água para hidratação do cimento ou retração da argamassa. A resistência característica à compressão (f_{bk}) é a propriedade fundamental do bloco cerâmico estrutural, onde eles precisam atingir os requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15270-1/2017, devendo ser considerada a partir de 3,0 Mpa referida na área bruta (MOHAMAD, 2018).

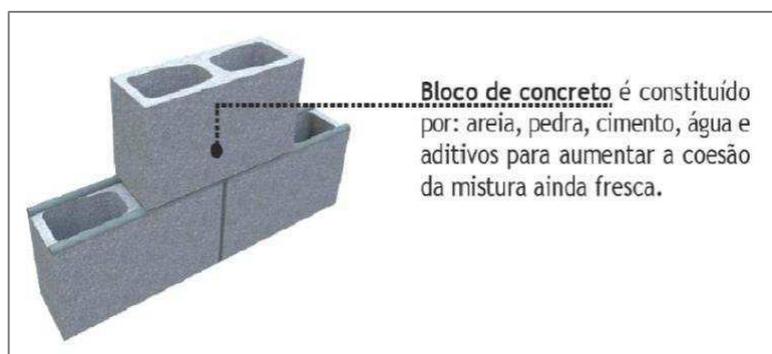
Os traços mais indicados para assentamento de tijolos cerâmicos ou blocos de cimento, segundo Bauer (1994), são 1:8 de cimento e saibro ou 1:4:4 de cimento, areia e saibro para o caso de alvenarias não estruturais; e 1:3:3 de cimento, areia e saibro para casos de alvenarias que irão receber outras cargas além de seu peso próprio.

2.5.2 Aspectos gerais dos blocos de concreto

Segundo a norma brasileira ABNT NBR 6136/2016, o bloco vazado de concreto simples é o componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida (área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios) é igual ou inferior a 75% da área bruta (área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios). São feitos de concreto simples, confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais, com ou sem inclusão de outros materiais (Figura 10).

Para os blocos de concreto as normas regulamentadas pela ABNT são: NBR 6136/2016 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos); NBR 12118/2014 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaios).

Figura 10 - Bloco de concreto utilizado em alvenaria estrutural



Fonte: Mohamad, 2016.

De acordo com a ABNT NBR 6136/2016, os blocos de concreto devem ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção. Devem atender aos critérios de tolerância dimensionais impostos pela norma, os quais são: ± 2 mm para a largura e ± 3 mm para a altura e comprimento, a norma também estabelece uma classificação dos blocos de concreto quanto ao seu uso. São elas:

- Classe A: ($f_{bk} \geq 8,0$ MPa) blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- Classe B: ($4,0$ MPa $\leq f_{bk} < 8,0$ MPa) com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do solo;
- Classe C: ($f_{bk} \geq 3,0$ MPa) com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do solo. Recomenda-se o uso de blocos com função estrutural Classe C, designados M10, para edificações de no máximo um pavimento; os designados M12,5 para edificações de no máximo dois pavimentos; os designados M15 e M20 para edificações maiores.

O bloco de concreto deve passar pelos ensaios de absorção de água, resistência a compressão, retração linear por secagem, análise dimensional, área líquida e permeabilidade. A absorção de água média para qualquer uma das classes deve ser menor ou igual a 10 % quando o agregado for de peso normal, já quando o agregado for leve a absorção deve ser menor ou igual a 13 % para o valor médio, ou menor ou igual a 16 % para valor individual (MOHAMAD, 2018).

2.6 Norma de desempenho

A norma brasileira ABNT NBR 15575/2021 provocou grande impacto no setor da construção civil desde a publicação de sua primeira versão, em 2008. Como o setor não se considerava preparado para absorver as mudanças que ela impunha, solicitou-se uma revisão para uma melhor adequação. Após um longo período de discussões, o texto original sofreu modificações, até resultar na versão atual.

A ABNT NBR 15575/2021 aborda sobre o desempenho das habitações, qualquer que seja seu número de pavimentos. Ela não é uma norma prescritiva, ou seja, não indica como o prédio deve ser construído, mas sim ao que ele deve atender para que tenha o desempenho desejado (mínimo, intermediário ou superior), independentemente do sistema construtivo adotado (CHVATAL, 2014).

Essa norma tem como principal função a priorização do desempenho e a qualidade das edificações, por meio do estabelecimento de requisitos de qualidade e durabilidade a serem satisfeitos, contribuindo com a regulação do mercado da construção civil, além de promover e salvaguardar segurança jurídica para os seus consumidores. Assim, almejando atingir e manter o desempenho dos projetos, a norma define responsabilidades e encargos para os intervenientes envolvidos no processo para o incorporador, construtor, fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema, projetista e usuário (SANTOS; HIPPERT, 2016).

Segundo Chvatal (2014), tem-se como objetivo final atender às necessidades do usuário, as quais, por sua vez, se traduzem nos seguintes aspectos:

- Segurança – segurança estrutural, contra fogo, no uso e na operação;
- Habitabilidade – estanqueidade, desempenho térmico, acústico, lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico;
- Sustentabilidade – durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.

2.6.1 Requisitos relacionados à segurança da edificação e de suas partes

Os requisitos e critérios de desempenho, a que os sistemas de vedação vertical devem atender, são definidos pela ABNT NBR 15575-4/2021 e se constituem de exigências que devem ser atendidas pelos componentes e pelo subsistema e por outros que são atendidos por medidas de projeto. Os requisitos e critérios relacionados ao desempenho do subsistema e seus componentes e que são avaliados por ensaios de laboratório ou de campo ou ainda por cálculos analíticos, são o desempenho estrutural, segurança contra incêndio e segurança no uso e ocupação.

➤ Segurança estrutural

Com relação ao desempenho estrutural, a ABNT NBR 15575/2021 define que ele seja analisado por alguns requisitos, são eles:

- Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedações internos e externos, onde é adotado o Estado-limite último como critério.
- Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas, são adotados os critérios de limitação de deslocamentos, fissuras e descolamentos;

- Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações internas e externas, onde é utilizado o critério de capacidade de suporte para as peças suspensas;
- Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural, a resistência a impactos de corpo mole é o critério utilizado nesse requisito;
- Ações transmitidas por portas;
- Impacto de corpo duro incidente nos SVVIE, com ou sem função estrutural, o critério analisado é a resistência a impactos de corpo duro;
- Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas, onde é adotado o critério de ações estáticas horizontais verticais e de impactos incidentes em guarda-corpos e parapeitos;
 - Segurança contra o fogo

Já em relação requisitos relativos à segurança contra incêndio são pautados em: proteger a vida dos ocupantes e áreas de risco; proporcionar meios de controle e extinção do incêndio; e dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros. Desta forma, esta norma prevê os critérios da legislação pertinente e da ABNT NBR 14432/2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações).

2.6.2 Requisitos relacionados à habitabilidade da edificação

➤ Estanqueidade

Segundo a ABNT NBR 15575/2021, a estanqueidade permite verificar se não ocorre penetração ou infiltração de água de chuvas incidentes ou outras fontes, que acarrete em escorrimento, gotejamento, formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade. Para paredes internas de áreas molhadas fica classificada como permeabilidade, já para as paredes externas (fachadas), como estanqueidade.

➤ Desempenho térmico

O requisito da ABNT NBR 15575/2021 quanto ao desempenho térmico da unidade habitacional estabelece dois aspectos a serem atendidos: o controle da troca de calor pela fachada e pela cobertura e ventilação mínima, a ser proporcionada pelas aberturas para o meio externo.

O primeiro requisito a atender é de que a vedação vertical externa, apresente transmitância térmica e capacidade térmica, que proporcionem pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido para cada zona bioclimática estabelecida na ABNT NBR 15220-3/2005.

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Transmitância térmica de paredes externas

| Transmitância térmica U | | |
|---|------------------------|------------------|
| W/m ² K | | |
| Zonas 1 e 2 | Zonas 3, 4, 5, 6, 7, 8 | |
| $U \leq 2,5$ | $\alpha^a \leq 0,6$ | $\alpha^a > 0,6$ |
| | $U \leq 3,7$ | $U \leq 2,5$ |
| a_α É absorvância a radiação solar da superfície externa da parede | | |

Fonte: ABNT, 2021.

Os valores mínimos admissíveis para capacidade térmica (CT) das paredes externas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Capacidade térmica de paredes externas.

| Capacidade térmica (CT) | |
|---------------------------|---------------|
| KJ/m ² K | |
| Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | Zona 8 |
| ≥ 130 | Sem requisito |

Fonte: ABNT, 2021.

Segundo a ABNT NBR 15220-3/2005, Zona Bioclimática consiste na divisão do território brasileiro em 8 zonas climáticas. Para cada zona são feitas recomendações de estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Enquanto a ABNT NBR 15575/2021 aborda sobre o desempenho térmico de edificações e apresenta recomendações prescritivas das paredes e coberturas, quanto às suas propriedades térmicas. A partir dessas recomendações, é possível realizar uma avaliação simplificada da edificação.

A norma ainda estabelece que, quando uma edificação não consegue atender aos pré-requisitos do método simplificado, essa avaliação deve ser realizada por simulação ou medição, nos quais, caso aprovada e, atendendo aos determinados critérios de temperatura interna, poderá obter níveis mínimo, intermediário ou superior de desempenho. Quanto a

simulação da ABNT NBR 15575/2021 deve ser realizada considerando-se a edificação desocupada e sem cargas térmicas internas, em dias típicos de verão e inverno, o que de modo algum corresponde à realidade de ocupação e de uso da edificação real.

Assim, o desempenho térmico visa garantir ao usuário condições térmicas adequadas para o desenvolvimento das suas atividades na habitação. A transmitância térmica e a capacidade térmica do sistema de vedação vertical em fachadas são requisitos que possuem critérios a serem atendidos em função da zona bioclimática na qual se encontra o empreendimento. Este método é considerado como método simplificado para efeito de análise conforme ABNT NBR 15575-4/2021.

