CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO –
UNDB
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIELLE CRISTINA DOS SANTOS LISBOA

**ESTUDO DO DESEMPENHO, DA GEOMETRIA E DA CAPACIDADE DE
ABSORÇÃO DE ÁGUA DE BLOCOS CERÂMICOS:** Estudo de Caso de Blocos de
Vedação comercializados no Estado do Maranhão

**São Luís
2019**

DANIELLE CRISTINA DOS SANTOS LISBOA

**ESTUDO DO DESEMPENHO, DA GEOMETRIA E DA CAPACIDADE DE
ABSORÇÃO DE ÁGUA DE BLOCOS CERÂMICOS:** Estudo de Caso de Blocos de
Vedação comercializados no Estado do Maranhão

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Esp. Fabrício da Silva Cordeiro

São Luís

2019

Lisboa, Danielle Cristina dos Santos

Estudo do desempenho, da geometria e da capacidade de absorção de água de blocos cerâmicos: Estudo de Caso de Blocos de Vedação comercializados no Estado do Maranhão. / Danielle Cristina dos Santos Lisboa. __ São Luís, 2019. 80 f.

Orientador (a): Prof. Esp. Fabrício da Silva Cordeiro
Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, 2019.

CDU

DANIELLE CRISTINA DOS SANTOS LISBOA

**ESTUDO DO DESEMPENHO, DA GEOMETRIA E DA CAPACIDADE DE
ABSORÇÃO DE ÁGUA DE BLOCOS CERÂMICOS:** Estudo de Caso de Blocos de
Vedação comercializados no Estado do Maranhão

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador (a): Prof. Esp. Fabrício da Silva Cordeiro

Aprovada em 18/06/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Fabrício da Silva Cordeiro (Orientador)
Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB

Prof. Esp Ricardo Alberto Barros Aguado
Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

Prof. Esp Yuri Leandro Abas Frazao
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por todas as graças a mim concebidas e assim poder ter oportunidade de estudar e conseguir meu ensino superior.

Agradeço à minha avó Antônia Moraes de Alencar, que apesar de 8 anos falecido sempre esteve me acompanhando do céu e assim me dando forças para conquistar meus sonhos.

Agradeço aos meus avós Marina Moraes e Joacy Lisboa, que sempre me apoiaram nessa jornada.

Agradeço à meu namorado Lucas Nadler Rocha, durante todo o curso esteve ao meu lado me apoiando em todas as decisões e passando as dificuldades junto a mim.

Deixo meus agradecimentos ao meu orientador Fabrício Cordeiro e a professora Renata Muller que sempre me auxiliaram ao máximo com o compartilhamento de seus conhecimentos.

Agradeço aos proprietários das empresas que me cederam os blocos cerâmicos e forneceram todas as informações possíveis para a complementação do projeto.

Agradeço ao laboratorista Carlos que me auxiliou na execução dos ensaios ajudando em todas as etapas.

Meus agradecimentos ao meu grande amigo Matheus Góes que ao longo dessa jornada me ajudou bastante.

RESUMO

A utilização de blocos cerâmicos na construção civil é importante para a execução de alvenarias seja esta de vedação ou alvenaria estrutural. A qualidade desses blocos é um fator importante a ser analisado o seu processo de fabricação por mais que tenha se aperfeiçoado e modificado ao longo dos anos, ainda precisa ser aprimorado de forma a evitar patologias como trincas e fissuras. Com esse intuito foi realizado um estudo em duas cerâmicas no Estado do Maranhão para avaliar como essas empresas controlam a qualidade desses blocos verificando possíveis erros no seu processo produtivo, observando a estocagem da matéria-prima, o forno utilizado para a produção e como esses blocos são armazenados, recolheu-se algumas amostras para análise das características geométricas, índice de absorção e resistência a compressão. O trabalho foi baseado na NBR 15270 que estabelece os ensaios para blocos cerâmicos, dos lotes analisados apenas algumas amostras cumprem os pré-requisitos estabelecidos pela norma sendo necessário um maior controle no processo produtivo.

Palavras-chave: Blocos, Geometria, Resistência

ABSTRACT

The use of ceramic blocks in civil construction is important for the execution of masonry whether it is structural fence or masonry. The quality of these blocks is an important factor to be analyzed in the manufacturing process, although it has been perfected and modified over the years, still needs to be improved in order to avoid pathologies such as cracks and cracks. A study was carried out in two ceramics in the state of Maranhão to evaluate how these companies control the quality of these blocks, verifying possible errors in their production process, observing the stocking of the raw material, the furnace used for the production and how these blocks are stored, some samples were collected for analysis of the geometric characteristics, absorption index and compressive strength. The work was based on the NBR 15270 that establishes the tests for ceramic blocks, of the analyzed batches only some samples fulfill the prerequisites established by the norm and a greater control in the productive process is required.

Key words: Blocks, Geometry, Resistance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação da capacidade térmica com temperatura para vários materiais cerâmicos policristalinos	20
Figura 2 - Imagens de Blocos Cerâmicos	24
Figura 3 - Forno tipo Hoffman	30
Figura 4 - Forno tipo Túnel	31
Figura 5 - Execução do ensaio para determinar as medidas as dimensões	39
Figura 6 - Posição de medição da espessura das paredes externas e dos septos	39
Figura 7 - Compressão Axial de blocos ou tijolos	41
Figura 8 - Identificação empresa T	43
Figura 9 - Identificação empresa C	43
Figura 10 - Medidas retiradas com o paquímetro	44
Figura 11 - Medidas retiradas das paredes externas e dos septos	49
Figura 12 - Amostras submersas em água	49
Figura 13 - Amostras sendo pesadas	49
Figura 14 - Blocos capeados com argamassa	53
Figura 15 - Blocos submersos em água	53
Figura 16 - Rompimento das amostras	53
Figura 17 - Argila depositada a céu aberto na cerâmica T	55
Figura 18 - Caixa alimentador da empresa C	56
Figura 19 – Misturador da empresa C e T respectivamente	57
Figura 20 - Argila sendo transportada por correia	57
Figura 21 - Extrusora da empresa C	58
Figura 22 - Cortador da empresa C	59
Figura 23 - Processo de secagem da empresa C	59
Figura 24 - Forno tipo Hoffman empresa C	60
Figura 25 - Blocos empilhados cerâmica T	61
Figura 26 - Sensor de temperatura para forno	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comprimento das duas faces da empresa C	63
Gráfico 2 - Comprimento das duas faces da empresa T	64
Gráfico 3 - Largura das duas faces da empresa C	65
Gráfico 4 - Largura das duas faces da empresa T	66
Gráfico 5 – Altura das duas faces da empresa C	67
Gráfico 6 - Altura das duas faces da empresa T	67
Gráfico 7 - Porcentagem de área líquida de blocos cerâmicos da empresa C	69
Gráfico 8 - Porcentagem de área líquida de blocos cerâmicos da empresa T	70
Gráfico 9 - Índice de Absorção de Água da empresa C	70
Gráfico 10 - Índice de Absorção de Água da empresa T	71
Gráfico 11 - Resistência a compressão da empresa C	72
Gráfico 12 - Resistência a compressão da empresa T	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões de comprimento das faces dos blocos da empresa C	44
Tabela 2 - Dimensões da largura dos blocos da empresa C	45
Tabela 3 - Dimensões da altura dos blocos da empresa C	45
Tabela 4 - Dimensões de comprimento das duas faces dos blocos da empresa T ..	46
Tabela 5 - Dimensões da largura dos blocos da empresa T	47
Tabela 6 - Dimensões das alturas dos blocos da empresa T	47
Tabela 7 - Área Bruta dos blocos da empresa T e C	48
Tabela 8 - Valores de Área Líquida da empresa C.....	50
Tabela 9 - Valores de Área Líquida da empresa T	50
Tabela 10 - Percentual de Área Líquida da empresa C e T	51
Tabela 11 - Índices de Absorção de Água da empresa C	52
Tabela 12 - Índices de Absorção de Água da empresa T	52
Tabela 13 - Valores de resistência a compressão individual (f_{bk}) da empresa C.....	54
Tabela 14 - Valores de resistência a compressão individual (f_{bk}) da empresa T	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de secagem e principais vantagens e desvantagens	27
Quadro 2 - Tipos de fornos intermitentes e contínuos e suas principais vantagens e desvantagens	32
Quadro 3 - Dimensões nominais de blocos de vedação –VED	37
Quadro 4 - Tolerâncias dimensionais	39
Quadro 5 - Análise Visual das duas empresas	62
Quadro 6 - Medidas das paredes externas e dos septos da empresa C	68
Quadro 7 - Medidas das paredes externas e dos septos da empresa T	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problema/Hipóteses	16
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Geral	18
1.3.2	Específico	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Materiais Cerâmicos	19
2.1.1	Propriedade dos Materiais Cerâmicos	19
2.2	Blocos	21
2.2.1	Bloco de Concreto	21
2.2.2	Bloco de Tijolo de Solo-Cimento	22
2.2.2	Bloco Autoclavado	22
2.3	Blocos Cerâmicos	22
2.3.1	Composição dos Blocos Cerâmicos	23
2.3.2	Tipos de Blocos Cerâmicos	23
2.4	Processo de Fabricação de Blocos Cerâmicos	24
2.4.1	Extração da Argila	24
2.4.2	Processo de Moldagem	25
2.4.3	Processo de Secagem	26
2.4.4	Processo de Queima	28
2.4.5	Tipos de Fornos	29
2.4.6	Vantagens e Desvantagens de Fornos Intermitentes e contínuos	31
2.4.7	Transporte e Acondicionamento	32
2.5	Controle de Qualidade	33
2.5.1	Principais patologias em Blocos Cerâmicos	34
2.5.2	Principais Defeitos em Blocos	35
2.5.3	O efeito coração negro	36
2.6	NBR 15270- Componentes de Blocos Cerâmicos	36
2.6.1	Análise das características visuais	37
2.6.2	Características Geométricas	37

2.6.3	Determinação das características geométricas	38
2.6.4	Determinação da área bruta e área líquida	40
2.6.5	Índice de Absorção de Água	40
2.6.7	Ensaio de Resistência à compressão.....	41
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1	Tipo de Pesquisa	42
3.2	Coleta de Dados	42
3.3	Materiais	42
3.3.1	Análise Visual	43
3.3.2	Determinação da Altura, Largura e Comprimento	43
3.3.3	Determinação da Área Bruta	48
3.3.4	Medidas dos septos e paredes externas	48
3.3.5	Determinação da área líquida	49
3.3.6	Índice de Absorção de Água	51
3.3.7	Determinação da Resistência à Compressão	52
3.4	Descrição do processo de fabricação das empresas	55
3.4.1	Extração da Matéria-prima.....	55
3.4.2	Caixão Alimentador	56
3.4.3	Misturador	56
3.4.4	Laminador.....	57
3.4.5	Extrusora	58
3.4.6	Corte e Acabamento.....	58
3.4.7	Secagem.....	59
3.4.8	Queima	60
3.4.9	Armazenamento e Transporte	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1	Análise Visual	61
4.2	Análise das Dimensões	62
4.2.1	Largura	64
4.2.2	Altura	66
4.2.3	Paredes Externa e Septos.....	68
4.3	Análise da Área Líquida	69
4.4	Análise Índice de Absorção de Água	70
4.5	Análise do Ensaio de Resistência a compressão	71

5	Análise do processo de fabricação	73
5.1	Matéria-prima	73
5.2	Laminador e Cortador	73
5.3	Forno	73
6	CONCLUSÃO	75
6.1	Sugestões de Trabalhos Futuros	76
	REFERÊNCIAS	77

1. INTRODUÇÃO

No setor da construção civil atual a busca de materiais que consumam o mínimo de recursos possíveis e que não acarretem tantos resíduos sólidos e que reduzam a extração da matéria-prima de forma desenfreada são requisitos básicos na hora de fabricar qualquer produto. No geral os materiais mais comuns na construção civil são metálicos, cerâmicos e poliméricos, cada um possuindo características e vantagens específicas, onde na realidade brasileira a produção de materiais cerâmicos é mais corriqueiro, devido a facilidade no seu processo de produção fazendo com que algumas empresas deixem a desejar na qualidade da mesma.

De acordo com esse cenário as indústrias que fabricam materiais cerâmicos como bloco de vedação que é um material bastante utilizado para execução de alvenaria na construção civil, que é constituído de argila vermelha, seu processo de fabricação tem sido um grande desafio no setor cerâmico brasileiro, pois além de se extrair bastante argila para a sua fabricação, há a necessidade de realizar estudos que amenizem os impactos e auxiliem os ceramistas na hora de fabricar seu produto de qualidade com certificação.

