



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

EULLER DA CONCEIÇÃO TAVARES

**IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE LAVRA DA ARGILA PARA PRODUÇÃO DE
TIJOLO QUE ABASTECEM O MUNICÍPIO DE JURUTI COM CARACTERIZAÇÃO
MECÂNICA CONFORME NORMA TÉCNICA DOS TIJOLOS DE 6 FUROS**

**JURUTI-PA
2023**

EULLER DA CONCEIÇÃO TAVARES

**IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE LAVRA DA ARGILA PARA PRODUÇÃO DE
TIJOLO QUE ABASTECEREM O MUNICÍPIO DE JURUTI COM CARACTERIZAÇÃO
MECÂNICA CONFORME NORMA TÉCNICA DOS TIJOLOS DE 6 Furos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Minas, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Minas, pela
Universidade Federal do Oeste do Pará.
Orientador: Msc. Elden de Albuquerque Marialva

**JURUTI-PA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

M231i Tavares, Euler da Conceição

Identificação do tipo de lavra da argila para produção de tijolo que abastece o município de Juruti com caracterização mecânica conforme norma técnica dos tijolos de seis furos/ Euler da Conceição Tavares – Juruti, 2023.

80 p. : il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Elden de Albuquerque Marialva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Engenharia de Minas.

1. método de lavra. 2. Depósitos de pláceres. 3. Cerâmica vermelha. I. Marialva, Elden de Albuquerque, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 622.3



ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 16 de Janeiro do ano de dois mil e vinte três, na sala Infermatice do Campus Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará, às 18:30 horas, reuniu-se a Banca Avaliadora de TCC composta pelo Prof. Elden de Albuquerque Marialva (orientador e presidente da banca), Prof. Regis Quesada Casquet, Prof. Michael Jose Batista Dos Santos. A reunião teve por objetivo avaliar o trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Engenharia de Minas do discente Euller da Conceição Tavares, sob o título IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE LAVRA DA ARGILA PARA PRODUÇÃO DE TIJOLO QUE ABASTECER O MUNICIPIO DE JURUTI COM CARACTERIZAÇÃO MECANICA CONFORME NORMA TECNICA DOS TIJOLOS DE 6 FUROS

O trabalho foi aberto pelo orientador. Cada examinador arguiu o estudante, com tempos iguais de perguntas e respostas. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a Banca Avaliadora que o discente está (☒ APROVADO () REPROVADO), com nota 9,42. Nada mais havendo a tratar, foi a presente ata lavrada por mim, Adriano Olímpio da Silva, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Juruti, 16 de janeiro de 2023

Elden de A. Marialva
(Orientador)

Regis Quesada
(Avaliador 1)

Michael Jose Batista Dos Santos
(Avaliador 2)

Documento assinado digitalmente



MICHAEL JOSE BATISTA DOS SANTOS
Data: 18/01/2023 01:04:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus em primeiro lugar, a ele sou grato por todas as coisas, por me fortificar e me dar sabedoria em todos os momentos. Agradeço a minha família pelo apoio incondicional em todas as etapas da graduação, principalmente meus filhos Euller Junior e Chloe que são meus incentivos diários. Agradeço aos meus amigos, principalmente aqueles que se tornam irmãos. Agradeço ao meu orientador Eng Elden Marialva por todo apoio e confiança, pelos ensinamentos e incentivos.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no município de Juruti/PA, com o objetivo de identificar o tipo de lavra praticado na exploração de argila, especificamente a cerâmica vermelha, matéria prima utilizada na fabricação dos tijolos cerâmicos e a realização de testes para averiguar a qualidade dos tijolos seguindo as determinações da NBR 15.270/2017. Para alcançar os dois objetivos propostos os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em 05 etapas que compreenderam visitas as lojas de materiais de construção, visitas técnicas nas olarias do município de Juruti e da comunidade de Vila Socorro - Santarém/PA, visitas aos processos de lavra da argila, coleta de amostras, ensaios de caráter visual, geométrico, físico e de compressão e por último a análise dos resultados obtidos em campo e nos ensaios de laboratório. Foi identificado que a exploração de argila ocorre por lavra a céu aberto do tipo via úmido, através da lavra de pláceres, pelo mecanismo de dragagem por navegação flutuante, a lavra acontece no leito do Rio Amazonas. Os tijolos cerâmicos ensaiados foram aprovados com relação a sua geometria, houve rejeição de alguns lotes com relação aos aspectos visuais e físicos concernente ao índice de absorção de umidade.

Palavras-chave: Método de lavra; depósitos de pláceres; cerâmica vermelha; teste de qualidade.