➤ Desempenho acústico

Segundo a ABNT NBR 15575/2021 o desempenho acústico dos ambientes de uma edificação é determinado pelo desempenho do conjunto de sistemas construtivos, que delimitam estes ambientes, como sistemas de vedações verticais internas (paredes e portas) e externas (paredes e esquadrias), de pisos, forros e também dos sistemas hidráulicos. Os sistemas, individualmente, devem ter o desempenho mínimo estabelecido na ABNT NBR 15575/2021, para cada um, no entanto, o desempenho para o ambiente dependerá do conjunto.

2.6.3 Requisitos relacionados à sustentabilidade da edificação

➤ Durabilidade

Possan e Demoliner (2013) definem durabilidade como a capacidade de uma estrutura ou de seus componentes de satisfazer, com dada manutenção planejada, os requisitos de desempenho do projeto, por um período específico de tempo sob influência das ações ambientais, ou como resultado do processo de envelhecimento natural.

➤ Manutenibilidade

A ABNT NBR 15575/2021 define que a manutenção é de extrema importância para garantir a conservação, conforto e segurança em qualquer estrutura, ela deve ser realizada preventivamente a acontecimentos de grande magnitude, a fim de evitar que falhas mesmo que pequenas progridam rapidamente. Para as paredes de blocos, os pontos mais vulneráveis para o cumprimento da vida útil de projeto são os revestimentos e as pinturas.

➤ Adequação ambiental

A ABNT NBR 15575/2021 ainda aborda que a interação com os recursos naturais depende da disponibilidade de energia e a cada etapa, ou seja, da utilização,

processamento/modificação, transporte e consumo, conseqüentemente a produção de resíduos, estes que ao serem lançados no ambiente acarreta na ocorrência de impacto ambiental. A construção civil por sua vez, é uma das campeãs em poluição ambiental devido a utilização de forma exacerbada da exploração dos recursos que são finitos e também gera resíduos em grande escala.

A ABNT NBR 15575/2021 também aborda os projetos em alvenaria estrutural, a racionalização dos fundamentos básicos de projeto. A necessidade de cortes na alvenaria estrutural é reduzida praticamente a zero, as aberturas nos blocos permitem a passagem de instalação elétrica sem necessidade de quebrar, e por ser um bloco de qualidade admite uma pequena espessura de revestimento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa trata-se de uma investigação descritiva e exploratória do tipo revisão de literatura. A opção por essa modalidade de pesquisa deu-se porque nela as ações dos processos de pesquisa são mais centradas no conteúdo em que pretende-se estudar, neste caso em específico, permitindo introduzir inovações no cuidado a que se refere à construção civil, mais precisamente, em relação à alvenaria estrutural e nos parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15575/2021.

Para a realização do presente trabalho, foi adotado como ponto de partida a revisão bibliográfica, mediante pesquisa de trabalhos de conclusão de curso de graduação, monografias de cursos de especialização, dissertações de mestrado e teses de doutorado, assim como a consulta de normas, legislações, manuais e artigos científicos pertinentes. Os textos e dados obtidos na pesquisa foram tabulados, analisados e utilizados como base para a redação dos diversos itens apresentados.

Somando-se todas as bases de dados, foram encontrados artigos, onde após a leitura dos títulos e dos artigos, notou-se que alguns deles se repetiram nas diferentes bases e outros não preenchiam os critérios deste estudo.

Foram abordados também os seguintes pontos relativos a alvenaria estrutural: desempenho estrutural, subdividido em impacto de corpo mole, impacto de corpo duro e resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas; segurança contra incêndio; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico e durabilidade.

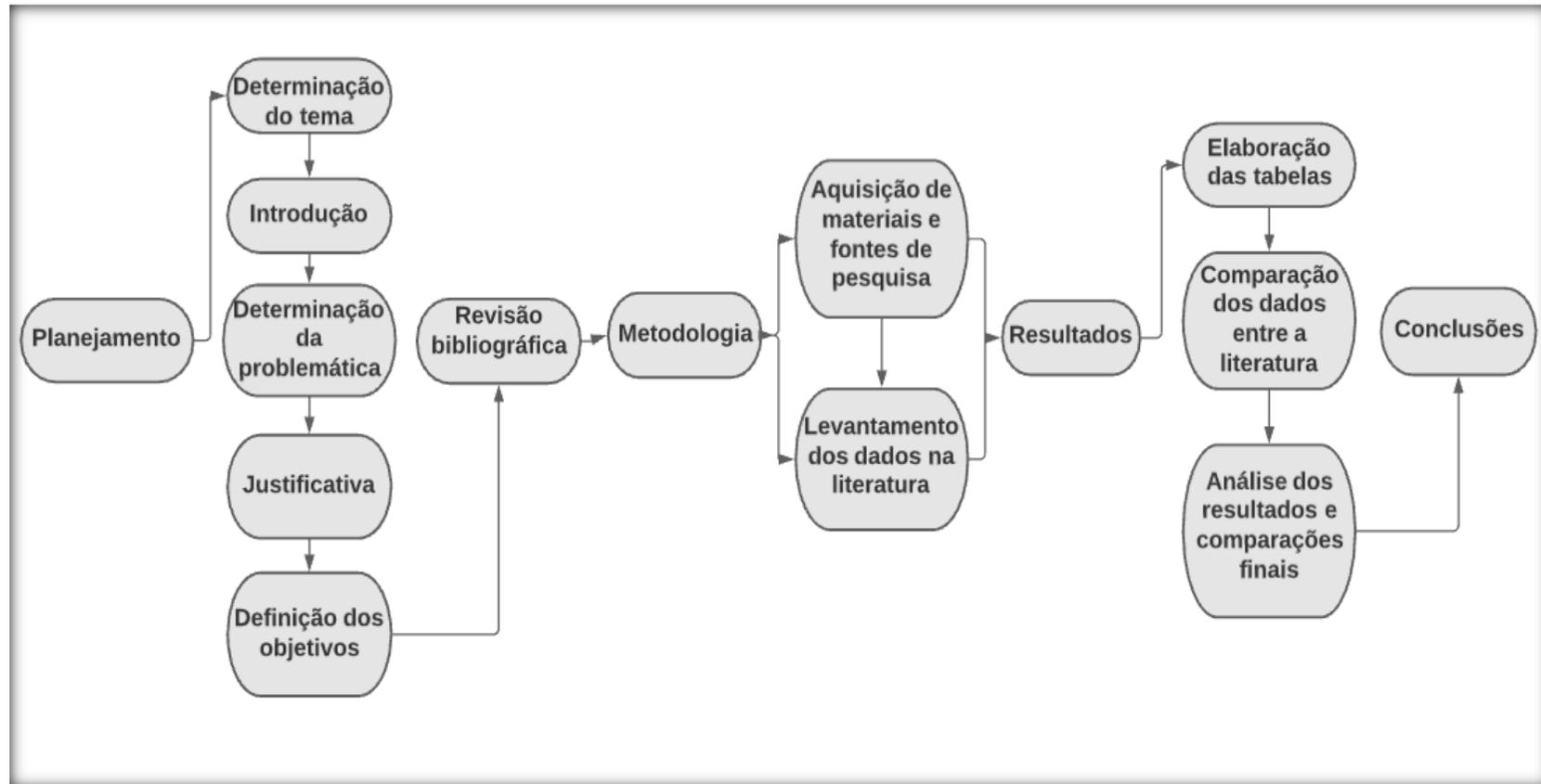
3.1 Planejamento da pesquisa

Na Figura 11 apresenta-se o delineamento da pesquisa, demonstrando os procedimentos adotados para o presente trabalho. A primeira etapa foi a definição do tema e as problemáticas relacionadas ao mesmo. Estabeleceu-se que seria uma pesquisa do tipo revisão bibliográfica, com o intuito de comparar os blocos cerâmicos e de concreto utilizados na alvenaria estrutural.

Após isso, foi iniciada a etapa de revisão de literatura, com o intuito de obter o máximo de informações sobre o tema, adquirindo o conhecimento necessário para dar suporte ao desenvolvimento do trabalho.

Foi realizado um levantamento das empresas que comercializam blocos de concreto e blocos cerâmicos no Brasil, para identificar a quantidade de empresas existentes em cada estado e a sua distribuição no território.

Figura 11 – Fluxograma do Planejamento da Pesquisa.



Fonte: Autor, 2021.

Para a análise de custo-benefício, foram levantadas empresas especificamente da região Nordeste, por ser a região onde a Universidade Federal de Campina Grande está localizada, pela a facilidade de comunicação e levantamento de dados, bem como, para compreender como ocorre a comercialização desse insumo na região. As empresas que foram contatadas são classificadas pela PSQ (Programa Setorial da Qualidade) e ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), em um total de 20 empresas. O contato com as empresas foi realizado por intermédio de e-mail e via *WhatsApp*.