A indústria cerâmica é um setor bastante diversificado que possui diversas empresas espalhadas no país, pois há uma abundância em matéria-prima natural, com um consumo elevado de matéria-prima e energia térmica, sendo um setor importante para a economia do país, com atuação em 1% do PIB, sendo presente no mercado internacional com expansão para importação, é um ramo que possui mais de 6.903 empresas em sua maioria de pequeno porte localizadas em todas as regiões do País, e de acordo com o relatório emitido pela Associação Nacional da Indústria Cerâmica que é o órgão responsável por mais de 90% das alvenarias, relata um faturamento anual nesse setor e de dezoito milhões por ano (ISHIDA et al, 2018). Nota-se que por conta do impacto que esse setor gera é necessário realizar um estudo a fim de analisar a qualidade da produção desde a extração até o produto final.

Existem outros órgãos que dão suporte ao ceramista temos a Associação Nacional da Indústria Cerâmica, que fornece o selo de certificação do Programa Setorial de Qualidade da Cerâmica Vermelha o PSQ, uma forma de incentivar o ceramista a se regularizar na fabricação além de criar parcerias entre os ceramistas e os órgãos governamentais. O instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia,

também realizar ensaios para verificar se os produtos estão de acordo com os requisitos da norma. Com essas entidades e com estudos voltados para esse setor tanto o consumidor como o fabricante ganham com o controle de qualidade, podendo fabricar um produto com excelência e com os padrões estabelecidos pela norma.

O setor cerâmico brasileiro é o mais antigo do país, a forma de fabricação dos blocos na maioria das empresas ainda é arcaica, principalmente na região nordeste, desde a retirada da argila das jazidas, passando pelo processo de moldagem, secagem, queima e esfriamento. Os tipos de fornos a serem utilizados são processos que influenciam na qualidade do bloco, nessas etapas são essenciais estudos que amenizem os impactos nesse setor. A primeira coisa que o construtor deve escolher na hora de comprar os blocos é verificar se a empresa possui algum tipo de certificação, se a mesma possui selo de qualificação. A associação brasileira e normas técnicas a NBR -15270, estabelece os pré-requisitos básicos e os ensaios qualitativos para os blocos cerâmicos, orientando com relação a dimensão dos blocos, a resistência, a absorção de água e fatores como eflorescência.

1.1 Problema/Hipóteses

Problemas são encontrados em alvenaria de vedação como por exemplo trincas e fissuras, apesar dos blocos de vedação serem estimados para resistir ao seu próprio peso, esses problemas são ligeiramente comuns. Devido à falta de um controle de qualidade que acontece na etapa do processo produtivo desses blocos, estes podem apresentar problemas de aderência com a argamassa de assentamento além da resistência a compressão está abaixo da solicitada pela norma.

Na maioria das olarias os blocos são fabricados de forma empírica podendo apresentar características geométricas deformadas, no qual estas podem estar relacionadas com os processos de queima e secagem das peças correndo o risco de o consumidor final receber um produto de má qualidade.

Diante do exposto: Os blocos produzidos pelas empresas estudadas possuem a qualidade do tijolo requerido pela norma?

- a) Ao verificar as empresas estudadas serão encontrados problemas na etapa de produção.

- b) Ao ser analisados os tijolos das duas empresas se notara problemas nas características, geométricas e no desempenho de acordo com a norma.

1.2 Justificativa

Com o avanço da construção civil há a necessidade de materiais que proporcionem ganho de produtividade e que não apresentem patologias. E para que isso aconteça é necessário um controle de qualidade no processo de fabricação desses materiais.

Os materiais cerâmicos, como os tijolos, ainda são muitos utilizados devido a seu baixo custo e seu conforto térmico e acústico. O tijolo cerâmico possui uma técnica simplificada exercendo um papel de sustentação. O seu processo de fabricação exige que este respeite as exigências estipuladas pela a norma estabelecida para blocos cerâmicos.

Para empresas que pretendem certificar seus produtos é necessário realizar uma análise em laboratório desses blocos para avaliar parâmetros como homogeneidade, dimensões e resistência, com o intuito de evitar desperdícios de materiais dentro da obra visando uma construção sustentável com um material de qualidade.

Além disso o consumidor que utiliza blocos certificados podem realizar uma rastreabilidade do produto, pois com o número no lote gravado no bloco é possível identificar a resistência que o bloco possui, o fabricante se beneficia adquirindo o selo de certificação de qualidade pois o mesmo pode fazer parcerias com a Caixa Econômica Federal entre outros órgãos.

O uso dos blocos cerâmicos impacta no custo final da obra tornando extremamente menor, já que na questão de logística de transporte um caminhão poderá transportar mais metros quadrados de alvenaria, reduzindo o valor do frete. No ambiente interior da obra o transporte também se torna mais fácil pois o material é leve reduzindo o número de viagens.

Os ensaios exercem um papel fundamental para fazer a correção em algum tipo de deficiência que o bloco possua, aumento a produtividade na empresa e gerando um produto de boa qualidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar o desempenho, geometria e a capacidade de absorção de água de blocos cerâmicos de vedação comercializados no Estado do Maranhão.

1.3.2 Específico

- a) Realizar os ensaios de compressão, absorção de água, massa úmida e as dimensões com intuito de determinar as características físicas, geométrica e mecânica de cada bloco;
- b) Verificar se estes blocos apresentam condições para a sua aplicabilidade na execução de alvenaria, verificando a área bruta e área líquida;
- c) Avaliar os problemas com alvenaria de vedação que não possuem um controle tecnológico;
- d) Sugerir soluções para os problemas encontrados nos blocos cerâmicos.

O trabalho está dividido em capítulos, onde a introdução se dá toda uma contextualização geral acerca do tema estudado onde terá a justificativa, problema, hipóteses e objetivos.

O segundo capítulo é o referencial teórico onde abordará todo o embasamento teórico do conteúdo a ser estudado, conceituando os materiais cerâmicos, determinando suas propriedades, os tipos de blocos cerâmicos estabelecendo seu processo de fabricação que vai desde a etapa da extração da argila até os tipos de fornos, apresentando a importância do controle de qualidade e a norma que estabelece esse controle.

O terceiro capítulo é o de materiais e métodos onde é feita a explanação de quais são os ensaios nos blocos cerâmicos, como ensaio de geometria, absorção e desempenho.

O quarto capítulo é onde será mostrado os resultados da comparação do desempenho dos blocos ensaiados das duas empresas e organizados de forma gráfica para mostrar qual bloco obteve melhor resultado e com isso oferecer as devidas soluções embasadas. E por último, mostrada a conclusão do estudo e as referências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Materiais Cerâmicos

Para Bauer (2013, p. 526). " Chama-se cerâmica á pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozedura de argilas ou de misturas contendo argilas. "

De acordo com o autor considera cerâmica toda pedra artificial que passa pelo processo de modelagem, onde está é seca e cozida podendo a cerâmica ser obtidas pelas misturas de diferentes tipos de argilas.

Isaia (2010), os materiais cerâmicos são fabricados utilizando argilas esta passa por um processo de secagem lenta, e quando retirada da água são cozidas a altas temperaturas, um dos quesitos para classificar a cerâmica é determinar a cor da massa sendo estas brancas ou vermelhas.

Padilha (2007), considera que os materiais cerâmicos possuem em sua composição óxidos, nitretos e carbonetos, nesse grupo também entra os argilos minerais, o cimento e os vidros, são isolantes térmicos e elétricos, sendo resistentes à altas temperaturas e a ambientes corrosivos bem mais que os metais e polímeros.

A partir da cerâmica vermelha é a que se fabrica telhas, tijolos e manilhas a cerâmica branca fabrica-se azulejos, sanitários e porcelanas tendo esta última como composição os silicatos hidratados de alumínio, já a cor avermelhada tem como composição o oxido de ferro (PADILHA, 2007).

Para Azeredo (2015), para realizar a classificação de um material cerâmico deve levar em consideração a natureza de sua composição, suas características como textura, a massa da base e onde estes serão empregados.

2.1.1 Propriedades dos materiais cerâmicos

Para Callister (2012), os materiais cerâmicos possuem em sua composição elementos metálicos e não metálicos, onde possuem ligações totalmente iônicas ou predominantes iônicas, alguns de forma covalente.

Azeredo (2015), os materiais cerâmicos variam de acordo com os tipos de ligações químicas, possuindo características frágeis, duros, com pouca tenacidade e pouca ductilidade. São considerados excelentes isolantes térmicos e elétricos devido à falta de elétrons no seu processo de condução.

Para Azeredo (2015), classifica os materiais cerâmicos como materiais tradicionais e materiais técnicos, o primeiro utiliza a argila como matéria-prima básica e o segundo utiliza argila, sílica e feldspato nessa composição os materiais são puros ou quase puros.

Isaia (2010), diz que os materiais cerâmicos normalmente pesam mais que os materiais poliméricos e bem mais leve que os materiais metálicos, podemos citar o óxido de alumínio ($3,60 \text{ g/cm}^3$) e o vidro de cal de soda ($2,50 \text{ g/cm}^3$).

Padilha (2007), relata que a capacidade térmica no material cerâmico tem pouca dependência com a microestrutura do material, já o fator porosidade tem uma grande importância, enquanto houver porosidade em um material cerâmico não será necessária uma grande quantidade de calor para alcançar uma determinada temperatura, o que não acontece quando há ausência de poros, quando um forno é coberto com tijolos refratários porosos é aquecido utilizando um menor consumo de energia.

Essa Figura 1 abaixo nos mostra como os materiais cerâmicos se comportam a determinadas temperaturas, a curva de calor específico é parecida para materiais com em diferentes composições.

Figura 1 - Variação da capacidade térmica com a temperatura para vários materiais cerâmicos policristalinos.

Fonte: CALLISTER, (2012).

Callister (2012), retrata a porosidade durante o tratamento térmico das cerâmicas esta deve ser eliminada, caso permaneça poros em sua estrutura isso terá uma influência negativa na resistência e nas propriedades elásticas.

Na resistência a flexão os poros diminuem a área da seção transversal onde a carga é aplicada agindo também como concentradores de tensões, podendo afetar de forma decisiva, quando ocorre uma porosidade em 10% de volume a resistência na flexão se reduzira em torno de 50% em relação ao valor medido para um material que não possui porosidade.

2.2 Blocos

Santos (2016), o bloco tem uniformidade de acordo como as paredes que são formadas, sendo o principal componente da alvenaria estrutural. No entanto seu ganho de resistência está ligado diretamente com o a conservação das paredes deixando a construção mais firme.

As propriedades mecânicas e físicas são extremamente importantes para a construção de paredes, pois essas propriedades determinam a cor, textura, peso, absorção e poros, condutividade térmica, resistência ao fogo além da resistência a tração e compressão (SANTOS,2016).

Existem diversos tipos de blocos que são comercializados no mercado como o bloco de concreto, o bloco de tijolo de solo- cimento e o autoclavado.

2.2.1 Bloco de Concreto

Para Gonçalves (2016), o bloco de concreto apresenta ótimas funcionalidades, para seu uso como vedação, estrutural, conforto térmico e acústico sua utilização é extremamente comum entre construtores e engenheiros civis, pois atende projetos de residências, hospitais, escolas e edifícios comerciais, os materiais que se utiliza para sua fabricação é o cimento Portland, agregado graúdo, miúdo e água podendo ser utilizar outros componentes como minerais, pigmentos e aditivos.

O bloco de concreto é um material poroso possuindo variações no seu volume, alterações térmicas na umidade, se houver alterações na temperatura podem apresentar variações nos seus valores de dimensão (GONÇALVES, 2016).

2.2.2 Bloco de Tijolo de Solo- Cimento

O uso do bloco de solo- cimento não há a necessidade do processo de queima, reduzindo a emissão de gases poluentes como o CO e CO₂, pois na sua produção utiliza-se a secagem natural sendo molhado até adquirir as propriedades adequadas (SILVA et al ,2018).

Apesar deste bloco apresentar um baixo impacto, a extração deve ocorrer de forma adequada para redução dos danos ambientais na hora de extrair a matéria-prima, é um material indicado para construções sustentáveis pois ele garante uma elevada durabilidade, assentamento de forma prática, não havendo a necessidade de fazer rasgos nas paredes para instalações elétricas e hidráulicas (SILVA et al ,2018).

2.2.3 Bloco Autoclavado

Para Mariane (2013), o bloco celular autoclavado possui em sua composição, cimento, pedra calcária, pó de alumínio, água e areia de sílica-rica (areia silicosa). Na hora de ser fabricado o pó de alumínio formar bolhas de concreto reduzindo a densidade do bloco, com isso o bloco torna-se mais leve, não perdendo resistência, atingindo a resistência ideal para seu utilizado na alvenaria, quando menor sua densidade mais indicada para ser usado em estruturas que não tenha sobrecargas, esse bloco possui dimensões diferentes, existem peças que são usadas e lajes nervuradas, chega ser um 1/3 os blocos de concreto convencional pesando bem menos, possuindo uma densidade fica em torno de 500kg/ m³ enquanto o bloco de concreto chega a pesar 1500kg/m³.