ABSTRACT

This work was carried out in the municipality of Juruti/PA, with the objective of identifying the type of mining practiced in the exploitation of clay, specifically red ceramic, raw material used in the manufacture of ceramic bricks and the carrying out of tests to verify the quality of the bricks following the determinations of NBR 15.270/2017. In order to achieve the two proposed objectives, the methodological procedures were developed in 05 stages that included visits to construction material stores, technical visits to the potteries in the municipality of Juruti and the community of Vila Socorro - Santarém/PA, visits to the clay mining processes, sample collection, visual, geometric, physical and compression tests and finally the analysis of results obtained in the field and in laboratory tests. It has been identified that the exploitation of clay occurs by open pit mining of the wet type, through the mining of Placers, by the dredging mechanism by floating navigation, the mining takes place in the bed of the Amazon River. The tested ceramic bricks were approved in terms of their geometry, there was disapproval of some batches in terms of visual and physical aspects concerning the moisture absorption index.

Keywords: Mining method; placer deposits; red ceramic; quality test.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais equipamentos de corte e carregamento usados em locais a seco na lavra de pláceres (A) Trator de esteira; (B) Carregadeira de pneus; (C) Retroescavadeira.	21
Figura 2 - Dragagem de sucção usada em pláceres inundados	22
Figura 3 - Extração de argila por ciclo em cava fechada de várzeas por retroescavadeira.....	23
Figura 4: Extração de minérios nos leitos de cursos d'água navegáveis	23
Figura 5 - Diagrama esquemático do processo de fabricação do material.....	28
Figura 6 - Esquema de uma maromba, extrusora e boquilha.....	30
Figura 7 - Esquema de um secador que aproveita os gases oriundos do forno para contribuir no processo de secagem.....	32
Figura 8 - Esquema da seção transversal de um forno contínuo tipo túnel.....	33
Figura 9 - Esquema de seção transversal longitudinal de um forno contínuo tipo túnel	33
Figura 10 - forno intermitente de chama invertida	34
Figura 11 - Olarias de tijolos cerâmicos situadas nas proximidades do município ...	39
Figura 12 - Olarias de tijolos cerâmicos situadas na comunidade Vila Socorro, município de Santarém/PA.....	39
Figura 13 - Bloco cerâmico de vedação com furo na horizontal e na vertical.....	41
Figura 14 - Locais para medições de largura (L) de bloco e tijolo	44
Figura 15 - Posições esquemáticas para medições da espessura das paredes externas e septos.	45
Figura 16 - Desvio em relação ao esquadro – representação esquemática.....	46
Figura 17 - Representação esquemática de desvios de concavidade e convexidade	47
Figura 18 - Posição dos corpos de provas nos ensaios de compressão, compressão axial dos blocos e tijolos.....	52
Figura 19 - Perfil de interesse do consumidor em relação a qualidade técnica dos tijolos cerâmicos.....	53
Figura 20 - Perfil de interesse do Proprietário de loja de construção de tijolos cerâmicos	54

Figura 21 - Olaria e porto de desembarque da argila que abastece as olarias da Vila Socorro.....	55
Figura 22 - Margem do rio Amazonas, local de extração da argila para utilização como matéria prima na fabricação de tijolos.....	55
Figura 23 - Amostragem dos 6 lotes de tijolos coletados nas olarias.....	56
Figura 24 - Codificação de amostras de acordo com o número dos lotes e posição no grupo.....	57
Figura 25 - Características geométricas – medição da espessura dos septos dos tijolos.....	58
Figura 26 - Características geométricas – medição de largura para encontrar a área bruta dos tijolos.....	59
Figura 27 - Características geométricas – medição de largura para encontrar o desvio em relação ao esquadro dos tijolos.....	59
Figura 28 - Características físicas - balança.....	63
Figura 29 - Características físicas – estufa.....	63
Figura 30 - Características físicas – tijolos submersos em água.....	64
Figura 31 - Tijolos recapeados com argamassa para realização de ensaios de compressão.....	68
Figura 32 - Prensa hidráulica manual capacidade 100 t/f.....	68
Figura 33 - Representação esquemática do processo de exploração da argila para a fabricação de tijolos.....	70
Figura 34 - Fluxograma de métodos de lavra e suas subclassificações.....	70
Figura 35 - Percentual dos tijolos que apresentaram algum tipo de defeito durante o processo de amostragem.....	71
Figura 36 - Resultado dos ensaios espessura dos septos.....	72
Figura 37 - Resultado de ensaio das paredes dos tijolos.....	72
Figura 38 - Resultado de ensaio da planeza das faces dos tijolos.....	73
Figura 39 - Resultado do ensaio de esquadro dos tijolos.....	73
Figura 40 - Resultado do ensaio de absorção de água dos tijolos.....	74
Figura 41 - Ilustração de entrada e saída de sedimentos no rio Amazonas na área da comunidade de Vila Socorro.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos principais setores cerâmicos, matérias primas e processos de fabricação.	25
Tabela 2 - Classificação de partículas de solo em função de sua granulometria.....	26
Tabela 3 - Elementos componentes das argilas	26
Tabela 4 - Corpos de prova aprovados na análise de características visuais.....	57
Tabela 5 : Resultado da determinação de características	60
Tabela 6 - Resultado dos ensaios de características físicas	64