Com os dados e informações coletadas, tanto a pesquisa bibliográfica quanto o levantamento junto às empresas, foi possível dar o próximo passo e analisar a viabilidade da implantação dos blocos de cerâmica e de concreto em projetos de alvenaria estrutural. Com o quantitativo dos dados adquiridos foram organizadas tabelas orçamentárias, comparativos de vantagens e desvantagens, como também foram elaboradas tabelas dos ensaios realizados pela ABCP e pelas empresas Pauluzzi, City e São Roque. Por fim, com esses dados realizou-se a comparação de cada requisito estabelecido pela ABNT NBR 15575/2021 e, conforme a análise dos resultados obtidos foi realizada as devidas discussões e conclusões acerca do tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

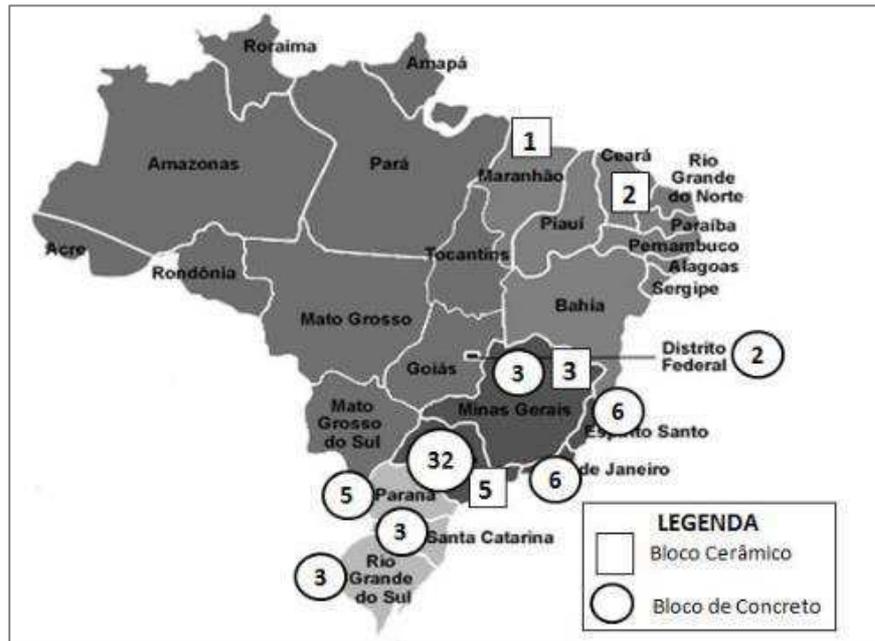
4.1 Comparação do numero de fábricas de blocos cerâmicos estruturais e de concreto estruturais entre os anos de 2017 e 2021 no Brasil;

Para realizar o levantamento das fábricas produtoras dos blocos de concreto e dos blocos cerâmicos estruturais no Brasil, Caldas e Sposto (2017) utilizaram como meio de pesquisa os Programas Setoriais da Qualidade (PSQs), no âmbito do Ministério das Cidades e do Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC).

O objetivo do PSQ é evitar a entrada de produtos não qualificados, criando barreiras que impedem que fornecedores não qualificados atuem no campo da construção civil. Empresas menores que trabalham com produtos que não atendem aos requisitos de qualidade, vem a ser competidores desleais por preços abaixo do mercado e por não oferecem segurança e garantia tornando-se perigosos para sociedade, já para os fornecedores certificados, há o benefício de uma competição mais leal e aqueles que têm a intenção de melhorar seus produtos têm no PSQ uma orientação para um padrão de qualidade determinado, podendo também acompanhar a evolução, tornando-se mais competitivos (PEREIRA et al., 2019).

Com base na literatura, foram realizadas buscas de fábricas que comercializam blocos cerâmicos e de concreto, para se ter uma noção da disponibilidade destes matérias nos estados e no país. Na Figura 12, encontra-se a seleção e a quantidade das fábricas em conformidade com o PSQ localizadas nos seus respectivos estados encontrados por Caldas e Sposto (2017) e na Figura 13, encontra-se a seleção e a quantidade das fabricas atualizadas para o ano de 2021.

Figura 12– Distribuição das fábricas de blocos cerâmicos e de concreto no território brasileiro 2017.



Em relação aos blocos cerâmicos estruturais foi utilizado o “PSQ de Blocos Cerâmicos” (BRASIL, 2015a) já para os blocos de concreto o “PSQ de Blocos Vazados de Concreto com Função Estrutural e Peças de Concreto para Pavimentação” (BRASIL, 2015b). A partir das Figuras 11 e 12, pode-se observar os seguintes pontos:

- Maior quantidade de fábricas de blocos de concreto;
- Maior concentração de fábricas para ambos os materiais nas regiões Sul e Sudeste, com destaque para o estado de São Paulo;
- Ausência de fábricas na região Norte e pequenas quantidades na região Centro-Oeste e Nordeste;
- Apesar de as fábricas de blocos cerâmicos estarem em menor quantidade, existe uma melhor distribuição ao longo do território brasileiro, principalmente pelas fábricas localizadas na região Nordeste.

Destaca-se ainda que, do ponto de vista da sustentabilidade e no transporte de materiais, é mais importante ter fábricas distribuídas em vários estados do país do que grandes quantidades concentradas em locais próximos entre si. Ressalta-se que tal afirmativa somente é válida caso as fábricas mais próximas de uma dada localidade consigam atender a demanda local. (CALDAS; SPOSTO, 2017).

Pode-se observar que as capitais dos estados de Roraima, do Amazonas, do Acre e de Rondônia são as que apresentaram as maiores distâncias das fábricas. Observa-se que essas capitais mencionadas, estão centradas na região Norte do país onde não há nenhuma fábrica qualificada.

Enquanto as capitais dos estados de Minas Gerais e de São Paulo são as que apresentaram menores distâncias. As maiores diferenças nas distâncias entre os blocos cerâmicos e de concreto ocorreram nas capitais dos estados do Ceará, do Maranhão, do Distrito Federal, do Espírito Santo, do Rio Grande do Sul, do Goiás e de Santa Catarina, respectivamente. A distância de transporte dos blocos de concreto foi maior em onze capitais, enquanto a dos blocos cerâmicos nas quinze capitais restantes (CALDAS; SPOSTO, 2017).

Tendo essa base de localidades e fábricas que comercializam estes tipos de blocos, pode-se começar a compreender as possíveis dificuldades do acesso desses materiais e assim como o custo benefícios dos mesmos. Observa-se também que houve um aumento no número de fábricas em São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e a instalação de novas como na Paraíba, Rio Grande do Norte, e em outros estados do Nordeste, entre os anos de

2017 e 2021 (Figura 13). Essa expansão de fabricas e a instalação de novas em diferentes estados, pode estar relacionado ao aumento da construção civil em todo o país, assim como, a busca por minimização dos gastos com transporte de material, deixando o produto mais barato e viável. Na Tabela 4 é apresentado o quantitativo de fabricas em cada estado brasileiro.

Tabela 4 – Quantidade de empresas de blocos estruturais qualificados pelo Programa Setorial da Qualidade (PSQ) e ABCP até julho de 2021

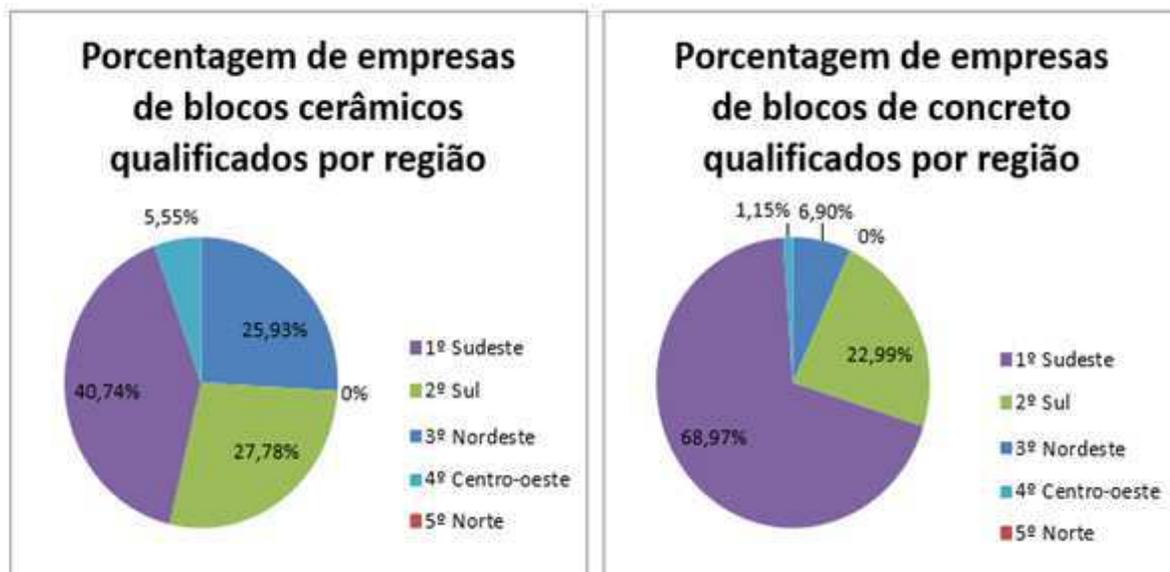
| Região | Estados | Nº de empresas de blocos cerâmicos | Nº de empresas de blocos cerâmicos por região | Nº de empresas de blocos de concreto | Nº de empresas de blocos de concreto por região |
|--------------|---------|------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| Nordeste | MA | 1 | | 2 | |
| | PI | 2 | | 0 | |
| | CE | 2 | | 0 | |
| | RN | 1 | | 0 | |
| | PB | 5 | | 0 | |
| | BA | 0 | | 1 | |
| | SE | 1 | 14 | 0 | 6 |
| | PE | 2 | | 2 | |
| | AL | 0 | | 1 | |
| Norte | RR | 0 | | 0 | |
| | AM | 0 | | 0 | |
| | AC | 0 | | 0 | |
| | RO | 0 | | 0 | |
| | AP | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | PA | 0 | | 0 | |
| | TO | 0 | | 0 | |
| Centro-Oeste | MT | 2 | | 0 | |
| | MS | 1 | | 0 | |
| | GO | 0 | 3 | 0 | 1 |
| | DF | 0 | | 1 | |
| Sul | PR | 8 | | 4 | |
| | SC | 2 | | 15 | |
| | RS | 5 | 15 | 1 | 20 |
| Sudeste | MG | 2 | | 8 | |
| | SP | 17 | | 41 | |
| | RJ | 3 | 22 | 8 | 60 |
| | ES | 0 | | 3 | |
| Total | - | 54 | 54 | 87 | 87 |

Fonte: Autor, 2021.

Nota-se que a região Sudeste é a que mais possui fábricas, possuindo 22 que trabalham com blocos cerâmicos e 60 com blocos de concreto, seguido da região Sul com 15 e 20 e Nordeste em seguida com 14 e 6 fabricas para os tipos citados. Esse crescimento de fabricas é algo positivo, para o barateamento dos valores dos blocos, favorecendo cada vez mais a

alvenaria estrutural como sistema de construção civil. A Figura 14 mostra o percentual da presença dessas empresas em cada região do país.