2.3 Blocos Cerâmicos

Bauer (2013), os blocos cerâmicos também chamado de tijolo baiano, utiliza o barro no seu processo de fabricação, com sua linha de produção bem definida, fazendo o uso de equipamentos como desagregadores, homogeneizadores e laminadores, sua moldagem é realizada em marombas retirando da boquilha (matriz) em fileiras, são delineados de acordo com o tamanho desejado.

Possui uma grande variedade no mercado com diversas variações de textura, com tipo de furos e espessuras diferentes o que acaba dificultando o domínio do profissional que utiliza esse material na engenharia (BAUER,2013).

Para Barbosa (2015), diz que os blocos de vedação em sua fabricação possuem argilas de cor avermelhada devido ao processo de cozimento sendo os blocos em forma de paralelepípedos retangular, com diversos tipos de dimensões e não deve ser empregado para suportar cargas verticais além do seu próprio peso, apenas cargas como armários, pias e lavatórios.

E são normalmente aplicados com furos aplicado horizontalmente, apresentando na sua parte externa um determinado conjunto de fissuras e na sua parte interna canais em forma de prisma, possuindo faces sensivelmente lisas essas fissuras facilitam a aderência e melhor pega da argamassa, e com os furos na sua parte interna há uma diminuição do peso (BARBOSA, 2015).

2.3.1 Composição dos Blocos Cerâmicos

Portella (2015), retrata que os blocos cerâmicos possuem como ingrediente básico a argila que é formada por silicatos de alumínio é sílica e contém uma quantidade de óxidos ferrosos, podendo esta ter um teor calcário ou não.

A argila adequada para a fabricação destes blocos deve ser plástica quando misturada com água, para que possa ser modelada apresentando uma resistência a tração mantendo seu formato e possuindo uma capacidade de incorporar as partículas quando são queimadas a altas temperaturas. É quando queimada a altas temperaturas está se fecha necessitando de tratamento para adquirir uma correta homogeneidade, cor e acabamento regular (PORTELA, 2015).

2.3.2 Tipos de Blocos Cerâmicos

De acordo com a NBR 15270-1(2017), os blocos cerâmicos são classificados em bloco cerâmicos estrutural, bloco cerâmicos estrutural de paredes vazadas, bloco cerâmico estrutural de parede maciças, bloco cerâmicos estrutural perfurado. A norma estabelece que o bloco que possui função estrutural se apresenta em forma de prisma com furos perpendiculares as faces, é são fabricados para serem assentados com furos na posição vertical.

Os blocos cerâmicos para paredes vazadas são utilizados na alvenaria não armada, armada e protendida, o bloco cerâmico estrutural com paredes maciças pode apresentar nas suas paredes internas uma estrutura maciça ou vazado e suas paredes externas apenas uma estrutura maciça.

No bloco cerâmico estrutural perfurado as partes vazadas são divididas em toda sua face de assentamento podendo ser executado na alvenaria estrutural não armada. A Figura abaixo apresenta alguns tipos de blocos cerâmicos.

Figura 2 – Imagens de Blocos Cerâmicos

Fonte: NBR 15270-2, (2017).

A Figura 2 apresenta os tipos de blocos cerâmicos presente no mercado o bloco a) representa um bloco cerâmico de paredes vazadas b) representa um bloco com paredes vazadas c) representa um bloco cerâmico com paredes externas maciças e paredes externas vazadas d) bloco estrutural perfurado.

2.4 Processo de fabricação de blocos cerâmicos

Para Rocha et al (2014), a produção de materiais cerâmicos é bastante parecida independente do material a ser fabricado, sendo possível observar quatro etapas que são: extração das argilas, preparação da matéria prima, confecção das peças e tratamento térmico.

2.4.1 Extração da Argila

A extração da argila no Brasil é realizada ao ar livre sendo necessários o uso de máquinas como a retroescavadeira, se o material for bastante duro utiliza-se explosivos sendo o transporte realizado por caminhões. Sendo nesta fase extraída toda a vegetação e materiais que não são uteis, considerando uma etapa que gera

problemas ambientais gravíssimos além de esgotamento da reserva mineral, a área deve ser recuperada para o retorno da vegetação (ROCHA et al, 2014).

Isaia (2010), diz que alguns fatores são levados em consideração na escolha da jazida como a quantidade de argila disponível em determinada região, os tipos de argilominerais e a pureza da jazida, a quantidade disponível serve para determinar custos com transportes até a cerâmica.

Bauer (2013), diz que para a extração da argila pode ser realizada de várias formas, na jazida pode-se escolher um determinado lote levando em consideração a composição, dureza, plasticidade. Sendo condicionada ao ar livre para um determinado período de descanso, essa etapa consiste nas partículas orgânicas terem de ficar mais coloidais, tornando- a mais plástica.

Para a fabricação de tijolos comuns a escolha do barro pode depender do barro que quer se obter, não sendo necessário um material de alta qualidade, é pequena a correção da argila, os barros utilizados não devem possuir carbonatos calcários pois podem aumentar a fusibilidade aparecendo gretas, o barro deve ser limpo (BAUER, 2013).

2.4.2 Processo de Moldagem

Isaia (2010), para realizar da preparação da massa há operações de sazonalamento, mistura e laminação, o sazonalamento consiste em expor a argila as condições climáticas, de forma que não ocorra alterações em suas propriedades, tais como a separação dos torrões, o aumento de sua reatividade e a percolação de sais solúveis, o tempo de sazonalamento depende da argila retirada e o tipo de componente a ser moldado, podendo esse processo variar de 1 a 12 meses.

A preparação da matéria prima é feita com a separação dos torrões de argilas por meio de britadeiras ou laminadores, a mistura da argila é colocada em equipamento chamado maromba que é uma espécie de prensa hidráulica (ROCHA et al, 2014).

Galassi; Tavares (2013), o processo de conformação do bloco ocorre durante a passagem da massa, sendo pressionado por uma boquilha (peça revestida em aço no formato do bloco cerâmico) esta peça é instalada na saída da extrusora para fazer a moldagem da massa.

Após essa etapa a massa se encontra em forma de barro sendo levada para o corte, sendo este feito por um sistema mecanizado que se encontra fixado na saída da extrusora, realizado a modelagem da massa, a massa extrudada no formato de barro é lavada para corte que é formada por 5 fios fazendo com que aconteça o corte da barra cerâmica movimentando- a de cima para baixo, os blocos são formados e levados para secagem (GALASSI; TAVARES,2013).

2.4.3 Processo de Secagem

Azeredo (2015), após o processo de construção das peças, há ainda água proveniente do processo de hidratação da massa argilosa, sendo condicionados para o processo de secagem com o intuito de retirar toda água absorvida durante o processo de modelagem, nessa etapa a energia térmica age realizado as transformações na estrutura e na composição do material.

Isaia (2010), diz que a velocidade de secagem sofre influência da temperatura, da umidade e da incidência do ar sobre a peça moldada, pelo formato e pela sua granulometria, argilas com características mais finas as peças secam de forma, mas lenta.

Galassi; Tavares (2013), o processo de secagem em blocos acontece de forma demorada, e feito em local fechado de forma lenta para evitar que surjam fissuras na superfície do material.

As peças são acondicionadas no interior de um galpão para evitar ações da luz solar ou do vento, durante o processo de 5 dias os blocos são posicionados no interior do forno da olaria para que a queima aconteça de forma igual (GALASSI; TAVARES, 2013).

“ A secagem é uma etapa bastante delicada e complexa no processo de fabricação de blocos cerâmicos. É comum nesta etapa ocorrerem defeitos de secagem dos blocos cerâmicos e que são perceptíveis somente após a queima. Uma secagem demasiadamente rápida causa retração diferencial de tal ordem que produz trincas” (AZEREDO, 2015, p.153).

Segundo o autor o processo de secagem é uma etapa onde requer cuidados, pois nela podem ocorrer problemas como trincas, que somente podem ser visualizadas após o processo de queima, quando a secagem ocorre de forma rápida pode ocorrer a diminuição causando fissuras nos blocos.

A secagem natural apresenta um menor custo em relação a secagem artificial, mas no natural existe uma dependência de fatores climáticos onde pode ocorrer problemas como trincas e fissuras caso as condições climáticas não sejam adequadas (HENRIQUES, 2013).

Na secagem artificial o processo é mais rápido aumento o processo produtivo, mas há necessita de mão de obra especializada onde operador saiba utilizar equipamentos de controle e termômetros há também o aumento do consumo de energia nas fábricas (HENRIQUES,2013).

No processo de secagem deve-se evitar tremores principalmente na hora de se realizar o transporte manual, o material deve ser encaminhado o mais rápido para o forno, para que a argila não absorva a umidade contida no ar, deixando o material menos resistente. O ideal é que as pilhas de tijolos não ultrapassem a altura de 05, as faces dos blocos sejam voltadas para o contato com ar em prateleiras e materiais que não sejam absorventes (HENRIQUES,2013).

No quadro abaixo podemos observar essas vantagens e desvantagens da secagem natural e artificial (HENRIQUES, 2013).

Quadro 1 - Tipos de secagem e principais vantagens e desvantagens

Tipos de Secagem	Vantagens	Desvantagens
Natural	<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo com geração de calor; • Favorece os locais em que as condições climáticas são mais favoráveis; 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo elevado de secagem; • Baixa produção • Dependência do fator climático; • Pode afetar a qualidade das peças (trincas, deformações, de homogeneidade de secagem) caso o processo não seja bem controlado;

Artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Menor tempo de secagem; • Maior produtividade; • Redução de perdas; • Melhoria da qualidade das peças; 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo com geração de calor; • Requer, mas conhecimento técnico do operador; • Exige equipamentos e controles, como termômetros e higrômetros;
------------	---	---

Fonte: Adaptado de (HENRIQUES,2013).

No processo de secagem há a necessidade de evitar tremores, principalmente na hora de se realizar o transporte manual, o material deve ser encaminhado o mais rápido para o forno, para que a argila não absorva a umidade contida no ar, deixando o material menos resistente. O ideal é que as pilhas de tijolos não ultrapassem a altura de 05, as faces dos blocos sejam voltadas para o contato com ar em prateleiras e materiais que não sejam absorventes (HENRIQUES,2013).

2.4.4 Processo de Queima

Isaia (2010), na fabricação de blocos cerâmicos e tijolos a temperatura ideal fica na ordem de 800°C a 1100°C. A medida que ocorre o aumento de temperatura há alteração na coloração da argila, podendo adquirir uma cor rósea e em seguida escurece passando a ter tons marrons, podendo chegar a uma cor preta isso quando é exposta a temperaturas elevadas, a cor dos blocos cerâmicos é uma exigência especificada pelo mercado, o fabricante deve selecionar a argila de acordo com sua composição onde está possua uma boa quantidade de óxidos de ferro.

Para Azeredo (2015), o processo de queima é uma etapa importante, pois é nessa etapa que o bloco consegue as propriedades como dureza, resistência mecânica e resistência á intempéries e agentes químicos, o processo de queima acontece em três etapas: a etapa do aquecimento, a queima em temperatura elevada e o resfriamento.

Para a Associação Brasileira de Cerâmica no ciclo de queima ocorre diversas transformações em função da massa tais como a perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação da fase vítrea e a soldagem

dos grãos, essas características todas em função do tratamento térmico (ABCERAM, 2016).

2.4.5 Tipos de Forno

Isaia (2010), retrata que na fabricação da cerâmica vermelha existem diversos tipos de fornos que podem ser utilizados sua classificação é em decorrência do seu processo de queima podendo ser classificados em fornos contínuos ou fornos intermitentes. O primeiro usasse quando a produção é continua já o intermitente quando o processo de queima ocorre em ciclos de cargas, solicitando queima e descarga.

Para Nascimento (2015), os fornos contínuos o carregamento e descarregamento das peças é realizado de forma ininterrupta para que ocorra um melhor processo uma melhor aglutinação das partículas solidas quando são aquecidas, neste tipo de forno quando um lote chega ao seu fim, uma outra quantidade similar é introduzida dando continuidade ao processo.

Esse tipo de fornos apresenta benefícios menor necessidade de funcionários para operar, aquecimento mais uniforme, melhor facilidade no processo de automação da produção, menor ciclo de queima, controle no emprego dos gases de exaustão uma melhor qualidade do produto no final da queima (NASCIMENTO, 2015).