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Métodos de lavras de minas a céu aberto.....	17
2.1.1 Classificação dos métodos de lavra a céu aberto	18
2.1.2 Métodos de lavra a seco	19
2.1.2.1 Lavra por bancadas.....	19
2.1.2.2 Pedreiras	19
2.1.2.3 Lavra por tiras	19
2.1.3 Métodos de lavra a úmida	20
2.1.3.1 Lavra hidráulica	20
2.1.3.2 Lavra de pláceres – dragagem.....	21
2.1.3.2.1 Lavra	21
2.1.3.2.2 Métodos de extração	22
2.2 Materiais argilosos	24
2.2.1 Materiais argilosos	24
2.2.2 Conceito e propriedades das argilas	25
2.2.3 Processo de fabricação dos materiais argilosos	28
2.2.3.1 Processo de preparo da matéria prima	28
2.2.3.1.1 Preparação por via natural	28
2.2.3.1.2 Processos mecânicos.....	29
2.2.3.2 Conformação.....	29
2.2.3.4 Tratamento térmico	31
2.2.3.5 Queima.....	32
2.2.4 tipos de fornos utilizados com materiais argilosos	33
2.2.5 Tijolos cerâmicos.....	34
2.2.5.1 Tijolos maciços.....	34

2.2.5.1 Tijolos furados	35
2.2.5.1.1 Blocos cerâmicos de vedação	35
2.2.5.1.2 blocos cerâmicos de vedação	36
3 METODOLOGIA, PROCEDIMENTOS E RESULTADOS.....	37
3.1 Metodologia	37
3.1.1 Etapas de desenvolvimento do trabalho.....	37
3.1.2 Método de levantamento de dados	37
3.1.3 Elaboração de questionário.....	38
3.1.4 Visitas técnicas nas olarias e área de lavra da argila.....	38
3.2 Procedimentos de ensaios de qualidades dos blocos cerâmicos.....	40
3.2.1 Conceitos gerais.....	40
3.2.2 Critérios de aprovação das amostras	42
3.2.2.1 Identificação e características visuais	42
3.2.2.2 Determinação de características geométricas.....	43
3.2.3.1 Determinação de medidas das faces - dimensões efetivas.....	43
3.2.3.2 Determinação de espessura das paredes eternas e septos.....	44
3.2.3.3 Determinação do desvio em relação ao esquadro (D)	45
3.2.3.4 Determinação da planeza das faces (F).....	46
3.2.3.5 Determinação de área bruta (A_b) área líquida (A_{liq})	47
3.2.4 Determinação de características físicas	48
3.2.4 Determinação de massa seca (m_s).....	49
3.2.4 Determinação de massa úmida (m_u)	49
3.2.4 Determinação de absorção de água	50
3.2.5 Determinação de resistência a compressão.....	50
3.2.5.1 Generalidades	51
3.2.5.2 Posição dos corpos de prova nos ensaios de compressão.....	51
3.2.5.3 Blocos cerâmicos estruturais e de vedação	51

3.3 Resultados	53
3.3.1 Pesquisa de campo	53
3.3.2 Resultado de Ensaio Laboratoriais	55
3.3.2.1 Característica visuais	56
3.3.2.2 Identificação	58
3.3.2.3 Características geométricas	58
3.3.2.4 Características físicas	62
3.3.2.5 Resistência a compressão	67
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
4.1 Pesquisa de campo	69
4.2 Resultado de Ensaio Laboratoriais.....	71
4.2.1 Característica visuais	71
4.2.2 Características geométricas	71
4.2.3 Características físicas	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS.....	78
ANEXOS	79

INTRODUÇÃO

Desde os princípios de existência da civilização humana, a mineração tem sido essencial para a humanidade. A arte de minerar é uma atividade antiga que corroborou de forma significativa com a sobrevivência do homem e consequentemente a sua evolução desde o surgimento do homo sapiens, na época da Pré-história. Essa contribuição fora importante na fabricação de ferramentas, produção e estocagem de alimentos, fabricação de armamento para a atividade de caça e de guerra e outros materiais essenciais utilizados nas construções, adornos e peças religiosas.