Figura 14– Percentual de fábricas de blocos cerâmicos e de concreto no Brasil



Fonte: Autor, 2021.

Pode-se observar que a Região Sudeste possui 40,74 % e 68,97 % das fábricas de blocos cerâmicos e de concreto, respectivamente. Enquanto a Região Sul possui 27,78 % e 22,99 %, e a Nordeste apenas 25,93 % e 6,90 %, de fabricas de blocos cerâmicos e de concreto, respectivamente.

4.2 Comparação do custo unitário de blocos cerâmicos e de concreto em diferentes anos;

O custo é um dos principais fatores de grande importância para a viabilidade da construção civil, ainda mais no que se refere à alvenaria. Na Tabela 5 encontram-se valores dispostos na literatura em relação aos custos dos blocos cerâmicos e de concreto. Vale salientar, que a tabela foi organizada em ordem cronológica, pra comparar as mudanças de preços com o passar dos anos.

Tabela 5 – Cotação dos preços unitários dos blocos cerâmico e de concreto

| Autores | Tipos de Bloco | Custo unitário (R\$) |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Poyastro, 2008 | Bloco Cerâmico (14 x 19 x 29 cm) | R\$ 1,10 |
| | Bloco de Concreto (14 x 19 x 39 cm) | R\$ 1,87 |
| Jacoby e Pelisser, 2011 | Bloco de Concreto (14 x 19 x 19 cm) | R\$ 1,32 |

| | | |
|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| | Bloco de Concreto (14 x 19 x 24 cm) | R\$ 1,96 |
| | Bloco de Concreto (14 x 19 x 34 cm) | R\$ 2,26 |
| | Bloco de Concreto (14 x 19 x 39 cm) | R\$ 2,40 |
| Coimbra e Oliveira, 2017 | Bloco Cerâmico (9 x 14 x 19 cm) | R\$ 0,53 |
| | Bloco Cerâmico (14 x 19 x 39 cm) | R\$ 2,26 |
| Lima, 2018 | Bloco de Concreto (14 x 19 x 39 cm) | R\$ 2,41 |
| | Bloco Cerâmico (14 x 19 x 34 cm) | R\$ 2,30 |
| | Bloco de Concreto (14 x 19 x 34 cm) | R\$ 2,38 |
| Fernandes et al., 2019 | Bloco Cerâmico (9 x 14 x 19 cm) | R\$ 0,76 |
| | Bloco de Concreto (19 x 19 x 39 cm) | R\$ 1,97 |

Fonte: Autor, 2021.

A partir dos dados adquiridos pelos autores, com o passar dos anos, de 2008 até 2019, os valores alternaram-se entre R\$ 1,10 a R\$ 0,76 para blocos cerâmicos. Enquanto para os blocos de concreto, houve variação nos preços entre R\$ 1,87 a R\$ 1,97, isto, levando-se em consideração as diferentes dimensões dos mesmos. Assim, nota-se que o custo benefício para a compra de blocos cerâmicos sai mais viável economicamente, podendo ser um dos fatores a sua utilização em uma determinada obra na alvenaria estrutural.

Por outro lado, pensando para a região Nordeste do país, foi realizado uma pesquisa de mercado com todas as empresas da região que comercializam blocos de concreto e cerâmicos qualificadas pela PSQ ou ABCP para encontrar os valores unitários. Essa pesquisa de mercado se deu pela facilidade de transporte, podendo ser um fator importante na compra destes materiais para serem utilizados na construção civil, por meio da alvenaria estrutural.

Nas Tabelas 6 e 7, encontram-se as empresas qualificadas, estados, dimensões e valores unitários dos blocos de concreto e blocos cerâmicos, respectivamente, encontrados em toda região Nordeste.

Tabela 6 – Cotação dos preços unitários dos blocos de concreto no Nordeste

| Empresa | Estado | Dimensões | Valor unitário R\$ |
|--|------------|-----------|--------------------|
| Pré-Moldados Empresarial Alagoas LTDA | Alagoas | 14x19x39 | 2,68 |
| CIVIL INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA | Bahia | 14x19x39 | 2,80 |
| Canopus construções Ltda | Maranhão | 14x19x39 | Produção própria |
| Construtora Escudo Indústria e Comércio Ltda | Maranhão | 14x19x39 | Produção própria |
| LCB Pré-Moldados Ltda EPP | Pernambuco | 14x19x39 | 2,50 |
| Viana & Moura Pré-Moldados Ltda | Pernambuco | 14x19x39 | Produção encerrada |

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 7 – Cotação dos preços unitários dos blocos cerâmicos no Nordeste.

| Empresa | Estado | Dimensões | Valor unitário R\$ |
|--|---------------------|-----------|--------------------|
| Cerâmica Mendes | Maranhão | 14x19x39 | 5,26 |
| | | 14x19x29 | 3,98 |
| Blocomar | Piauí | 14X19X29 | 1,64 |
| Cerâmica Vermelha do Vale do Parnaíba | Piauí | 14x19x29 | 1,69 |
| | | 14x19x39 | 1,95 |
| Cerâmica Assunção | Ceará | 14x19x39 | 1,80 |
| | | 14x19x29 | 1,50 |
| Cerâmica Caucaia LTDA – ME | Ceará | 14x19x39 | 1,95 |
| | | 14x19x29 | 1,45 |
| Cerâmica Tecnovale Ltda (Cerâmica do Gato) | Rio Grande do Norte | 14x19x29 | 1,34 |
| | | 14x19x44 | 1,96 |
| Cerâmica Santa Bárbara | Paraíba | 14x19x29 | 1,60 |
| Cerâmica São José LTDA | Paraíba | 14x19x29 | 1,60 |
| Cerâmica DRM | Paraíba | 14x19x29 | 1,68 |
| | | 14x19x44 | 2,55 |
| Cerâmica Salema LTDA - ME | Paraíba | 14x19x29 | 1,68 |
| | | 14x19x44 | 2,55 |
| ITG Indústria e Transportes LTDA | Paraíba | 14x19x29 | 1,50 |
| | | 14x19x44 | 2,20 |
| Cerâmica São José LTDA - EPP | Sergipe | 14x19x29 | 1,80 |
| Cerâmica Buenos Aires | Pernambuco | 14x19x39 | 1,90 |
| | | 14x19x29 | 1,50 |
| Cerâmica São José | Pernambuco | 14x19x29 | 1,00 |

Fonte: Autor, 2021.

Nota-se que os valores para os blocos de concreto variaram entre R\$ 2,50 e R\$ 2,80, enquanto para os blocos cerâmicos houve variação entre R\$ 1,00 e R\$ 5,26. Nota-se que apenas o estado do Maranhão possui valores altos, mesmo assim, ao analisar os demais estados, conclui-se que é bem mais viável, economicamente, a compra dos blocos cerâmicos, como já visto pelos trabalhos encontrados na literatura, indicando que as empresas encontradas no presente trabalho, estão com um padrão semelhante no baixo valor dos preços para este grupo de blocos.

4.3 Certificação de Qualidade a partir da Norma de Desempenho 15575/2021

A ABNT NBR 15575-2/2013 deixa evidente que o desempenho estrutural é condicionado ao atendimento pleno das normas específicas de projeto estrutural de cada sistema, nesse caso a norma ABNT NBR 16868-1/2020. Dessa forma, é necessário que o projeto obedeça a alguns pontos, os quais já foram listados no item 2.6. A norma também delimita quais pontos devem ser averiguados para cada tipo de bloco o qual é utilizado na alvenaria estrutural.

Para se ter uma ideia das conformidades da utilização dessa norma, este item aborda um comparativo com os ensaios fornecidos no manual de desempenho do sistema de alvenaria de blocos cerâmicos das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque e o manual de desempenho de alvenaria com blocos de concreto da ABCP (5ª edição).

4.3.1 Desempenho Estrutural

➤ Impacto de corpo mole

Na Tabela 8 encontram-se os resultados dos ensaios de impacto de corpo mole encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 8 – Impacto de Corpo mole

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|--------------------------------------|--|---|--|--|
| Resistência (MPa) | 4,0 ≤ f _{bk} < 8,0 | 4,5 | 7 | 7 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 9x19x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento | Argamassa | Gesso | Argamassa | Argamassa |
| Energia de impacto de corpo mole (J) | 720 J | 240 J | 960 J | 960 J |
| Desempenho atingido | Não ocorrência de falhas aos 360 J. Não ocorrência de ruptura aos 720 J. | Os deslocamentos ocorridos não ultrapassaram 12,0 mm para o dh e 2,4 mm para o dhr com a energia de impacto de 240 J para uma face externa. | Não observado dano visível quando submetida a impactos de até 960 J. | Não observado dano visível quando submetida a impactos de até 960 J. |

| | | | | | | | |
|---|----------|---|-----|--|--|-----|--|
| Situação relação requisito/critério | em ao | Atende requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575- 4/2021. | aos | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575- 4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575- 4/2021. | aos | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575- 4/2021. |
|---|----------|---|-----|--|--|-----|--|

Fonte: Autor, 2021.

No que se refere ao impacto de corpo mole, nota-se que todos os ensaios se encontram de acordo com a ABNT NBR 15575-4/2021, além disso, ressalta-se que os blocos cerâmicos da Pauluzzi e da São Roque atingiram a energia de impacto de corpo mole de 960 J sem sofrer nenhuma alteração.