Isaia (2010), existem dois fornos contínuos que são mais utilizados no Brasil o tipo Hoffmann e o tipo Túnel, outros são encontrados como o forno circular, intermitente, caipira e Paulistinha.

O forno Hoffmann tem como características duas câmaras ligadas, onde acontece de forma sincronizada as etapas de carregamento, pré-aquecimento, queima, resfriamento e retirada da cerâmica das câmaras, sua principal característica está na etapa da queima das câmaras vizinhas e não somente no uso do calor fornecido pelas câmaras possibilitando a fabricação de forma conjunta de cerâmicas que forma queimadas sob diferentes temperaturas. Abaixo na Figura 3 temos um forno tipo Hoffmann.

Figura 3 - Forno tipo Hoffman

Fonte: MEDEIROS, (2006).

De acordo com Oba (2011), os fornos tipos túneis podem chegar até 200m mesmo assim encontra-se fornos com até 100m, podendo ser utilizados combustíveis como gás natural, serragem, lenha e outros derivados do petróleo, a sua escolha se dá devido ao custo, o ar comburente também tem sido utilizado nas últimas décadas. Tem-se utilizado o gás natural uma forma de incentivar a queima limpa e evitar a presença de fuligem, mas o combustível mais usado tem sido a lenha e seus derivados devido ao seu baixo custo. Representando um quantitativo de 50% do valor de energia no Brasil nos últimos dez anos.

Isaia (2010), afirma que o forno tipo túnel assume essa forma pois no meio encontra-se uma câmara de queima em forma de túnel, a cerâmica é conduzida logo na entrada até na saída, levada lentamente em carrinhos passando por um elevado aumento de temperatura essa região é o pré-aquecimento até a zona do fogo, onde acontece a queima, sendo levado a zona de resfriamento até a saída do túnel, muito utilizado em empresas de grande porte pois facilita o controle de qualidade do produto.

Na Figura 4 abaixo mostra o modelo de um forno contínuo tipo túnel onde podemos destacar as suas aberturas em ambas as extremidades permitindo que grandes lotes possam ser queimados.

Figura 4 - Forno contínuo tipo túnel

Fonte: MEDEIROS, (2006).

2.4.6 Vantagens e desvantagens de fornos intermitentes e contínuos

A Federação da indústria do estado de Minas Gerais ressalta que o tipo de forno depende da eficiência e do tipo de produção desejada, essa produção pode apresentar vantagens e desvantagens (HENRIQUES, 2013).

O forno tipo caeira possui um baixo custo para ser implantado, no entanto o produto pode apresentar uma qualidade inferior havendo uma porcentagem de perda grande e uma baixa produtividade, o forno paulistinha o investimento é um pouco menor é fácil no processo de construção, sua desvantagem a queima é irregular com oscilações na temperatura (HENRIQUES,2013)

O forno tipo abóboda fácil no processo de construção, no entanto funciona bem com qualquer tipo de combustível, o forno vagão também apresenta fácil na construção e no processo de operação, no entanto, tem como deficiência uma velocidade alta para aquecer, o forno vagão possui também fácil operação, aumento a produtividade e reduzindo o número de funcionários, há deficiência quando a carga chegar (HENRIQUES,2013).

O forno metálico apresenta uma grande produtividade apresenta um bom isolamento térmico, melhores condições para o trabalho, porém um custo superior ao vagão apresentando também deficiências na queima. (HENRIQUES, 2013). O Quadro 2 abaixo representa os fornos intermitentes e fornos contínuos.

Quadro 2 - Tipos de fornos intermitentes e contínuos e suas principais vantagens e desvantagens

Fornos Intermitentes	Vantagens	Desvantagens
Forno Caiera	<ul style="list-style-type: none"> Baixo custo de implantação; 	<ul style="list-style-type: none"> Produtividade Baixa Qualidade Inferior do produto Alto percentual de perdas (não conformes) Alto custo de produção
Forno Paulistinha	<ul style="list-style-type: none"> Menor investimento Fácil construção e operação; 	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidade de aquecimento Ausência de controle de registro.
Forno Abóboda	<ul style="list-style-type: none"> Fácil construção e operação; Bom desempenho com qualquer tipo de combustível; 	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidade de aquecimento; Ausência de controle de registro;
Forno Vagão	<ul style="list-style-type: none"> Maior produtividade, pois enquanto um vagão está sendo queimado o outro está sendo montado ou no processo de resfriamento; Fácil construção e operação; Melhores condições de trabalho dos funcionários; 	<ul style="list-style-type: none"> Deficiências durante a queima, principalmente no centro de carga; Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
Forno Metálico	<ul style="list-style-type: none"> Melhor isolamento térmico (uso de fibras cerâmicas); Maior produtividade; Fácil construção e operação; Melhores condições de trabalho do funcionário; 	<ul style="list-style-type: none"> Custo de implantação superior ao forno vagão; Deficiências durante a queima, principalmente no centro de carga; Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga;
Fornos contínuos	Vantagens	Desvantagens
Forno Hoffman	<ul style="list-style-type: none"> Bom rendimento energético; Fácil operação e boa produtividade; 	<ul style="list-style-type: none"> Elevado custo de manutenção; Requeima na soleira e falta de queima na abóboda; Vazamento nos canais; Manchas laterais causadas por falta de ar;
Forno Túnel	<ul style="list-style-type: none"> Moderno e eficiente no consumo de energia; Fácil operação e carga e decarga; 	<ul style="list-style-type: none"> Custo de implantação superior ao forno Vagão; Deficiência durante a queima principalmente no centro de carga.

Fonte: Adaptado de HENRIQUES, (2013).

2.4.7 Transporte e acondicionamento

Ao sair do forno os blocos devem ser removidos com cuidado evitando batidas desnecessárias, o controle de qualidade deve ser em lotes com aproximadamente 100 peças separadas de forma aleatória, os lotes antigos não

devem ser misturados com os lotes novos, recebendo identificação como data, número do forno (HENRIQUES, 2013).

De acordo com Silva et al (2017), os tijolos que estão rachados ou danificados são removidos, os tijolos em bom estado são organizados em embalagens fechadas e embalados com filme plástico com 300 a 500 unidades, para que possam ser transportados por empilhadeiras e levados ao caminhão.

2.5 Controle de Qualidade

Collati et al (2011), relata que os blocos cerâmicos são produzidos nas cerâmicas de forma empírica, não levando em conta fatores como dosagem e fabricação podem afetar o consumidor final, problemas como falta de uniformidade são problemas frequentes, defeitos como trincas que ocorrem devido a retração sendo importante o controle de qualidade dos produtos e a identificação das empresas.

Neto (2017), antes da escolha do bloco o consumidor deve verificar se a empresa possui certificação, está é emitida pelo Programa Setorial da Qualidade (PSQ), da ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica). Esse programa de qualidade é exigido pela Caixa Econômica Federal, para realizar a venda de blocos cerâmicos o ceramista necessita da certificação pelo PSQ, onde os blocos são coletados nas fabricas e levados para realizar a análise técnica de acordo com a NBR 15270 - utilizada para blocos cerâmicos.

Para Kaczam et al (2016), o processo de fabricação do bloco cerâmico é realizado em empresas de pequeno e médio porte de capital nacional, no entanto muitas delas não seguem os padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas e nem pelo Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO), devido a isso o Sindicato das Indústrias Cerâmicas (SINDICER), a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), e o Centro de Cerâmica do Brasil (CCB) dentre outros órgãos tem incentivado com a pesquisas tecnológicas nesse setor, estabelecendo procedimentos para esses produtos possam ser certificados pelo Programa Setorial de Qualidade de Blocos Cerâmicos PSQ- BC.

O programa setorial de qualidade tem como objetivo manter a qualidades de produtos cerâmicos para atender as necessidades dos usuários, promovendo a confiança dos consumidores finais com o alcance da qualidade pretendida, além de

fornecer informações aos ceramistas sobre como combater a não conformidade dos produtos (ANICER,2016).

O PSQ que é uma qualificação que vem sendo solicitada por programas de habitação nacional, como o programa Minha Casa Minha Vida, se as empresas estiverem aptas pelo programa podem participar de compras governamentais podem aumentar o seu mercado (ANICER, 2016).

O programa setorial de qualidade combate a não conformidade fazendo haja uma conexão entre fornecedores e compradores do governo, que exigem que o produto tenha qualificação, quanto maior a qualidade o PSQ oferece um selo de reconhecimento o produto tem uma valorização melhor no mercado além de proporcionar ao consumidor um produto excelente sem que haja riscos de trincas e fissuras. (ANICER, 2016).

O Instituto Nacional de Metrologia avalia a conformidade dos produtos da cerâmica vermelha para alvenaria temo como objetivo certifica e avaliar de forma voluntária esses produtos avaliando a conformidade dos mesmos, além de firmar critérios de comercialização, uma forma de estimular a justa concorrência no mercado da cerâmica vermelha e evitar práticas enganosas no mercado, beneficiando o consumidor com um produto de qualidade (INMETRO, 2010).

2.5.1. Principais patologias de blocos cerâmicos

Gomes (2017), retrata sobre as patologias devidas aos processos de absorção de água mesmo que os blocos mecânicos sigam os pré-requisitos estabelecidos pelas normas e alcance uma resistência mecânica alta é necessário determinar o índice de absorção de água, devido ao processo de poros interferir na resistência a compressão das paredes da alvenaria.

Isso acontece devido a diminuição da plasticidade da argamassa quando entra em contato com o bloco que possui um alto índice de absorção de água ocorrendo a retirada de liquido da junta de argamassa, aumento o processo de fissuração pois não há água para hidratação do cimento, podendo ocasionar patologias na estrutura (GOMES,2017).

Para Antunes(2011), os materiais porosos contribuem para o aparecimento de fissuras em alvenarias, absorvendo água sendo seu comportamento influência nas movimentações higroscópicas do material, levando a movimentações de expansão e

retração, ou seja, aumento e diminuição da umidade nas paredes de alvenaria, isso acontece em função das propriedades do material, a exposição umidade e da forma que os movimentos se acomodam, a diminuição desses movimentos gera tensões levando a fissuração do material.

Bauer (2013), os agentes que podem causar a degradação dos blocos cerâmicos, são os agentes físicos, químicos internos e agentes mecânicos, podendo considerar os agentes físicos aqueles como umidade, vegetação e fogo, os dois primeiros acontece quando o material é poroso, sendo um fator importante para determinar a qualidade do produto e sua duração, o fogo também é um fator que agrava a cerâmica comum, ao aumentar a temperatura sua resistência a compressão diminui, como os componentes se dilatam o calor pode desintegrar a peça. Os agentes químicos também são nocivos, a cerâmica que possui sais solúveis estes pode ser dissolvido pela umidade do ar, no qual os sais se cristalizam na superfície ocorrendo a chamada eflorescência.

Taguchi (2010), a eflorescência é a formação de salinidade na superfície de revestimento e alvenarias ela se dá devido à água infiltrada e a intempéries, causa alteração da cor do elemento onde ela se encontra, tornando-se agressiva, o aspecto visual pode ser alterado drasticamente, havendo contraste de cor entre os sais e substrato, para que ela aconteça é necessário haver a presença de teor de sais solúveis, presença de água e pressão hidrostática para que invada a superfície.

2.5.2. Principais defeitos em blocos cerâmicos

Moreira (2008), existem diversos defeitos comum em blocos cerâmicos, como o dentado, laminações, descantado, rebarba, fora do esquadro, empeno, deformações, trincas, peças não queimadas e requeimadas no mesmo ciclo, coração negro.

O efeito dentado e resultado de quando há um avanço desigual na saída da maromba da massa devido ao baixo teor de umidade, a laminação está relacionada com a prensagem ou extrusão alta isso se dá devido ao uso de massas finas e secas o ajuste excessivo do estampo dificultando a saída de ar devido a mistura heterogêneas (MOREIRA, 2008).

2.5.3 O efeito coração negro

Damiane et al (2002), diz que o efeito coração negro acontece com uma região escura que se prolonga paralelamente à face e se localiza próxima à meia altura da espessura ao longo da peça. A região escura tende a desaparecer nas bordas da peça.

Alguns danos esse feito pode aparecer justificando esforços para evita-los como o inchamento da peça, deformações piro plásticas, deterioração das características técnicas e estéticas. A sua origem se dá devido à presença de matéria orgânica, a matéria sofre um processo de pirolise os silicatos de alumínio são catalisados.