A mineração é considerada a segunda atividade industrial mais antiga já conhecida pelo homem, ficando atrás somente da agricultura. Isto pode ser constatado pelo uso da pedra para a fabricação de ferramentas, por se tratar de um material resistente, eram coletadas nos afloramentos de rochas e lapidadas até ficarem afiadas. Mesmo sem entender ao certo o conceito de minerar, o homem pré-histórico já praticava a mineração ao selecionar pelo método de catação os minerais duros para a preparação das armas e objetos de cortes, a retirada de argila para a fabricação de produtos cerâmicos, bem como os minerais coloridos que deram origem as pigmentações que foram utilizadas nas pinturas rupestres.

Em meados do século XVI foi publicado o livro de Georgius Agricola (1490 – 155) uma referência na área de mineração e metalurgia, que discorre sobre antigas técnicas de mineração através da utilização de instrumentos rudimentares, como picaretas, marretas e carrinhos de mãos, nessa época já era empregado o uso de sistemas de bombeamento de águas, içamento de rochas e ventilação de minas subterrâneas por via de poços de ventilação. O método de lavra a céu aberto expandiu-se excepcionalmente a partir do século XX, através da exploração de minério de cobre, ferro, carvão e dos minérios não metálicos como rochas fosfáticas, cascalho, gipsita e argila (CURI, 2017).

Em relação a produção de bem minerais vendáveis, entende-se que nesta etapa os maiores custos estão relacionados ao processo de lavra e de tratamento de minérios. A definição do método de lavra para um empreendimento mineiro deve levar em consideração os aspectos técnicos e econômicos, baseado em um conjunto de

operações que tem o objetivo motriz de extrair minério do modo mais eficiente, seguro e rentável possível.

Um dos setores minerais mais antigos explorado pelo homem é do ramo dos produtos cerâmicos, este pertence ao grupo de minerais não metálicos da indústria da transformação, onde a matéria prima principal utilizada no processo de fabricação é a argila. Os produtos oriundos deste setor estão diretamente interligados ao grupo da cadeia produtiva que compõe a indústria da construção civil.

No Brasil a formação de depósitos de argila possui uma vasta distribuição geográfica em todo o território nacional. Segundo o contexto geológico são distinguidos dois tipos principais de depósitos de argila: quartearias e sedimentares. As argilas do tipo quaternárias, estão alinhadas ao preenchimento dos fundos dos vales e planícies costeiras, formam depósitos lenticulares, com espessuras e áreas que variam de acordo com o perímetro de inundação. As argilas do tipo sedimentares que visam o aproveitamento cerâmico, ocorrem em diversas bacias brasileiras, onde o sedimento é formado a partir de folhelhos, argilitos. Siltitos, ritmitos e outras rochas de natureza pelítica (Coelho, 2009).

Segundo a estimativa da SGM (Anuário Estatístico 2011) a produção de cerâmica vermelha foi de 84,8 bilhões de peças cerâmicas (tijolos e blocos 70% e telhas 30%), o que corresponde a aproximadamente 170 Mt de argila (2kg/peça), a 4ª maior tonelagem produzida, ficando atrás apenas dos agregados do minério de ferro. Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica – (ANICER, 2020) o Brasil possui mais de 6.000 empresas distribuídas em mais de 1.000 municípios por todo o país até julho de 2020 e o Estado do Pará possuía 146 licenciamentos e 12 concessões de lavras de argilas.

Com relação a indústria da construção civil, é sabido que um dos principais componentes da alvenaria estrutural e de vedação são os tijolos cerâmicos, suas propriedades composicionais devem ser compatíveis com as exigências de exposição estrutural e transmissão de esforços através de tensões de compressão em que é submetida a alvenaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 1). Os produtos cerâmicos vem ganhando espaço nas construções civis no Brasil, em decorrência da alta demanda de investimentos no setor de infraestrutura por todo país, isto contribui para a formalização de novas empresas que são capazes de fornecer produtos de resistências superiores a 10 Mpa, pode-se afirmar que em um curto prazo de tempo,

os blocos cerâmicos serão fortes concorrentes aos blocos de concreto para aplicação em edifícios de até 10 pavimentos (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 6).