➤ Impacto de corpo duro

Na Tabela 9 encontram-se os resultados dos ensaios de impacto de corpo duro encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 9 - Impacto de Corpo duro

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|-------------------------------------|---|---|---|---|
| Resistência (MPa) | fbk \geq 3,0 | 4,5 | 7 | 7 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 14x 19 x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento | Argamassa | Gesso | Argamassa | Argamassa |
| Energia de impacto de corpo duro(J) | 3,75 J (externa) | 2,5 J (interna) | 3,75 J (externa) | 3,75 J (externa) |
| Desempenho atingido | Não ocorrência de falhas, inclusive no revestimento | Não houve danos ou falhas nem mossas acima do limite de 2,00 mm | Não houve danos ou falhas nem mossas acima do limite de 2,00 mm | Não houve danos ou falhas nem mossas acima de 2,15 mm |
| Energia de impacto de corpo duro(J) | 20 J (externa) | 10 J (interna) | 20 J (externa) | 20 J (externa) |
| Desempenho atingido | Não ocorrência de ruptura e traspasseamento | Não ocorrência de ruína. | Não ocorrência de ruína. | Não ocorrência de ruína. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Situação em relação ao requisito/critério | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. |
|---|---|---|---|---|

Fonte: Autor, 2021.

No tocante ao impacto de corpo duro, este que visa determinar a resistência mecânica da parede a impactos provenientes da utilização do sistema, nota-se que todos os sistemas se encontram em conformidade com a ABNT NBR 15575-4/2021.

➤ Resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas

Na Tabela 10 encontram-se os resultados dos ensaios a resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 10 – Resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|---|---|---|---|---|
| Resistência (MPa) | fbk ≥ 3,0 | 4,5 | 7 | 7 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 9 x 19 x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento | Argamassa | Gesso | Argamassa | Argamassa |
| Carga | 981N | 1200N | 1200N | 1200N |
| Desempenho atingido | Apos 24 horas de ensaio, aumento escorregamento da bucha no lado esquerdo totalizando = 3,7 mm. | Deslocamento horizontal máximo atingido de 0,0485 mm e maior deslocamento horizontal residual de 0,1360 mm. | Sem alterações | Sem alterações |
| Situação em relação ao requisito/critério | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. |

Fonte: Autor, 2021.

Ao que se refere à resistência a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas, nota-se que todos os sistemas encontram-se em conformidade com a norma de desempenho, contudo podemos observar que os sistemas que apresentaram melhor desempenho foram os blocos cerâmicos da Pauluzzi e da São Roque onde não ocorreu nenhuma alteração durante o ensaio com uma carga superior a utilizada no ensaio dos blocos de concreto, além disso, os mesmos possuem uma resistência maior do que os outros blocos analisados.

4.3.2 Segurança contra incêndio

Na Tabela 11 encontram-se os resultados dos ensaios de segurança contra incêndio encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 11 – Segurança contra incêndio

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|--|---|---|---|---|
| Resistência (MPa) | 4,0 ≤ f _{bk} < 8,0 | 4,5 | 7 | 7 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 14x 19 x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento Espessura (mm) | Argamassa 20 mm | Argamassa 25 mm | Argamassa 20 mm | Argamassa 20 mm |
| Desempenho atingido | A parede apresentou resistência ao fogo no grau corta-fogo por 180 min (CF180). | CF 240 apresentando um comportamento Estável. | Conclui-se que o corpo de prova se enquadra na categoria corta-fogo com o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) de 240 min (4 h) – CF 240 | Se enquadra na categoria corta-fogo com o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) de 240 min (4 h) – CF 240 |
| Situação em relação requisito/critério | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575/2021. | Atende a todas as situações previstas na ABNT NBR 15575/2021 e em outras normas e regulamentos em que o Tempo Requerido de Resistência ao | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575/2021. | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575/2021. |

Fogo (TRRF) seja
 240 min.

Fonte: Autor, 2021.

No que diz respeito à segurança contra incêndio, todos os ensaios encontram-se em conformidades com as normas previstas. Os ensaios com blocos cerâmicos apresentaram um melhor desempenho atingindo um CF240, demonstrando assim uma maior segurança do uso de blocos cerâmicos na construção civil, desde que, obedeça aos critérios postos pela norma de desempenho.

4.3.3 Estanqueidade

Na Tabela 12 encontram-se os resultados dos ensaios de estanqueidade encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 12 – Estanqueidade

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|-----------------------------|---|---|--|--|
| Resistência (MPa) | fbk \geq 3,0 | 4,5 | 7 | 1,5 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 14x 19 x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento Espessura (mm) | Face 1 chapisco + argamassa + pintura 25 mm Face 2 gesso 5 mm | Face 1 argamassa 25 mm Face 2 gesso | Face 1 chapisco + argamassa + pintura 25 mm Face 2 chapisco + argamassa 25 mm | Face1 chapisco + argamassa + pintura 15 mm Face 2 chapisco + argamassa 15 mm |
| Desempenho atingido | Após 7 h de ensaio, não foram observadas infiltrações, formação de gotas de água aderentes na face interna, nem mesmo manchas | Durante todo o período do ensaio (7 h) não foram constatadas manchas de umidade na face oposta à aplicação de | Com comportamento satisfatório mediante a incidência de água e pressão de ar, sem apresentar manchas de umidades nas | Com comportamento satisfatório mediante a incidência de água e pressão de ar, sem apresentar manchas de umidades nas |

| | | | | | |
|---------------------------|----|---|--|----|--|
| de umidade ou vazamentos. | ou | água e pressão de ar. O resultado final foi de que a soma das áreas de manchas foi menor do que 5%. | faces internas, em nenhuma das amostras. | em | faces internas, em nenhuma das amostras. |
|---------------------------|----|---|--|----|--|

| | | | | | | | | |
|--|----|--|-----|--|----|--|-----|---|
| Situação em relação requisito/critério | em | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021 . | aos | Atende ao requisito 10.1.1 da ABNT NBR 15575-4/2021. | ao | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021 . | aos | Atende aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. |
|--|----|--|-----|--|----|--|-----|---|

Fonte: Autor, 2021.

A estanqueidade permite verificar se a parede é estanque à água de chuvas incidentes ou outras fontes, não podendo apresentar infiltrações que proporcionem borrifamento, escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade, considerando-se os ensaios acima descritos nota-se que todos os sistemas encontram-se de acordo com a ABNT NBR 15575-4/2021.

4.3.4 Desempenho térmico

Na Tabela 13 encontram-se os resultados dos ensaios para o desempenho térmico encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 13 – Desempenho térmico

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|-----------------------------|---|---|---|--|
| Resistência (MPa) | 4,0 ≤ f _{bk} < 8,0 | 4,5 | 7 | 7 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 14x 19 x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento Espessura (mm) | Face 1 argamassa 25 mm Face 2 gesso 5 mm | Face 1 argamassa 30 mm Face 2 gesso 5 mm | Face 1 chapisco + argamassa 25 mm Face 2 gesso 10 mm | Face 1 chapisco + argamassa 25 mm Face 2 chapisco + argamassa 25 mm |
| Desempenho atingido | U = 2,70 W/m ² K CT = 194 KJ/m ² K | U= 1,81 W/m ² K CT=136 KJ | U=2,1 W/m ² K CT=147 | U=2,0 W/m ² K CT=135 |

| | | /m ² K | KJ/m ² K | KJ/m ² K |
|---|----------|---|---|---|
| Situação relação requisito/critério | em ao | Não atende a transmitância térmica estabelecida pela norma nas zonas 1 e 2. Quando a parede não atende aos critérios do método simplificado é necessário avaliar o desempenho térmico da parede por meio do método detalhado. Onde os resultados foram Verão: Z1 intermediário Z2 mínimo Inverno: Z1 mínimo Z2 intermediário. Atendendo a ABNT NBR15575/2021. | Atende o critério da ABNT NBR 15575-4/2021 para todas as zonas bioclimáticas. | Atende o critério da ABNT NBR 15575-4/2021 para todas as zonas bioclimáticas. |

Fonte: Autor, 2021.

O bloco de concreto analisado pela ABCP não atendeu as Zonas Bioclimáticas 1 e 2, sendo necessária a realização do método detalhado, e dessa forma foram atendidos os critérios exigidos pela ABNT NBR 15575-4/2021. Os três ensaios de blocos cerâmicos atenderam tanto a transmitância térmica como a capacidade térmica exigida por norma. Ambos os sistemas se encontram em conformidade com a ABNT NBR 15575-4/2021, contudo, os blocos cerâmicos tiveram um melhor desempenho quanto à transmitância térmica.

É importante destacar que o comportamento térmico de edificações é de difícil avaliação, onde existem muitos parâmetros que podem interferir no real desempenho, quando a transmitância térmica e a capacidade térmica não atendem aos requisitos se faz necessária uma simulação computacional onde são selecionadas as variáveis convencionais à análise.

4.3.5 Desempenho acústico

Na Tabela 14 encontram-se os resultados dos ensaios para o desempenho acústico encontrados nos manuais de desempenho para os sistemas com o uso de blocos de concreto da ABCP e das empresas de blocos cerâmicos City, Pauluzzi e São Roque, respectivamente.

Tabela 14 – Desempenho acústico

| Dados Gerais | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|

| | | | | |
|---------------------|-------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Resistência (MPa) | $4,0 \leq f_{bk} < 8,0$ | 6 | 7 | 7 |
| Dimensões (cm) | 14X19X39 | 14x 19 x 39 | 14x19x29 | 14x19x29 |
| Revestimento | Face 1 argamassa | Face | 1 Face 1 argamassa | Face 1 argamassa |
| Espessura (mm) | 19 mm | argamassa | 25 mm | 20 mm |
| | Face 2 argamassa | 20 mm | Face 2 argamassa | Face 2 argamassa |
| | 19 mm | Face | 2 10 mm | 20 mm |
| | | argamassa | | |
| | | 20 mm | | |
| Desempenho atingido | Rw=48dB | Rw=46dB | Rw=41dB | Rw=42dB |

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 15 – Desempenho acústico

| Elementos | Bloco concreto ABCP | Bloco Cerâmico City | Bloco Cerâmico Pauluzzi | Bloco Cerâmico São Roque |
|--|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório. | I | I | M | M |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório. | M | M | - | - |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos. | I | I | M | M |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos. | S | S | S | S |
| Parede Cega entre uma unidade habitacional e Áreas comuns de permanência de pessoas atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginastica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas. | M | M | - | - |
| Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (DnT,w obtida entre as unidades). | I | I | M | M |
| Localização da habitação. | Bloco | Bloco | Bloco | Bloco |

| | concreto ABCP | cerâmico City | Cerâmico Pauluzzi | Cerâmico São Roque |
|--|------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Classe 1: Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas. | S | S | S | S |
| Classe 2: Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes 1 e 3. | S | S | S | S |
| Classe 3: Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação. | S | S | I | I |
| Obs: Critérios de avaliação M: (mínimo), I(intermediário), S(superior). | | | | |

Fonte: Autor, 2021.