O processo de queima também provoca o feito de coração negro deve-se procurar um ciclo de queima que oxide toda a matéria orgânica, em temperaturas entre 200 a 500 ° C, projetando de modo a assegurar o estágio de pré-aquecimento assegurando a completa oxidação da matéria orgânica. Quando ocorre ciclos muito rápido ou muito curto nos fornos o coração negro acontece de forma acentuada, acontecendo diferenças de temperatura entre o centro e a superfície da peça (DAMIANE, 2001).

2.6 NBR 15270 – Componentes de Blocos Cerâmicos para Alvenaria

A NBR 15270-1(2017), estabelece os critérios de fabricação e identificação, fazendo a classificação como EST (bloco com função estrutural) e VED (blocos com função de vedação), apresentado os tipos de construção que estes são utilizados. Faz uma análise das características geométricas mas presentes no mercado tanto para os de vedação como estrutural, estabelece as tolerâncias entre os septos, apresenta o índice de resistência aceitável para cada bloco além da análise das características visuais.

A NBR 15270-2(2017), retrata sobre os ensaios dos blocos cerâmicos como os corpos de prova devem ser acondicionados para realização do ensaio, desvio em relação ao esquadro para determinas a geometria, determinação da área bruta e área líquida, para ensaio de absorção de água, informa massa úmida e massa seca, explica como deve ser a determinação da eflorescência nas matérias cerâmicas e como deve ser realizado os ensaios de desempenho.

2.6.1 Análise das Características Visuais

Para o processo de fabricação inspeção visual de acordo com a NBR15270-1(2017) os blocos devem cumprir os seguintes requisitos:

- Identificação do fabricante: CNPJ, razão social ou nome fantasia.
- Dimensões nominais, na sequência Largura (L), altura (H) e comprimento (C) na forma (L X H X C).
- Indicação de rastreabilidade: lote de fabricação;
- Telefone de serviço de atendimento ou correio eletrônico ou endereço do fabricante, importador ou revendedor/ distribuidor.
- Para blocos / tijolos EST, as letras (indicativas de sua condição estrutural) após a indicação das dimensões nominais.

Os critérios acima devem ser seguidos pelos fabricantes de blocos pois essas informações são importantes tanto para o consumidor como para o projetista.

2.6.2 Características Geométricas

A NBR15270-1 (2017), os tijolos cerâmicos quanto à forma devem atender as dimensões nominais no Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 - Dimensões nominais de blocos de vedação -VED

Dimensões Modulares (L x C x H) Modulo dimensional M= 10 cm	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco Principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2)	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2)			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2)		14	19	9

(1) M x (3/2) M x (5/2)			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3)			29	14
(1) M x (2) M x (2)		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2)			24	11,5
(1) M x (2) M x (3)			29	14
(1) M x (2) M x (4)			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2)		11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2)	11,5	19	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2)			19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2)			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3)			19	9
(5/4) M x (2) M x (4)			24	11,5
			29	14
			39	19

Fonte: Adaptado da NBR 15270-1(2017).

2.6.3 Determinação das características geométricas

Para a NBR 15270-2 (2017), os blocos devem ser colocados em uma superfície plana sem deformações para a determinação das medidas das faces de acordo com os pontos indicados, determinando a altura, largura e comprimento. A Figura abaixo demonstra como os blocos devem ser medidos obtendo a largura e altura.

Figura 5 - Execução do ensaio para determinar as dimensões

Fonte: NBR 15270-2, (2017).

A NBR 15270- 1 (2017), determina que as dimensões das faces tenham as seguintes tolerâncias dimensionais para blocos de vedação e blocos estrutural.

Quadro 4 - Tolerância Dimensionais

Blocos ou Tijolos VED	Tolerância (Largura, Altura, comprimento).	Individual $\pm 5\text{mm}$, na média $\pm 3\text{mm}$.
Blocos e Tijolos EST	Tolerância (Largura, Altura, Comprimento).	Individual $\pm 3\text{mm}$.

Fonte: Adaptado da NBR 15270- 1, (2017).

Para a NBR 15270(2), para determinar a dimensão dos septos e paredes externas, os septos devem ser medidos na região central, devendo –se buscar o ponto onde a parede apresenta menor espessura de acordo com a Figura 6 abaixo podemos observar onde os septos e as paredes externas são medidos.

Figura 6 - Posição de medição da espessura das paredes das paredes externas e dos septos.

Fonte: NBR 15270-2, (2017).

Para a NBR 15270-1 (2017), as medidas dos septos e paredes externas devem seguir as seguintes tolerâncias dimensionais blocos ou tijolos VED15 devem possuir tolerância de 0,5 mm, blocos ou tijolos VED30 devem ter tolerância de 0,3 mm e blocos ou tijolos EST devem possuir tolerância de 0,3 mm.

2.6.4 Determinação da Área Bruta e Área Líquida

A NBR 15270- 2(2017), para determinação dos valores de área bruta devem multiplicar os valores da largura (L) x altura (A). Após isso deve-se imergir os blocos em um reservatório por um período de 24h para a saturação para determinação da área líquida.

Após saturados os blocos devem ser pesados imersos em água obtendo os valores de sua massa aparente (m_a). Após esse processo os blocos devem ser retirados do recipiente, enxugados com um pano úmido e pesados em uma balança para obtenção da massa saturada (m_u). Calcula-se a área líquida utilizando a seguinte equação abaixo:

$$A = \left(\frac{MU - MA}{\gamma \cdot H} \right) \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

A_{liq} = é a área líquida expressa em centímetros quadrados (cm²), com aproximação decimal;

m_u = é igual a massa úmida do bloco ou tijolo saturado, expressa em gramas (g).

m_a = é igual a massa aparente do bloco, expressa em gramas (g)

H = é igual a altura do bloco ou tijolo, expressa em milímetros (mm)

γ = é igual a massa específica da água, tomada de 10^{-3} , expressa em gramas por milímetro cúbico(g/mm³).

2.6.5 Índice de Absorção de Água

Para a NBR 15270-2 (2017), o índice de absorção de água deve ser obtido deve- se retirar as partículas de pó, submeter os corpos de provas a uma secagem em estufa, até que as pesagens consecutivas em um intervalo de uma hora não defiram em no máximo 0,25 %, pesando os corpos após a retirada da estufa.

Após a estabilização das pesagens medir a massa seca, para a determinação da massa úmida os corpos devem ser colocados em um recipiente sendo preenchidos com água até serem submersos em temperatura ambiente devem ficar por um período de 24h. Os corpos devem ser removidos do recipiente e deixar escorrer o excesso de água sendo pesados e encontrados a massa úmida. Sendo o índice de absorção de água determinado pela seguinte equação abaixo:

$$AA = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{Eq (2)}$$

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

2.6.6. Ensaio de Resistência à Compressão

Para a NBR 15270- 2(2017), após medir as dimensões dos blocos os blocos devem ser capeados, as faces devem ser regularizadas com pasta de cimento ou argamassa, a superfície capeada deve não pode ser mais que 3mm, o capeamento deve ser realizado de forma uniforme, após o endurecimento devem ser imersos em água durante um período mínimo de 6h.

A Figura abaixo mostra como devem ser ensaiados os corpos de prova de maneira que a carga seja aplicada em direção do esforço que o bloco possa suportar.

Figura 7 - Compressão Axial de Blocos ou Tijolos

Fonte: NBR 15270-2, (2017).

Para procedimento do ensaio de resistência a compressão faz-se a regulagem da prensa utilizando a razão de $0,005 \pm 0,001$ MPa/s.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e experimental, com abordagem explicativa, com conceitos e teorias base.

A pesquisa bibliográfica é fundamental para que haja uma coleta de artigos para dá embasamento dos tipos de blocos de vedação e se suas características são relevantes a serem levantadas na pesquisa.

Pesquisa experimental é a que mais se adequa ao tema estudado já que com a teoria base serão feitos testes laboratoriais realizando ensaios com parâmetros já definidos para que haja uma coleta e comprovação da teoria já estudada e assim definir os resultados da pesquisa para provar os dados definidos.

Como forma de complementar a pesquisa experimental, a pesquisa explicativa como o próprio nome sugere serve para explicar os dados coletados através do que foi feito em experimento como forma de deixar claro os dados coletados para que haja entendimento sobre a pesquisa.

3.2 Coleta de Dados

Os blocos foram coletados de duas cerâmicas localizadas no Estado do Maranhão uma localizada no município de Itapecuru a cerâmica T e a outra localizada no município de Colinas a cerâmica C. As duas cerâmicas fabricam blocos nas mesmas dimensões o processo de extração de argila e o maquinário é o mesmo.

Para o ensaio dos blocos coletados serão realizados experimentos de acordo com a NBR 15270-1(2017) e NBR 15270-2(2017), onde serão analisados dados como a geometria, índice de absorção de água e a resistência à compressão. Os valores que serão extraídos nos ensaios permitirão fazer um comparativo com os valores previstos em norma.

3.3 Materiais

Os ensaios realizados levaram em consideração a geometria, onde foram-se utilizados o paquímetro para medir a dimensão dos blocos. Para o ensaio do índice

de absorção de água utilizaram-se a balança hidrostática para obtenção da massa úmida e a estufa para obtenção da massa seca.

Para os ensaios de compressão foi utilizada a prensa hidráulica observando os valores de resistência a compressão, onde para o capeamento dos blocos fez-se o uso de argamassa colante AC-1 da Votorantim.

3.3.1 Análise Visual (Empresa C e T)

Para análise visual foram observados se os tijolos possuíam rachaduras ou arestas como previstas na NBR 15270-1(2017), onde em um lote de 10 000 a 250 000 retirou-se 13 amostras de cada empresa para análise do aspecto visual. Nas Figuras 8 e 9 abaixo temos amostras da empresa T e empresa C com as mesmas dimensões possuindo 6 furos.

Figura 8 - Identificação da empresa T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Figura 9 - Identificação da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Os blocos das duas empresas são classificados como blocos de vedação de acordo com a NBR 15270-1(2017) com dimensões nominais de (1) M x (3/2) M x (2/2) M equivalente 9 x 14 x 19 cm.

3.3.2 Determinação da Altura, Largura e Comprimento (Empresa C).

Para determinar as dimensões de altura, largura e comprimento os blocos foram colocados em uma superfície plana e foram retiradas suas medidas com o uso de um paquímetro. Na Figura 10 abaixo podemos observar como foram retiradas as medidas com o uso do paquímetro.

Figura 10 - Medida retiradas com o paquímetro

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Foram utilizadas no total 13 amostras de cada empresa onde mediram-se as duas faces de cada bloco, podendo observar o desvio em relação as dimensões nominais que são 9 x 14 x 19cm.

Todos os valores foram comparados com os limites previsto na NBR 15270-1(2017), que estipula uma tolerância de 5mm para os valores individuais de comprimento, altura e largura e 3mm para as médias das mesmas.

Como podemos observar na tabela de comprimento das dimensões foram utilizados 13 corpos de prova da empresa C, sendo as medidas dos comprimentos obtidas em milímetros, obtendo um desvio em relação as medidas nominais, os valores das duas faces da empresa C podem ser visualizados nesta Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Dimensões do Comprimento dos blocos da Empresa C

Corpo de Prova	Comprimento 1 (mm)	Desvio (mm)	Comprimento 2 (mm)	Desvio (mm)
1	190	0	191	1
2	190	0	187	3
3	190	0	188	2
4	187	3	187	3
5	188	2	187	3
6	187	3	186	4
7	186	4	185	5
8	186	4	187	3
9	185	5	184	6
10	185	5	186	4
11	185	5	186	4
12	189	1	190	0

13	187	3	188	2
Média	187,31	2,69	187,08	3,08

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

A Tabela 2 abaixo representa os valores de largura das duas faces dos blocos cerâmicos da empresa C, podendo observar o desvio em relação a largura nominal que é 90 mm.

Tabela 2- Dimensões da Largura dos blocos da Empresa C

Corpo de Prova	Largura 1 (mm)	Desvio (mm)	Largura 2 (mm)	Desvio (mm)
1	92	2	89	1
2	90	0	88	2
3	90	0	88	2
4	90	0	89	1
5	90	0	89	1
6	91	1	89	1
7	91	1	89	1
8	90	0	89	1
9	90	0	91	1
10	90	0	89	1
11	91	1	90	1
12	92	0	91	1
13	91	1	89	1
MÉDIA	90,62	0,46	89,23	1,15

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

A Tabela 3 abaixo representa as alturas dos blocos da empresa C que estão expressas em milímetros, sendo o desvio em relação a medida de 140mm.

Tabela 3- Dimensões da Alturas dos blocos da Empresa C

Corpo de Prova	Altura 1 (mm)	Desvio (mm)	Altura 2 (mm)	Desvio (mm)
1	135	5	136	4
2	139	1	137	3
3	140	0	139	1
4	140	0	138	2
5	138	2	137	3
6	141	1	139	1

7	138	2	137	3
8	138	2	137	3
9	138	2	137	2
10	138	2	137	3
11	138	2	137	3
12	138	2	139	1
13	140	0	139	1
MÉDIA	138,54	1,62	137,62	2,31

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Para a empresa T o procedimento para retirada das medidas foram os mesmos da empresa C, foram obtidas as medidas de comprimento observando as duas faces dos blocos, na Tabela 4 abaixo foram expressos os valores de comprimentos e o seu desvio em relação as dimensões nominais.

Tabela 4 – Dimensões do Comprimento dos blocos da Empresa T

Corpo de Prova	Comprimento 1 (mm)	Desvio (mm)	Comprimento 2 (mm)	Desvio (mm)
1	191	1	190	0
2	187	3	190	0
3	190	0	192	1
4	189	1	190	0
5	192	2	189	1
6	192	2	188	2
7	189	1	190	0
8	190	0	191	1
9	192	2	193	3
10	189	1	190	0
11	191	1	190	0
12	190	0	189	1
13	192	2	193	3
Média	190,31	1,23	190,38	0,92

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Os valores de largura da empresa T também levaram em consideração os valores individuais das duas faces e o desvio em relação à média.

Tabela 5 – Dimensões da Largura dos blocos da Empresa T

Corpo de Prova	Largura (mm) 1	Desvio (mm)	Largura (mm) 2	Desvio (mm)
1	90	0	88	2
2	90	0	88	2
3	90	0	89	1
4	90	0	89	1
5	92	2	90	0
6	90	0	90	0
7	87	3	89	1
8	87	3	89	1
9	89	1	90	0
10	89	1	90	0
11	90	0	89	1
12	90	0	89	1
13	90	0	89	1
Média	89,54	0,77	89,15	0,85

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

As alturas foram avaliadas medindo as duas faces de cada bloco, observou o desvio em relação a dimensão nominal que é 140 mm, observando que a amostra 1 da Tabela 6 abaixo apresenta valores fora do permitido pela norma, já que uma das suas faces deu um desvio de 6mm e o limite permitido pela norma é de 5mm para os valores individuais.

Tabela 6 – Dimensões da Alturas dos blocos da Empresa T

Corpo de Prova	Altura 1 (mm)	Desvio (mm)	Altura 2 (mm)	Desvio (mm)
1	135	5	134	6
2	137	3	137	3
3	138	2	136	4
4	138	2	136	4
5	138	2	138	2
6	136	4	136	4
7	140	0	139	1
8	138	2	138	2
9	138	2	139	1

10	135	2	138	2
11	135	5	138	2
12	135	5	138	2
13	135	5	139	1
Média	136,77	3,00	137,38	2,62

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.3.3 Área Bruta (Empresa C e T).

Na Tabela 7 abaixo podemos observar os valores das áreas brutas das duas faces de cada bloco das cerâmicas T e C, esses valores foram obtidos, multiplicando a largura (L) pela altura (H), obtendo o valor de cada face. A Tabela 7 abaixo apresenta esses valores.

Tabela 7 – Área Bruta dos blocos das empresas T e C

Empresa T		Empresa C	
Área Bruta Face 1	Área Bruta Face 2	Área Bruta Face 1	Área Bruta Face 2
17190	17572	17480	16999
16830	16830	17100	16456
17100	17100	17100	16544
17010	17010	16830	16643
17664	17280	16920	16643
17280	17472	17017	16554
16443	17199	16926	16465
16530	17100	16740	16643
17088	17280	16650	16744
16821	17010	16650	16554
17190	17381	16835	16740
17100	17480	17388	17290
17280	17472	17017	16732
17040,46	17245,08	16973,31	16692,85

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019)

3.3.4 Medidas dos septos e Paredes Externas (Empresa C e T).

Os blocos foram colocados em uma superfície plana e indeformável, as medidas das paredes externas buscaram os pontos que possuíam menor espessura de acordo com a NBR 15270-1(2017). A Figura 11 abaixo mostra as medidas feitas em laboratório.

Figura 11 - Medidas retiradas das paredes externas e dos septos.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.3.5 Determinação da Área Líquida (Empresa C e T)

Os blocos foram colocados em um reservatório com água a uma temperatura ambiente no período de 24h para o processo de saturação, após isso os blocos foram pesados em uma balança e foram submersos em água onde foram encontrados os valores das suas massas aparentes (m_{ap}).

Após isso os blocos foram enxugados com um pano úmido, e pesados em uma balança de resolução achando o valor da sua massa úmida (m_u).

Na Figura 12 abaixo podemos observar os blocos sendo submersos em um reservatório com água e na Figura 13 pesados em uma balança de resolução para a determinação das massas úmidas e massas secas.

Figura 12 - Amostras submersas em água

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Figura 13 - Amostra sendo pesada

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Foram utilizadas as mesmas 13 amostras que foram calculadas as áreas brutas utilizaram-se as alturas das amostras da face 1 dos blocos das duas empresas, para cálculo da área líquida, assim determinou-se a massa úmida e sua massa aparente de acordo com o que a norma estipula. As Tabelas 8 e 9 determinar os valores encontrados de área líquida das 13 amostras selecionadas da empresa C.

Tabela 8 - Valores de área líquida da empresa C

CORPO	ALTURA (mm)	MASSA U (g)	MASSA AP (g)	ALQ (mm ²)	ALQ (cm ²)
1	135	2168	1047	8303,70	83,04
2	139	2106	1021	7805,76	78,06
3	140	2190	1060	8071,43	80,71
4	140	2071	1013	7557,14	75,57
5	138	2062	1009	7630,43	76,30
6	141	2094	1016	7645,39	76,45
7	138	2081	1013	7739,13	77,39
8	138	2103	1030	7775,36	77,75
9	138	2080	1009	7760,87	77,61
10	138	2188	1070	8101,45	81,01
11	138	2072	1005	7731,88	77,32
12	138	2156	1049	8021,74	80,22
13	140	2114	1028	7757,14	77,57
MÉDIA	138,54	2114,23	1028,46	7838,57	78,39

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Os valores de área líquida foram encontrados utilizando a fórmula da Eq (1), com os dados da altura, a massa úmida e a massa aparente obtivemos a área líquida em cm². Na tabela abaixo temos valor de área líquida da empresa T.

Tabela 9 - Valores de área líquida da empresa T

CORPO	ALTURA (mm)	MASSA U (g)	MASSA AP (g)	ALQ (mm ²)	ALQ (cm ²)
1	135	2051	1010	7711,11	77,11
2	137	2058	1028	7518,25	75,18
3	138	2122	1062	7681,16	76,81
4	138	2081	1041	7536,23	75,36
5	138	2071	1030	7543,48	75,43
6	136	2102	1048	7750,00	77,50
7	140	2107	1052	7535,71	75,36
8	138	2088	1047	7543,48	75,43
9	138	2141	1070	7760,87	77,61

10	135	2076	1034	7718,52	77,19
11	135	2105	1048	7829,63	78,30
12	135	2077	1033	7733,33	77,33
13	135	2092	1044	7762,96	77,63
MÉDIA	136,77	2090,08	1042,08	7663,44	76,63

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Os blocos cerâmicos deverão apresentar área líquida igual ou inferior a 75% da área bruta de acordo com a NBR 15270-1(2017). Para determinação desses valores, foram calculados a média dos valores individuais dividindo estes valores pelas áreas líquidas em mm² da Tabela 9. Na Tabela abaixo podemos observar os percentuais de área líquida da empresa C e T.

Tabela 10 - Percentual de área líquida das empresas C e T

Blocos	% de Área Líquida Empresa C	% de Área Líquida Empresa T
1	47	44
2	46	44
3	47	45
4	44	45
5	43	44
6	43	46
7	46	45
8	46	45
9	45	46
10	47	46
11	44	46
12	46	44
13	44	46

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.3.6. Índice de Absorção de Água (AA).

Para execução desse ensaio os corpos foram limpos e identificados retirando todas as partículas soltas, foram colocados na estufa a uma temperatura de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Após esse processo os blocos foram submersos em água por um período de 24h para a saturação, após isso foram colocados na bancada deixando o excesso

de água escorrer, pesando-os em uma balança de resolução obtendo a sua massa úmida. Foram utilizadas 6 amostras de cada empresa de acordo com o recomendado pela norma 15270-2(2017). A Tabela 11 abaixo determina os valores de massa seca e massa úmida de cada amostra utilizando-se a Eq (2) para determinação do índice de absorção de água.

Tabela 11 - Índices de Absorção de Água da Empresa C

Corpos de prova	Massa Seca (g)	Massa úmida (g)	AA%
1	1842	2086	13,25
2	1797	2022	12,52
3	1946	2172	11,61
4	1840	2090	13,59
5	1885	2146	13,85
6	1893	2145	13,31

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

De acordo com o previsto pela NBR 15270-1 o índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 25%.

Tabela 12- Índices de Absorção de Água da Empresa T

Corpos de prova	Massa Seca (g)	Massa úmida (g)	AA%
1	1845	2094	13,50
2	1870	2087	11,60
3	1850	2105	13,78
4	1849	2096	13,36
5	1850	2115	14,32
6	1862	2102	12,89

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.3.7 Determinação da resistência à compressão

Para realização deste ensaio os blocos foram limpos e identificados foram utilizados os mesmos 13 blocos do ensaio de geometria, com as dimensões já determinada, as faces das amostras foram capeadas com argamassa as espessuras do capeamento não excederam a 3mm como previsto em norma, após o

endurecimento do capeamento as amostras foram submersas em água em um período de 6 horas. A Figura 14 e 15 abaixo mostra os blocos capeados com argamassa e submersos em água respectivamente.

Figura 14 - Blocos capeados com argamassa

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Figura 15 - Blocos submersos em água

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Após esse processo os blocos foram ensaiados de modo que a carga fosse aplicada em direção ao esforço, se apresentando perpendicular ao comprimento. Os blocos foram colocados na prensa de modo que seu centro de gravidade se encontre no eixo de carga dos pratos de acordo com a NBR 15270-2.

Figura 16 - Rompimento das amostras

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

A tabela abaixo representa os valores de compressão individual de cada corpo de prova. Sendo este valor encontrado dividindo a carga máxima, expressa em newton (N) pela média da área bruta das duas faces de trabalho de cada bloco ou tijolo, expressa em milímetros quadrados (mm^2).

Tabela 13 – Valores de resistência a compressão individual (f_b) da empresa C

Corpo de prova	Área Bruta Face 1	Área Bruta Face 2	Carga (N)	Tensão (MPa)
1	17480	16999	9012	0,523
2	17100	16456	7366	0,439
3	17100	16544	9850	0,586
4	16830	16643	8810	0,526
5	16920	16643	10601	0,632
6	17017	16554	7221	0,430
7	16926	16465	8435	0,505
8	16740	16643	10197	0,611
9	16650	16744	12392	0,742
10	16650	16554	8926	0,538
11	16835	16740	11727	0,699
12	17388	17290	10717	0,618
13	17017	16732	9821	0,582

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Abaixo temos os valores de resistência a compressão da empresa T sendo aplicado o mesmo cálculo da empresa C, sendo determinado os valores das tensões em (MPa).

Tabela 14 – Valores de resistência a compressão individual (f_b) da empresa T

Corpo de prova	Área Bruta Face 1	Área Bruta Face 2	Carga (N)	Tensão (MPa)
1	17190	17572	12681	0,730
2	16830	16830	11294	0,671
3	17100	17100	18631	1,090
4	17010	17010	15396	0,905
5	17664	17280	30907	1,769
6	17280	17472	7886	0,454
7	16443	17199	21173	1,259
8	16530	17100	19036	1,132
9	17088	17280	14760	0,859
10	16821	17010	19527	1,154
11	17190	17381	36742	2,126
12	17100	17480	19295	1,116
13	17280	17472	10868	0,625

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.4 Descrição do processo de fabricação dos blocos

As duas empresas possuem um processo de produção igual com a utilização dos mesmos equipamentos e com um forno tipo Hoffman, abaixo é possível observar como os blocos são fabricados desde a extração da matéria-prima até a armazenagem dos blocos destinadas ao consumidor final.

3.4.1 Extração da matéria-prima

A empresa T extrai suas argilas de jazidas próximas a cerâmica essa localização próxima facilitam o transporte que é feito por meio de caminhões e caçambas sendo a argila estocada no pátio da empresa T o processo de mistura utiliza-se 50 % de uma argila considerada magra e 50% considerada gorda.

A empresa C extraem suas argilas de jazidas mais distantes da cerâmica as extrações são feitas em uma jazida licenciada por uma empresa terceirizada onde por cada carrada transporta é efetuado um pagamento. Tanto na empresa C e T as argilas ficam estocadas a céu aberto para que aconteça o processo de sazonalidade melhorando a sua plasticidade e umidade. As misturas ficam em torno de 8 dias para o processo de descanso. A Figura 17 abaixo mostra a argila estocada no pátio da cerâmica T.