Na tabela 15 os critérios de mínimo, intermediário ou superior são comprovados por meio do Método de precisão, onde este método é realizado em laboratório, que visa determinar a isolamento sonora de componentes e elementos construtivos, fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. É importante destacar que o desempenho acústico sofre interferência diretamente de parâmetros como, por exemplo, o tipo de material utilizado no revestimento.

Para o desempenho acústico os sistemas apresentaram dados satisfatórios onde os blocos de concreto utilizados pela ABCP e os blocos cerâmicos da City podem ser utilizados em qualquer um dos elementos apresentados, desde que respeite todo o processo realizado no ensaio. Os blocos da empresa Pauluzzi e São Roque apresentaram bons resultados onde não atingirão apenas dois elementos.

4.3.6 Durabilidade

No tocante a Durabilidade, a Tabela 16 ilustra o ensaio do manual de desempenho da alvenaria com blocos de concreto, onde atende ao critério, conforme item 14.1.1 da ABNT NBR 15575/2021, não apresentando deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo de prova, superior a $h/300$, onde h é a altura do corpo de prova e Ocorrência de falhas, como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos que possam comprometer a utilização do SVVE. Já para o sistema com o uso de bloco cerâmico não há ensaios nas empresas City, Pauluzzi e São Roque, neste caso, aborda-se que a ABNT NBR 15575/2021 determina que podem ser utilizados diferentes métodos de avaliação do cumprimento dos prazos de VUP. Podendo ser das seguintes maneiras:

- Por meio da verificação do atendimento dos requisitos estabelecidos em Normas Brasileiras que estejam relacionadas com a durabilidade dos sistemas do edifício;
- Pela comprovação da durabilidade dos elementos e componentes dos sistemas, bem como de sua correta utilização, conforme as Normas a elas associadas que tratam da especificação dos elementos e componentes, sua aplicação e métodos de ensaios específicos. Assim no sistema alvenaria é condição de atendimento à VUP mínima o atendimento às normas de especificação, projeto e execução de obras.

Tabela 16 – Durabilidade em sistema com bloco de concreto

| Resultados | | | |
|---------------------|--|-------------------------------------|--------------------|
| Nº. do Ciclo | Temperatura superficial da parede | Deslocamento horizontal (mm) | Ocorrências |
| 1 | 80 °C | 1,3 | Nada a relatar |
| | (20±5) °C | -0,3 | Nada a acrescentar |
| 2 | 80 °C | 1,3 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,4 | Nada a acrescentar |
| 3 | 80 °C | 1,3 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,3 | Nada a acrescentar |
| 4 | 80 °C | 1,3 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,4 | Nada a acrescentar |
| 5 | 80 °C | 1,4 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,4 | Nada a acrescentar |
| 6 | 80 °C | 1,2 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,4 | Nada a acrescentar |
| 7 | 80 °C | 1,3 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,3 | Nada a acrescentar |
| 8 | 80 °C | 1,4 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,4 | Nada a acrescentar |
| 9 | 80 °C | 1,3 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,3 | Nada a acrescentar |
| 10 | 80 °C | 1,3 | Nada a acrescentar |
| | (20±5) °C | -0,3 | Nada a acrescentar |

Fonte: Guia para atendimento à Norma ABNT 15575/2020.

4.4 Vantagens e Desvantagens da Alvenaria Estrutural

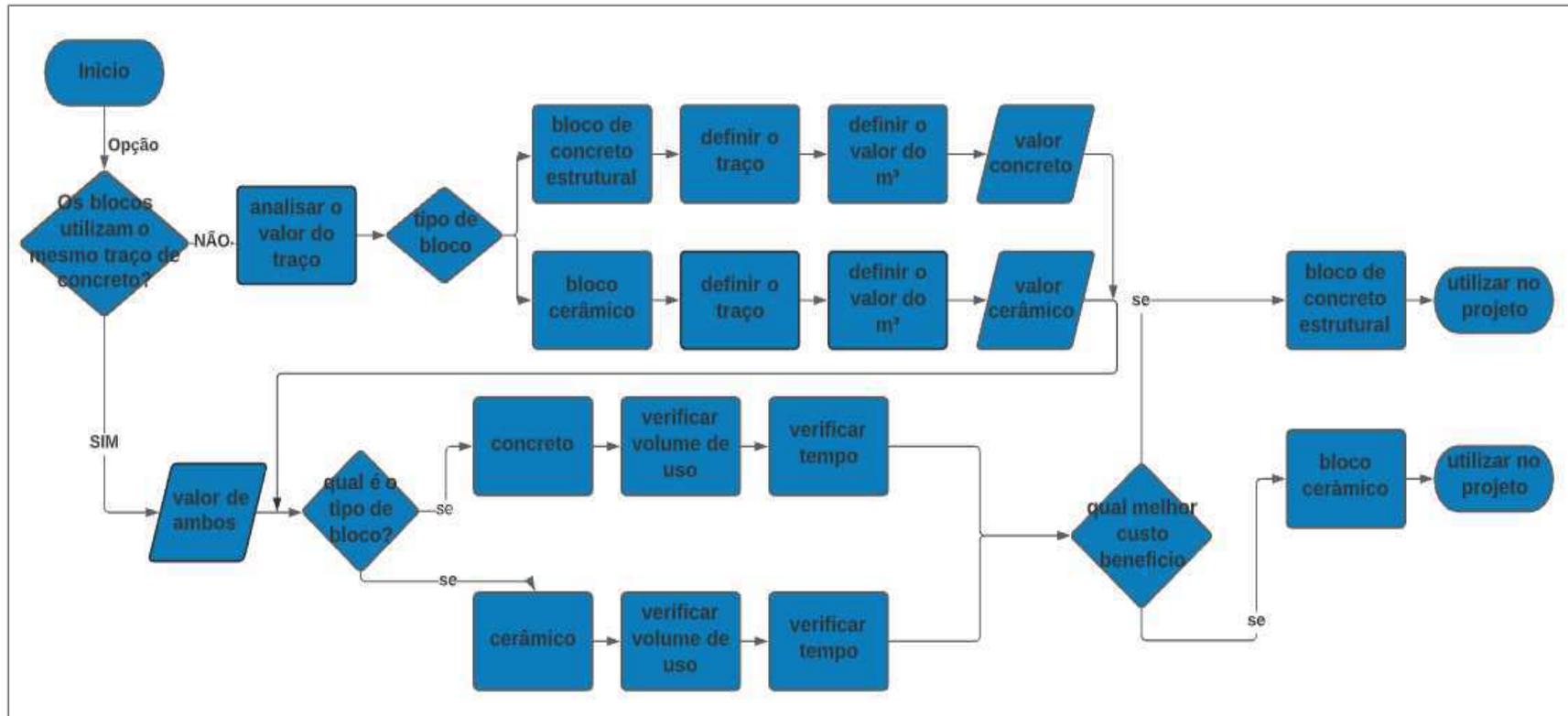
A literatura aborda que a utilização da alvenaria estrutural é um meio de economizar gastos durante uma construção, como é o caso de Pereira et al. (2014), onde abordam que, quando se compara, por exemplo, alvenaria estrutural com obras que utilizam estruturas de concreto armado, a alvenaria estrutural reduz também o tempo de execução, em que sua utilização diminui o número de mão de obra necessária e o desperdício de materiais. Os autores ainda afirmam que, existem algumas desvantagens na utilização de alvenaria

estrutural e entre elas podem ser citadas as fissuras que esse tipo de construção costuma apresentar além das restrições de possibilidades de mudanças não planejada.

Ainda em relação sobre o autor citado anteriormente, ao se pensar em blocos cerâmicos, os autores mostram que estes possuem menor peso, o que aumenta a velocidade da execução, e também possibilitam um conforto térmico três vezes melhor do que os blocos de concreto, além do fato, do baixo custo do produto, como pôde-se observar no item 4.2.

Além disso, Jacoby (2012) aborda em seu estudo sobre projeto estrutural de um edifício executado em concreto armado e em alvenaria estrutural com blocos de concreto, onde compara com outros tipos de projetos, afirma que, a economia gerada pela alvenaria estrutural com relação ao concreto, apontou uma economia em torno de 31%, outro fator é a utilização de aço que também foi reduzida em 37 %, com menores quantidades de forma e escoras e mão de obra, mostrando-se desfavorável apenas na comparação da execução da alvenaria, pois os blocos de concreto elevaram o orçamento em 126 %. Ao final do trabalho, o autor aponta uma economia de 12 % a favor da alvenaria estrutural, uma vez que, em um mercado altamente competitivo e exigente torna-se totalmente viável sua utilização. A nível de ilustração, a Figura 15 mostra um fluxograma com um processo de escolha na utilização e escolha entre o uso do bloco cerâmico ou, neste caso em específico, o de concreto estrutural. Na própria ilustração, mostra que, em cada fase, precisa de uma pergunta, e se a resposta for um “sim” ou “não” o fluxograma encaminha o responsável qual percurso e caminho seguir, até a fase final que é a utilização do projeto para a construção.

Figura 15– Uso de bloco cerâmico e bloco de concreto estrutural



Fonte: Fernandes et al., 2019.

Por fim, após realizar todo o estudo e, assim como qualquer modelo construtivo, a alvenaria estrutural tem seus prós e contras, devendo ser avaliada a sua utilização conforme as necessidades estipuladas. Dentre as vantagens para a utilização do sistema, Tauil (2010) destaca a otimização no canteiro de obras em termos de organização, a diminuição de consumo de materiais em obra, como madeira, concreto e aço.

Além disso, frisa-se o aumento na velocidade de construção, onde demonstra certa rapidez quando comparado a modelos convencionais de pilares, lajes e vigas, assim como, acrescenta ainda a redução na quantidade de operários responsáveis pela carpintaria e pelas armaduras. Há também contenção de gastos com revestimentos e desperdícios, uma vez que o controle de execução que a alvenaria propicia é superior a modelos alternativos (COSTA, 2011).

As desvantagens da alvenaria estrutural se dão em função das limitações de forma e medidas dos blocos estruturais, detalhe que prejudica diretamente na arquitetura almejada (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Costa (2011) relata em sua obra que o projeto arquitetônico é afetado diretamente pelo sistema, onde vãos, dimensões e arranjos arquitetônicos são completamente influenciados pela modulação.

A impossibilidade de furar essas paredes sem um controle cuidadoso, também condiciona e muito os projetos de instalações elétricas e hidráulicas. Por ser um sistema preciso e racionalizado, necessita de uma mão de obra treinada e apta para fazer uso de instrumentos adequados para sua execução (COSTA, 2011).

Um cuidado particular deve-se ter ao fato da impossibilidade de alternar a localização das paredes, evidenciando a falta de liberdade e privação em um momento futuro. Em casos de real necessidade de demolição de uma determinada parede, é básico a solicitação de uma análise de um profissional de engenharia, pois a possibilidade de desmoronamento nessas ocasiões está bem presente, visto que qualquer alteração pode comprometer a estrutura inteira (TAIUL, 2010).

Além das já citadas, de acordo com a literatura, existem diversas vantagens e desvantagens em relação a alvenaria estrutural. Na Tabela 17 verifica-se alguns desses trabalhos, listados em ordem cronológica, destacando as vantagens e desvantagens desse sistema construtivo.

Tabela 17– Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

| Vantagens | Desvantagens |
|--|---|
| Combinação de duas funções em uma, a alvenaria além de realizar a vedação, também promove a estruturação do sistema (SABBATINI, 1984); | Impossibilidade de remoção de paredes, engessando futuras modificações na construção (RAMALHO; CORRÊA, 2003); |
| Economia de material e mão-de-obra (SABBATINI, 1984); | Não pode ser feita alteração na construção sem a compatibilização dos projetos complementares, pois pode comprometer a resistência da alvenaria estrutural (RAMALHO; CORRÊA, 2003); |
| Redução dos desperdícios de material (COÊLHO, 1998); | Para garantir sua função estrutural é necessária uma criteriosa fiscalização (SILVA, 2011); |
| Diminuição do uso de chapisco e emboço, visto que o gesso pode ser aplicado diretamente sobre os blocos (RAMALHO; CORRÊA, 2003); | É um sistema que requer mão de obra especializada (RODRIGUES, 2018); |
| Redução de funcionários na área de montagem de armaduras e carpintaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003); | Não é um sistema que pode ser utilizado em qualquer projeto, já que as possibilidades são limitadas de acordo como padrão dos blocos (RODRIGUES, 2018); |
| Redução no uso de formas de madeira, comparando com sistemas construtivos convencionais (RAMALHO; CORRÊA, 2003); | É um sistema de construção que não permite alterações e futuras reformas (RODRIGUES, 2018). |
| É um sistema de construção formado por paredes e lajes. Neste sistema não existe pilares e vigas, sendo assim, as paredes possuem como objetivo absorver toda a carga da edificação (RODRIGUES, 2018); | |

É um sistema construtivo que otimiza o tempo de execução, diminui os gastos e as atividades desnecessárias (RODRIGUES, 2018);

O custo de execução deste sistema é menor, podendo gerar uma economia de até 15% comparando-se ao sistema de Alvenaria Convencional (RODRIGUES, 2018);

Maior organização no canteiro de obras (BUENO; MELO, 2020).

Fonte: Autor, 2021.

Ao analisar a Tabela 17, nota-se que as vantagens quanto à alvenaria estrutural são bem superiores às desvantagens, ainda mais do ponto de vista econômico. Quanto os projetos, é sabido que um projeto é a etapa mais importante para qualquer construção e obviamente para o sistema de alvenaria estrutural não é diferente, pois é neste momento que detalhes importantes são definidos no processo construtivo (BUENO; MELO, 2020).

Os mesmos autores ainda abordam que o projeto deve estar adequado para que o posicionamento das paredes seja mantido a cada pavimento e com isso as cargas sejam transmitidas de forma descendente (parede superior para a inferior). Outro ponto importante que deve ser considerado é a compatibilização entre os projetos arquitetônicos e complementares.

Para Roman et al. (1999) o uso de modulação coordenada pode trazer muitos ganhos na produtividade, cerca de 10%. Essa modulação deve ocorrer nos dois sentidos, vertical e horizontal. Essa modulação pode ser vista quanto a paginação do projeto, no seu detalhamento de todas as paredes, representando-se desta forma, os vãos das esquadrias, juntamente com os eletrodutos e caixas de passagem.

Já para Prudêncio Junior (2003) outro fator importante, são as medidas internas das peças, sendo que devem ter a dimensão de tal modo que os blocos sejam múltiplos, havendo assim coordenações modulares. Essa modulação segundo Coêlho (1998) deve ser total, para que haja otimização da utilização dos produtos e com isso a redução dos custos.

5. CONCLUSÕES

Com o levantamento das fábricas de blocos cerâmicos e de concreto no Brasil podemos observar que a maior concentração de fábricas, para ambos os materiais, é nas regiões Sul e Sudeste, já na região Norte é notável uma ausência de fábricas.

De acordo com o levantamento feito a quantidade de fábricas qualificadas de blocos cerâmicos estruturais vem ganhando espaço no mercado onde de 2017 a 2021, houve um aumento de 43 fábricas e já as de blocos de concreto estruturais nesse mesmo intervalo teve um aumento de 22, mesmo com esse aumento das fábricas de blocos cerâmicos estruturais as de concreto estruturais lideram o mercado.

Com o aumento do número de empresas qualificadas em diferentes estados, tem-se um impacto positivo no mercado, devido o barateamento dos valores dos blocos, incentivando cada vez mais a aplicação da alvenaria estrutural como sistema de construção civil.

Os valores encontrados tanto pela literatura, quanto no presente trabalho, em relação ao custo-benefício, mostra que os blocos cerâmicos saem com menor preço de custo unitário, sendo mais viável economicamente.

A partir das comparações entre os blocos de concreto e os cerâmicos, pôde-se observar que os cerâmicos possuem mais vantagens, sendo um ótimo material para ser utilizado na alvenaria estrutural, além de possuir menor custo.

Em relação a análise de desempenho, os ensaios com blocos cerâmicos estruturais e blocos de concreto estruturais, das empresas estudadas, atenderam aos requisitos da norma de desempenho ABNT NBR 15575/2021.

A partir dos ensaios de desempenho térmico os blocos cerâmicos estruturais obtiveram um melhor desempenho quanto à transmitância térmica em relação aos blocos de concreto estruturais.

Os ensaios de segurança contra incêndio com os blocos cerâmicos estruturais alcançaram um melhor desempenho do que os ensaios com blocos de concreto estruturais, ressaltando que os dois métodos atingiram os requisitos da norma de desempenho ABNT NBR 15575/2021.

Conforme estudos realizados em comparação com os sistemas com a utilização dos blocos de concreto estruturais e os cerâmicos estruturais, os ensaios dos blocos cerâmicos mostraram se melhores para a sua utilização na construção civil, podendo garantir mais conforto e segurança.

A alvenaria estrutural por sua vez é um método que vem ganhando o mercado onde suas vantagens são bem superiores às desvantagens.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **ABCP, ABESC e IBTS lançam Ativos em Paredes de Concreto**. 2010. Disponível em:<<https://abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/abcp-abesc-e-ibts-lancam-ativos-em-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 12 Junho 2021.

ABNT NBR 15575. **Desempenho de sistemas de vedações verticais internas e externas com blocos Cerâmica Roque, em relação aos requisitos e critérios de desempenho da ABNT NBR 15575**. Cerâmica Roque. Habitacionais, desempenho. 2013.

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria Estrutural**. 1998. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_KristianeMattarAccetti.pdf>. Acesso em: 20 maio de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14432: **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-2: **Componentes cerâmicos – blocos e tijolos para alvenaria – Parte 2: Métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-2: **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os Sistemas Estruturais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais internas e externas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

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

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

BAND. **Quase 28 mil visitam Coliseu em dia gratuito**. Band notícias, 06 de julho de 2014. Disponível em: <https://noticias.band.uol.com.br/noticias/100000693624/quase28milvisitamcoliseuemdiagratico.html> Acesso em: 10 maio. 2021.

BARBOSA, E. M. L. Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall. **Revista Especialize On-line IPOG**, e. 10. 2015.

BASSO, O. L. A. P.; SANTOS, G. M. S. **Qualidade na construção civil com enfoque no processo construtivo de alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto**. Engenharia Civil - Pedra Branca, 2020.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, v.2. 1994.

BLIND, A. H. **Avaliação da situação da alvenaria estrutural no Brasil**. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

BOL. **17 curiosidades sobre a grande Muralha da China**. Bol notícias, 09 de maio de 2017. Disponível em: <https://noticias.bol.uol.com.br/bol-listas/17-curiosidadessobre-a-grande-muralha-da-china.htm> Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Programa Setorial da Qualidade. **PSQ de Blocos Vazados de Concreto com Função Estrutural e Peças de Concreto para Pavimentação**. 2015 b. Disponível em:< PBQP-H (mdr.gov.br)>. Acesso em: 15 Junho 2021.