Figura 17 - Argila depositada a céu aberto na cerâmica T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Podemos observar que a argila fica armazenada a céu aberto exposta a ação do vento e da chuva no período do inverno há a formação de lamaçal na área onde são depositadas. A localização desta no pátio da cerâmica facilita o transporte para o caixão alimentador.

3.4.2 Caixão Alimentador

A argilas seguem para o destorrador este tem a função de triturar os torrões de modo a separar os torrões maiores dos menores, quando os grãos possuem diâmetros impossíveis de quebra, a quebra é feita de forma manual com uso de enxadas até que estejam compatíveis com a dimensão do caixão alimentador.

A Figura 18 abaixo mostrar um caixão alimentador onde as argilas ficam depositadas.

Figura 18 - Caixão alimentador da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.4.3 Misturador

A argila é colocada no misturador onde faz o processo de dosagem das argilas esse equipamento realizar movimento em forma de círculo, permitindo a misturas das massas até que está alcance a umidade e a plasticidade adequada. E adicionada uma certa quantidade de água para facilitar o processo de mistura. A Figura 19 abaixo mostra os misturadores das duas empresas.

Figura 19 - Misturadores da empresa C e T respectivamente

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.4.4 Laminador

As duas cerâmicas possuem laminador esse equipamento é responsável faz o processo de mistura comprimindo o material e homogeneizando, após esse processo a argila é transportada por uma correia. A Figura 20 abaixo demonstrar a argila sendo transportada por uma correia na empresa C.

Figura 20 - Argila sendo transportada por correia

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.4.5 Extrusora

A extrusora também conhecida como maromba é responsável pelo processo de homogeneização da argila, está submetida a uma câmara de alta pressão composta por um sistema de desaeração (vácuo) sendo comprimida por uma boquilha sendo esta uma peça em aço com o formato do perfil cerâmico. A Figura 21 abaixo mostra essa máquina na cerâmica C.

Figura 21 - Extrusora da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.4.6 Corte e acabamento

O cortador é utilizado para seccionar a massa na dimensão que se deseja é um sistema mecanizado localizado na saída extrusora, a máquina na cerâmica C e T é composta por 5 fios tensionados que efetuam o corte da barra cerâmica deixando no formato desejado. As peças são retiradas de forma manual são selecionadas e levadas para as prateleiras de secagem. A Figura 22 abaixo mostra como essa máquina realiza o corte das peças na empresa C.

Figura 22 - Cortador da empresa C

Fonte: Elaborador pelo autor, (2019).

3.4.7 Secagem

A secagem nas duas cerâmicas é feita em local fechado o seu processo é feito de forma natural ficando dentro do interior de um galpão as peças são dispostas em prateleiras deixando-as por um período de 15 dias em que já eliminaram bastante água, após isso são colocados dentro do forno para o processo de queima. A Figura 23 abaixo mostra os blocos empilhados em prateleiras deixando eliminar o excesso de água na empresa C.

Figura 23 - Processo de secagem da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

3.4.8 Queima

Nas duas cerâmicas o forno utilizado para o processo de fabricação é o forno tipo Hoffman, onde a temperatura de queima chega a 800°C, esse possui uma série de linha em um único lote, tem sua chama transportada de uma linha para outra, essa linha formando um ciclo contínuo.

As linhas são preenchidas com paletes havendo um controle de temperatura até que os tijolos fiquem prontos sendo a temperatura passada para as próximas linhas. Nesse tipo de forno não pode haver falta de material seco para queimar devendo ser reabastecido com lenha, pois pode interromper o ritmo do forno dificultando a estabilidade térmica. As peças são organizadas de modo que se tenha o máximo de aproveitamento de calor, após queimado o material fica no forno por 24 para o processo de resfriamento.

Figura 24 - Forno tipo Hoffman empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

A empresa C não há um controle de temperatura no processo de queima esse processo é controlado por um funcionário que sabe a temperatura ideal. Na empresa T esse controle de temperatura é feito com o uso de termopares que são instalados na parte superior do forno este equipamento é interligado por um painel indicador digital de temperatura onde registra as temperaturas observando o melhor processo de queima.

3.4.9 Armazenamento e Transporte

Os blocos são armazenados no pátio na empresa T são envolvidos com papel filme para que não haja contato com umidade, os tijolos são empilhados e são colocados para venda. Na Figura 25 abaixo observamos os blocos da empresa T empilhados e cobertos.

Figura 25 - Blocos empilhados cerâmica T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Na empresa C os blocos são armazenados sem nenhum tipo de cobertura os blocos novos são misturados com os blocos antigos, dificultando o processo de identificação.

4 Resultados e Discussões

4.1 Análise visual

Na análise visual no quesito identificação as duas empresas foram reprovadas. É necessário que as duas empresas determinem a classe de comercialização denominando ser é VED (vedação) ou EST (estrutural). Essa classificação é necessária para o projetista ou até mesmo para o consumidor final.

Quadro 5 - Análise Visual das duas empresas C e T

Corpo de Prova	Identificação		Quebras		Deformações	
	C	T	C	T	C	T
01	NC	NC	C	C	C	C
02	NC	NC	C	C	C	C
03	NC	NC	C	C	C	C
04	NC	NC	C	C	C	C
05	NC	NC	C	C	C	C
06	NC	NC	C	C	C	C
07	NC	NC	C	C	C	C
08	NC	NC	C	C	C	C
09	NC	NC	C	C	C	C
10	NC	NC	C	C	C	C
11	NC	NC	C	C	C	C
12	NC	NC	C	C	C	C
13	NC	NC	C	C	C	C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Onde: NC – Não Conforme

C – Conforme

De acordo com o Quadro 5 acima as características visuais dos blocos da cerâmica C e da cerâmica T todas as 13 amostras não estavam conforme o critério identificação apresentando somente o CNPJ, o endereço e as dimensões nominais não apresentando sua classe de comercialização nem a sua resistência podendo considerar o lote das duas empresas reprovado.

4.2 Análise das Dimensões (Largura, Altura, Comprimento)

Com relação as medidas dimensionais os blocos da cerâmica C as medidas de comprimento de uma das faces da amostra 9 ultrapassou o limite previsto fazendo com que o desvio ultrapasse o valor estipulado na norma que para as tolerâncias individuais é de 5 mm o desvio da média também ultrapassou o valor previsto que é 3mm. No Gráfico 1 abaixo temos o comprimento das duas faces da empresa C onde podemos observar a variação de desvio.

Gráfico 1 - Comprimento das duas faces da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Podemos observar que no Gráfico 2 os valores de comprimento das duas faces das 13 amostras estão de acordo com o padrão previsto pela norma, não havendo variação em nenhum bloco. Todas os corpos de prova apresentaram –se com tolerância de 5mm para os valores individuais e tolerância de 3mm para média.

Gráfico 2- Comprimento das duas faces da empresa T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

4.2.1 Largura (Empresa C e T)

De acordo com a NBR 15270-2, as medidas da largura das duas faces dos blocos da empresa C seguem os valores estipulados pela norma. Com desvio dentro dos valores permitidos. No Gráfico 3 abaixo temos a análise das faces da empresa C observando o desvio entre as mesmas.

Gráfico 3 - Largura das duas Faces da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

A empresa T também apresentou seus resultados de acordo com as dimensões estipuladas pela NBR 15270-1, todas as amostras as dimensões de largura foram aprovadas. Apresentando um desvio entre as suas faces de acordo com o previsto pela norma. No Gráfico 4 abaixo observamos as larguras e desvios da empresa T.

Gráfico 4 - Largura das duas faces da empresa T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

4.2.2 Altura (Empresa C e T).

A altura dos blocos da empresa C as 13 amostras obtiveram seus valores com as dimensões previstas pela norma, as duas faces apresentaram um desvio dentro do permitido com tolerância de 5 mm é uma média de 3mm.

Gráfico 5 - Alturas das duas faces da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

A empresa T conforme o Gráfico 6 abaixo apresentou seus valores de acordo com o permitido pela norma, o desvio entre as faces também cumpre o estabelecido.

Gráfico 6 - Altura das duas faces da empresa T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

4.2.3 Paredes Externa e Septos

As medidas dos septos nos Quadros 6 abaixo da empresa C as dimensões estão dentro do estipulado pela norma, onde a espessura mínima é 7 mm para as paredes externas e para os septos não espessura mínima.

Quadro 6- Medidas paredes externas e dos septos da empresas C

Número de Blocos	Paredes Externas (mm)				Septos (mm)	
	E1	E2	E3	E4	S1	S2
01	6	4	4	5	6	4
02	5	6	4	4	6	5
03	5	6	7	5	5	6
04	6	5	5	4	5	4
05	4	6	5	6	6	6
06	6	4	4	5	6	5
07	5	6	5	5	4	5
08	6	6	4	6	5	6
09	5	6	5	5	6	5
10	6	5	4	5	5	5
11	5	6	5	5	5	6
12	5	7	6	7	5	6
13	6	4	5	3	5	6

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

No Quadro 7 abaixo podemos observar os septos da Empresa T seguem também o previsto em norma.

Quadro 7 - Medidas das Paredes Externa e dos Septos da Empresa T

Número de Blocos	Paredes Externas (mm)				Septos (mm)	
	E1	E2	E3	E4	S1	S2
01	7	6	6	6	4	4
02	6	6	6	6	5	5
03	6	6	6	6	7	6
04	7	7	6	6	4	5
05	7	6	5	5	5	5
06	7	6	5	5	4	5
07	7	6	5	5	5	4

08	7	6	5	5	5	5
09	5	6	6	6	5	5
10	5	7	6	5	5	5
11	6	6	6	5	6	5
12	7	6	7	6	5	5
13	7	6	7	7	5	5

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

4.3 Análise da Área Líquida

O cálculo de área líquida de acordo com a NBR 15270-1 não deve ser inferior a 75% do valor da área bruta. Os valores das empresas C e T alcançaram esses valores previsto pela norma. Nos Gráficos 7 e 8 abaixo podemos observar os valores da empresa C e T.

Gráfico 7 - Porcentagem de área líquida de blocos cerâmicos da empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Gráfico 8 - Porcentagem de área líquida de blocos cerâmicos da empresa T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

4.4 Índice de Absorção de Água

No Gráfico 9 abaixo podemos observar os valores de absorção onde a norma determina que esses valores não sejam inferiores a 8% nem superior a 25 %, a empresa C todas as 6 amostradas analisadas estão de acordo com o previsto em norma.

Gráfico 9 - Índice de Absorção de água empresa C

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Assim como na empresa C as amostras da empresa T estão dentro do limite permitido para o índice de absorção de água. No Gráfico 10 abaixo os 6 corpos de prova analisados se enquadram dentro desse valor.

Gráfico 10 - Índice de Absorção de água empresa T

Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

4.5 . Análise do ensaio da resistência a compressão dos blocos

Para as 13 amostras ensaiadas da empresa C estas não alcançaram o mínimo previsto em norma onde estes deviam possuir uma resistência a compressão individual (f_b) de no mínimo 1,5 MPA, podendo considerar o lote reprovado. No Gráfico 11 abaixo observamos a variação desses valores o quanto estão abaixo do estipulado pela norma.

Gráfico 11 - Resistência a compressão da Empresa C

Para a empresa T apenas as amostras 5 e 11 alcançaram a resistência mínima podendo considerar o lote reprovado. No Gráfico 12 abaixo é possível observar que os valores de resistência estão bem abaixo do permitido.

Gráfico 12 - Resistência à compressão da empresa T

5 . Análise do processo de fabricação dos blocos

5.1 Matéria – prima

Como a matéria – prima é estocada a céu aberto isso pode ser prejudicial no processo de mistura da massa das duas empresas. É necessário que as argilas fiquem em local fechado, onde não haja a incidência da luz solar, pois está inibe a ação enzimática da matéria orgânica de modo que processa mais homogeneização do material, para que a umidade se mantenha entre 12 a 14% para que a matéria orgânica se desenvolva processando uma melhor homogeneidade (COSTA, 2013).

O tempo de espera de descanso da massa deve ser respeitado, o que muitas vezes não ocorre nas empresas, sendo comum faz a mistura em apenas 3 dias de descanso fazendo com que a massa não alcance o processo de homogeneização adequado.