BUENO, H. B.; MELO, F. P. **Análises de custo entre alvenaria estrutural e estrutura pré-moldada de concreto**. 2020. Disponível em: < <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1317/1/Hudson%20Ribeiro%20Bueno.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BUSI, T. P. **Análise comparativa de edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**: geometria em planta baixa mais recomendada. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. **CO₂ emissions related to building materials transportation in Brazil: comparative study on structural ceramic and concrete bricks**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91-108. 2017.

CAMACHO, J. S. **Projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. Notas de aula. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Paulista, 2006.

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural tão antiga e tão atual**. 2009. Disponível em: <https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf> Acesso em: 06 de Junho de 2021.

CERÂMICA CITY. **Manual de desempenho do sistema de alvenaria de blocos cerâmicos**. 2019. Disponível em: <https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Manual_de_Desempenho_City_2019_V002b.pdf>. Acesso em: 16 de Junho 2021.

CHVATAL, K. M. S. **Evaluation of NBR 15575 simplified procedure for determining the thermal performance level of dwellings**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014.

COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. São Luis: Editora da UEMA, 1998.

COIMBRA, E. T. S.; OLIVEIRA, V. W. S. N. **Comparativo de custos para alvenaria entre bloco cerâmico e bloco de gesso para casa popular**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) do Curso bacharel em Engenharia Civil da Universidade Católica de Brasília. 2017.

CORSINI, R. **Paredes Normatizadas**. Revista Técnica, São Paulo: Pini, n. 183, dez. 2011.

COSTA, R. Y. **Dimensionamento da mão de obra na execução de edifícios em alvenaria estrutural**, 2011.

DELLATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional**. Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. RS: Santa Maria. 25-40p. 2015.

DESEMPENHO. **Sistemas de Alvenaria com Blocos cerâmicos Pauluzzi**. Pauluzzi Blocos cerâmicos. 2017.

FERNANDES, A. L.B.; NOBRE, C. S.; BEZERRA, F. O.; SIMOES, G.; COSTA, I. I.; PIOVESAN, J.; MEDEIROS, J. R.; SOUZA, P. G. O. S.; RODRIGUES, P. R. G. S.; OLIVEIRA, S. L.; FERNANDES JUNIOR, S. A.; OLIVEIRA, V. H. P. **Estudo comparativo sobre o uso de bloco de concreto Estrutural com o bloco cerâmico**. Diálogos: Economia e Sociedade, Porto Velho, v. n.1, p. 50-60. 2019.

GARCIA, B. R. G.; RODRIGUES, E. A.; SANTOS, J. M. A.; QUEIJA, R. C. Structural masonry, constructive systems and their differences for conventional masonry. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, SP, v. 04, n. 01, p. 32-46. 2018.

GARCIA, Bruno Rafael Godoi et al. ALVENARIA ESTRUTURAL, SISTEMAS CONSTRUTIVOS E SUAS DIFERENÇAS PARA A ALVENARIA CONVENCIONAL. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 4, n. 1, 2019.

GONÇALVES, M. F. **Estudo comparativo entre blocos cerâmicos, blocos de concreto e blocos solo-cimento para execução de alvenaria**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) pela Universidade Regional do Cariri – URCA, 2016.

GUIA PARA ATENDIMENTO À NORMA ABNT 15575 – **Manual de Desempenho: Alvenaria com Blocos de Concreto**. Associação Bloco Brasil. ed. 5. 2020.

HENDRY, A. W. **Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe**. Prog. Struct. Eng. Mater., Edinburgh, v.4, p.291-300, 2002.

IBRACON. **Sistemas construtivos paredes de concreto, alvenaria estrutural e pré-fabricados de concreto**. 2018. Disponível em: http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/pdfs/revista90.pdf. Acesso em 14 de Agosto 2021.

IZQUIERDO, O. S. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). UFPR, Departamento de Construção civil. São Carlos- SP. 2015.

JACOBY, P. C. **Comparação de custos de um edifício residencial executado em alvenaria estrutural e em concreto armado**. 2021. 18f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) do Curso de engenharia civil da Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2012.

LACERDA, B. M.; PEREIRA, A. G. **Análise comparativa de sistema de alvenaria bloco cerâmico x bloco vazado de concreto**. Revista de Engenharia e Tecnologia. v. 9. Ed.3. p. 234-251. 2017.

LIMA, L. R. M. **Análise comparativa de custos entre alvenaria estrutural utilizando blocos cerâmicos ou de concreto aplicado a um empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Norte – UNINORTE. 2018.

LIMAA, T. E. S. **Influência do tipo de argamassamento na resistência à compressão de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Dissertação (Mestrado) pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e tecnologia. 2019.

LODI, P. C.; BUENO, B. S.; VILAR, O. M. **The effects of weathering exposure on the physical, mechanical, and thermal properties of high-density polyethylene and poly (vinyl chloride)**. Materials Research, v. 16, p. 1331-1335, 2013.

MATCONSUPPLY. **Sistema Construtivo de Alvenaria Armada**. 2018. Disponível em: <http://matconsupply.com.br/sistema-construtivo-alvenaria-armada/>
<http://matconsupply.com.br/diferenca-entre-construcao-convencional-e-alvenaria-estrutural-fibras-de-aco/>. Acesso em: 25 Agosto 2021.

MAZER, W. **Alvenaria Estrutural**: Notas de Aula. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural**. Materiais, projeto e desempenho. Página 22. Editora Blucher, 2014. Disponível em: <https://issuu.com/editorablucher/docs/issuouk-peq/9> Acesso em: 09 de Maio 2021.

MOHAMAD, G.; BAVASTRI, E. Y. N.; KIRCHHOF, L. D.; RIZZATTI, E.; JANTSCH, A. C. A. **Desenvolvimento de uma nova concepção geométrica para blocos de concretos não modulares para alvenaria estrutural.** Ambiente Construído, v.15, n.2, Porto Alegre, abr/jun 2015. p.127-152.

PAZINI, E. Z.; RODRIGUES, P. C. **Sistemas e componentes construtivos da alvenaria estrutural.** XIX Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. 2014.

PENTEADO, P. T; MARINHO, R. C. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: Solo-Cimento, Alvenaria Convencional e Alvenaria Estrutural.** 2011. 64 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

PEREIRA, F. J. G.; SILVA, P. C. F. T.; CONRADO, P. B. C.; PEIXOTO JUNIOR, C. A.; VECCHIO, R. C. **Gestão da qualidade: a importância do programa setorial de qualidade (PSQ) como etapa para implantação da ISO e qualificação de uma indústria de argamassas cearense.** Revista Caribeña de Ciencias Sociales. v.1. 2019.

PINHEIRO, G. S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e pré-dimensionamento.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro. 2018.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e a vida útil das edificações: Abordagem Geral.** Revista Técnico-Científica do CREA-PR. 2013.

RAMALHO, M. A.; CORREA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** 1. ed. São Paulo: PINI, 2003.

RODRIGUES, J. C. **Alvenaria estrutural e sistema construtivo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) do Curso de Engenharia Civil da FAEX Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema. 2018.

RODRIGUES, M de L.; **Ganhos na construção com a adoção da alvenaria com blocos cerâmicos modulares.** Rio de Janeiro, 2013, 81p. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

ROMAN, F. A. P.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H.N. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

ROMAN, Parizotto Filho. **Manual de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos,** 1996. Disponível em:< <https://www.docsity.com/pt/manual-alvenaria-estrutural/4796410/#>> Acesso em: 09 julho 2021.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa econômica Federal.** Caixa econômica Federal, Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. 2003.

SABBATINI, F. H. **O Processo Construtivo de Edifícios de Alvenaria Estrutural Sílico-Calcária.** Tese de mestrado, USP, São Paulo. 1984.

SABBATINI, H. F. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos:** formulação e aplicação de uma metodologia, 1989.

SACOMANO J. B., GUERRINI F. M., SANTOS M. T. S., et al. **Administração de Produção na Construção Civil – Vol. 1.** O Gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos. Edição: 1, Editora: Arte e Ciência, São Paulo, 2004.

SALOMAO, P. E. A.; SOARES, A. D. A.; LORENTZ, L. P. A.; PAULA, L. T. G. **Conventional masonry and light steel framing comparative analysis: a case study in unifammary residence in Teófilo Otoni, MG.** Research, Society and Development, vol. 8, n. 9, p. 01-26, 2019.

SANTOS, F.; HIPPERT, M. A. **O impacto da norma de desempenho no processo de projeto.** Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2016.

SILVA, F. J. G.; PINTO, I. C. M. S.; FERREIRA, R. L. S.; AGUIAR, S. C. M. D. **Comparative analysis of the thermal behavior of masonry constructions: raw ground x ceramic blocks.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 8810-8825. 2021.

SILVA, F.B. **Paredes de concreto armado moldadas in loco.** Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 19, n. 167, fev. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo286799-1.aspx>>. Acesso em: 13 junho 2021.

SOARES, S. M. B. Alvenaria Estrutural. **Apostila Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2011.

SOARES, S. M. B. **Alvenaria Estrutural.** PUCRS. 2011. Disponível em: https://www.politecnica.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Alvenaria_Estrutural/Alvenaria_1_NOVA_VERSAO.pdf>. Acesso em: 15 agosto 2021.

SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J. S. **Energia Incorporada em Habitações de Interesse Social na Fase de Pré-Uso:** o caso do programa minha casa minha vida no Brasil. Oculum Ensaios. Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 11, n.1, p. 40-49. 2014.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural.** 1ª ed. São Paulo, PINI, 2010. 183 p.

TECNOSIL, **Paredes de concreto moldadas in loco: o que são e por que usá-las na sua obra?** 2018. Disponível em: <[68](https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/#:~:text=Na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%20paredes%20de.est%C3%A1%20sendo%20trabalhada%20a%20constru%C3%A7%C3%A3o.&text=No%20sistema%20as%20paredes%20s%C3%A3o, trabalho%20o%20que%20gera%20economia.>> Acesso em: 10 de maio de 2021.</p></div><div data-bbox=)