Há a necessidade de realização de ensaios de caracterização física e química além de ensaios de elasticidade e análise granulométrica (SALES et al 2016). O que se observou é que a escolha da argila é feita de forma empírica sem nenhum tipo de ensaio, o processo de mistura

5.2 Laminador e Cortador

O cortador da empresa C precisa ser trocado para que os blocos não saiam com formatos irregulares, trocando a boquilha da extrusora já está sendo realizado. A argila contém uma quantidade de sílica e pequenas pedras dificultando a vida útil do laminador fazendo com que as boquilhas apresentem problemas constantemente, observou um desgaste da hélice que são encaixadas no eixo central da extrusora isso se dá devido a quantidade de pequenas pedras dentro do interior da argila necessitando que a peça seja trocada.

5.3 Forno

O forno da empresa C necessita de controle de temperatura não possui termostato digital dificultando o controle de temperatura, o controle acaba sendo

visual. Tanto no processo de queima como no processo de secagem a massa cerâmica sofre reações necessitando possuir uma temperatura de forma controlada.

A não uniformidade dos blocos pode estar relacionada com processo de queima podendo haver o processo de retração diferenciada em amostras do mesmo lote. Uma das medidas de controle de queima para a empresa C é a utilização de termopolaes esse equipamento possibilita o controle de temperatura na parte interna do forno. Na Figura 26 abaixo é possível observar um termopolar.

Figura 26 - Sensor de Temperatura para fornos

Fonte: Alutal, (2019).

Esses sensores de temperatura reduz o gasto com combustível com uma economia de 20% além da redução do tempo de queima, os termopolaes devem ser instalados na parte superior do forno ou teto.

Os sensores atravessam as paredes ultrapassando uma medida de 5 a 10 cm para dentro do forno tendo contato com a temperatura de queima podendo assim fazer o envio da informação até a central digital (ALUTAL,2019).

Com esse sistema instalado será possível o acompanhamento e registro de temperaturas de queima, podendo se identificar temperaturas máximas havendo uma redução nas perdas, padronizando a cor e reduzindo o consumo de madeira, pois com a oscilação de temperatura o consumo de madeira pode aumentar esses sensores torna-se uma solução para a empresa C, uma solução para diminuir o risco de insalubridade com trabalhadores com manuseio o forno.

6. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo analisar o processo produtivo de duas empresas, buscou fazer um diagnóstico afim de verificar a qualidade desses produtos. Através dos resultados obtidos pode-se observar que as duas empresas apresentam conformidade em alguns quesitos enquanto outros se apresentam não conformes necessitando assim melhorias no seu processo de fabricação, desde a extração da matéria-prima, passando pela etapa de queima e estocagem alguns ajustes devem ser feitos para uma melhor qualidade dos blocos.

Assim conclui-se que os blocos da empresa C é a que mais necessita de reparação em alguns equipamentos antigos como a maromba, um estudo sobre granulométrica na argila utilizada, além de regulagem de temperatura do forno utilizado.

Com relação aos ensaios seus blocos foram reprovados no critério de identificação, nas dimensões efetivas e no ensaio de resistência a compressão, seguindo os padrões estabelecidos no ensaio de absorção de água e medida dos septos.

A empresa T como já está passando por um processo de modernização, necessita apenas fazer um estudo na granulometria para uma melhor conformação da sua argila, mesmo tendo alcançados bons resultados na geometria e no índice de absorção de água seus valores de resistência a compressão estão abaixo do permitido pela NBR 15270-2.

A qualidade é um fator que deve ser verificado apesar de que para mantê-la é necessário um investimento mais alto, mas seu retorno se dá a longo prazo com um produto de qualidade e reconhecimento da empresa com a certificação.

6.1 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros realizar ensaios de granulometria para análise das argilas dessas empresas, limite de liquidez, ensaio de densidade. Além de complementar com ensaios de eflorescência para uma melhor análise das possíveis patologias nesses blocos. Fazer uma análise de custo dos possíveis maquinários que podem ser implantados para as empresas.

Referências

ANTUNES, E.G.P. **Análise das manifestações patológicas em edifícios de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos em empreendimentos de interesse social de Santa Catarina**. 2011 261p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/95650>. Acesso em 18 de mar 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações técnicas- processo de fabricação**, 2016. Disponível em: <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em 08 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Dados do Setor**. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>. Acesso em: 18 de abr de 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CÊRAMICA. **Programa setorial da qualidade dos blocos cerâmicos PSQ –BC**. Relatório Setorial, 2016. Disponível em: pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=3ca93c8a-1eb1-404d-b866...ext.... Acesso em: 12 de fev 2019.

ASSOCIAÇÕES DE NORMAS BRASILEIRAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**, 1 ed, Rio de Janeiro: ABNT, 2017a.

ASSOCIAÇÕES DE NORMAS BRASILEIRAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**, 1 ed, Rio de Janeiro: ABNT, 2017b.

ALUTAL CONTROLES INDUSTRIAIS. **Autorfor Hoffman- automação de fornos**. Disponível em: <http://www.alutal.com.br/ceramica-br/produto/autofor-hoffman-automacao-de-fornos>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

AZEREDO, Neila Godim. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas em blocos cerâmicos estruturais através do método de ultrassom da região de campos de Goytacazes**. 2015 130p. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: uenf.br/...civil/.../Teses-de-Doutorado-2015-NEILA-GONDIM-DE-AZEREDO.pdf. Acesso em 14 de fev 2019.

Banco do Nordeste do Brasil. **Informe Setorial Cerâmica Vermelha**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste –ETENE. São Luís, 2010. Disponível em: www.banconordeste.gov.br/...informe_setorial_ceramica_vermelha. Acesso em : 20 de abril de 2019.

BARBOSA, Elcivone Maria de Lima. **Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia vol.01, 2015.

BAUER, F. L.A. **Materiais de Construção 2**. 5 ed (Reimpr). Rio de Janeiro: Editora LTC,2013.

CALLISTER, W.D.J; RETHWISCH, D.G. **Ciência e engenharia dos materiais uma introdução**. 8 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

COLLATI, N.R; REIS, A.S; ARAÚJO, G.S; TRISTÃO, F.A; POSSES, I. **Determinação das características geométricas dos blocos cerâmicos produzidos no município de Colatina- Es**.VI Jornada de Iniciação Científica. Instituto Federal do Espírito Santo, 2011.

COSTA, V.S.F.. **A importância do ciclo de queima nas propriedades mecânicas e físicas da cerâmica vermelha**. Revista Tempo Técnico, ed 17, 2013.

DAMIANE, J.C;PEREZ, F;MELCHIADES,F.G;BOSCHI, A.O. **Coração Negro em Revestimentos cerâmicos**: Principais causas e possíveis soluções. Revista Cerâmica Industrial. Março/ abril. 2002.

FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Guia técnico ambiental da indústria da cerâmica vermelha**, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: www.sindicermg.com.br/estudante/GuiaAmbientalCeramicaVermelha.pdf. Acesso em 14 de fev 2019.

GALASSI, C; TAVARES, C.R.G. **Processo produtivo de blocos cerâmicos**. In: VI SIMPÓSIO MARINGAENSE DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO- SIMEPRO, 2013, Maringá: Universidade Estadual de Maringá,2013. p. 04.

GOMES, Júnior et al. **Conferência da qualidade de blocos cerâmicos vazados para alvenaria de vedação produzidos pelas fábricas da cidade de Crato – CE**. Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas. Instituto Federal do Ceará, Recife, 2017.

GONÇALVES, M. F. **Estudo Comparativo entre blocos cerâmicos, blocos de concreto e blocos de tijolo de solo- cimento para execução de alvenaria**.2016 39p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Produtos de cerâmica vermelha para alvenaria: avaliação da conformidade**. Cartilha, 2013.Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Inmetro/produtos-de-cermica-vermelha-para-alvenaria-cartilha>. Acesso em: 14 de mar 2019.

ISAIA, G.C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2ed. São Paulo: IMBRACOM, 2010.

ISHIDA, H.K; VALENTE, A.C.F; VILLEGAS, T.A; PINZÓN, F.M. et al. **Análise de Eficiência Energética em segmentos industriais selecionados**. Terno de Referência. Applus– Qualitec, 98p, 2018.Disponível em: www.mme.gov.br/documents/10584/...6.../bf2ce07b-f7c3-416a-88eb-40f49fa7dce0. Acesso em 21 de março de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE e TECNOLOGIA.

Processamento cerâmico a seco. Boletim Técnico. Rio Grande Do Sul, 2010. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/Boletim-Tecnico-Processamento-Ceramico-a-Seco.pdf>. Acesso em: 22 de abril 2019.

KACZAM, F; SANTOS, R.V; SANTOS, J.A.A; POSSAN, EDNA; SCHMIDT, C.A.P.

Avaliação do processo produtivo de Blocos Cerâmicos por meio do controle estatístico do processo. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC, Foz do Iguaçu, 2016.

MARIANE, Aline. Bloco de concreto celular. **Revista Construção, mercado negócios e incorporações e construção.** Edição 141, abril, 2013. Disponível em:

<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao/construcao/141/bloco-de-concreto-celular-caso-nao-passem-nas-verificacoes-299769-1.aspx>. Acesso em: 23 de mar de 2019.

MEDEIROS, Elisa Nazaré Maia. **Sistema de gestão da qualidade na indústria cerâmica vermelha.** Estudo de caso de uma indústria que abastece o mercado de Brasília. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Gustavo Chibiaqui; ALMADA, Jorge Luís Augusto. **Avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos para alvenaria de vedação comercializados na região do Paraná.**

Trabalho de conclusão de Pós-Graduação. Universidade de Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2008.

NASCIMENTO, C.B. **Estudo da reengenharia de fornos cerâmicos com crivamento:** uma oportunidade real de melhoria da sustentabilidade. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Guarapuva, 2015.

NETO, Dirceu. **Blocos cerâmicos deixam de ser opção apenas para vedação e ganham espaço na alvenaria estrutural.** Revista Técnica. 2017. Disponível em:

<https://techne.pini.com.br/2017/02/blocos-ceramicos-deixam-de-ser-opcao- apenas-para-vedacao-e-ganham-espaco-na-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 12 de mar 2019.

OBA, Renato. **Análise térmica numérica e experimental de um forno de túnel.**

Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

PADILHA, A.F. **Materiais de engenharia:** microestrutura e propriedades. Editora Hemus, 2007.

PORTELA, Rafael Pires. **Fator de Eficiência da Resistência prisma/ bloco cerâmicos de paredes vazadas.** 2015 74p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/.../PORTELLA%2C%20RAFAEL%20PIRES.pdf>. Acesso em: 10 de fev 2019.

ROCHA, F.N; SUAREZ, P.A.Z; GUIMARÃES, E.M. **Argilas e suas aplicações em**

utensílios e materiais cerâmicos. Revista Virtual de Química. v.6, 2014. Disponível em: rvq.sbcq.org.br/imagebank/pdf/v6n4a21.pdf. Acesso em 18 de fev 2019.

SALES, J.C; MORAIS, J.E.V; SANCHO,E.O;FERREIRA, A.C;
NASCIMENTO,J.P.C;CASTRO, A.J.N; GUIMARÃES, G.F; SOMBRA, A.S.B; BRAGA, W.A.
As argilas para fabricar cerâmica vermelha no nordeste brasileiro. 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Águas de Lindóia. São Paulo, 2016.

SANTOS, Mariane Oliveiras. **Avaliação a Resistência á compressão de prismas cerâmicos e de concreto.** 2016 58p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campos MOURÃO, 2016. Disponível em: repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6886/1/CM_COECI_2016_1_23.pdf. Acesso em: 22 de fev 2019.

SILVA, L.O; SANTOS, G.N; SAVARIS, W.K. **Tijolo solo cimento:** fabricação e utilização em construções que visam o equilíbrio ambiental. Revista Conexão Eletrônica, Minas Gerais, v.15,2018.

SILVA, D.H; SILVA, J.F.T; ALMEIDA, S; LIMA, S.F. **Tijolos, normas técnicas e aplicação em alvenaria.** Cadernos de graduação. Ciências Exatas e Tecnológica. Alagoas, 2017. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/5214>. Acesso em: 26 de abril de 2019.

SOUZA, Carlos Cruz. **Revisão da Norma de Blocos Cerâmicos.** ed 110.Revista Anicer, 2018. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/revista-anicer/revista-110/abnt-nbr-15270/>. Acesso em: 12 de fev 2019.

TAGUCHI, Mário Koji. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/24135?show=full>. Acesso em 12 de fev 2019.

TAIL, C.A; NESE, F.J.M. **Alvenaria Estrutural:** metodologias do projeto, detalhes, mão de obra, normas e ensaios. São Paulo, Editora Pini, 2010.

HENRIQUES, M.F. J.et al. **Manual de fornos eficientes na indústria de cerâmica vermelha.** 2º ed. Rio de Janeiro, INT/ MCTI, 2013, 28p.