Para que a haja sucesso na construção de uma alvenaria é necessário cumprir todas as funções pré-determinadas em um projeto, levando em consideração a utilização de materiais de qualidade, por exemplo se um projetista especifica um bloco que resista a 3 Mpa quando submetido a esforços, e o construtor utilizar blocos com resistência inferior, há uma alta probabilidade conceitual dessa construção apresentar patologias e fracassar no cumprimento das funções a que foram projetadas (STRAPASSON, 2010). Dessa forma os materiais utilizados na construção civil devem possuir condições mínimas exigidas pelas normas técnicas, seguindo os requisitos pré-estabelecidos para o processo fabril dos tijolos cerâmicos.

As normas técnicas têm a função de regulamentar os padrões de fabricação, forma, dimensão, composição química, métodos de ensaios, nomenclaturas e simbologias e no Brasil maior organismo regulamentador é a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Diante do exposto nas arguições acima, este trabalho fundamenta-se na identificação do método de lavra utilizado para extrair a matéria-prima, a ser usada na indústria fabril dos tijolos cerâmicos que abastecem o município de Juruti/PA, bem como avaliar as qualidades técnicas do produto através dos procedimentos de análises estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) , os ensaios ocorreram no laboratório de tratamentos de minério da Universidade Federal do Oeste do Para – UFOPA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado os termos conceituais de lavra a céu aberto, bem como suas classificações de lavras a secos e a úmido, definição da argila, processos de fabricação dos tijolos cerâmicos

2.1 Métodos de lavras de minas a céu aberto

Um projeto de mineração pode ser caracterizado por englobar quatro fases importantes: i) prospecção, ii) exploração, iii) desenvolvimento e iv) exploração. É na fase de exploração que acontecem os conjuntos de operações unitárias de aproveitamento da jazida, essas operações são definidas a partir do método de lavra escolhido. Alguns fatores importantes influenciam na escolha do tipo lavra como a identificação do volume da jazida e também a sequência de avanço que é definida a partir do volume requerido. Em termos gerais o método de lavra ideal é aquele que proporciona maior retorno econômico, melhor aproveitamento de minério, possui rigoroso controle de segurança e que seja menos nocivo ao meio ambiente (CURI, 2017).

Entretanto as condicionantes citadas acima podem ser conflitantes entre si, por exemplo um método de lavra que consiga tirar menos minério pode economicamente ser mais viável, assim como um determinado modelo de mitigação de impactos ambientais pode ser capaz de reduzir de forma significativa a obtenção dos lucros

Segundo CURI (2017) alguns fatores são decisivos na escolha do método de lavra para uma determinada jazida, de forma geral deve-se considerar a jazida e o meio físico circundante; condições humanas, sociais e legais vigentes; conjuntura financeira e econômica.

A fase de exploração mineira em todo o planeta em sua maioria são realizadas pelo método de lavra a céu aberto. Os investimentos em novos projetos alavancaram-se de forma exorbitante no início do século XXI, mesmo com altos investimentos e valorização no preço dos metais, a produção dessa categoria tem se mantido estável. O volume lavrado de minério mais estéril nos últimos anos é cerca de 30 bilhões de toneladas/ ano, deste quantitativo a lavra a céu aberto é responsável por 83% da produção e lavras subterrâneas por 17% restantes. (Fernberg, 2007).

Segundo HARTMAN, MUTMANSKY (2002) no método de lavra a céu aberto as operações unitárias são executadas a partir da superfície. A escolha deste método deve-se principalmente a dois fatores essenciais: i) constantes aumentos de eficiência nas operações de lavra a céu aberto; ii) inviabilidade econômica de lavra alguns depósitos pelo método de lavra subterrânea.

O sucesso das operações de lavras a céu aberto está relacionado a eficiência das operações unitárias de lavra: perfuração, desmonte, carregamento e transporte. Segundo CURI (2017) a aprovação do método de lavra a céu aberto compreende alguns aspectos exclusivos para este tipo de lavra:

Plano de recapeamento para acessar o corpo de minério e consequentemente recuperação dos terrenos e solos afetados;
Plano de reabilitação ambiental das áreas superficiais mineradas e de seu retorno;
Plano de disposição ordenada dos estéreis e rejeitos (CURI, 2017).

Na execução dos serviços de terraplenagem são conhecidas quatro operações unitárias básicas que acontecem de forma sequencial ou simultaneamente: escavação, carga do material escavado, transporte e descarga espalhamento. A escavação é a operação que tem a finalidade de romper o solo ou capeamento do seu estado natural. A carga do material escavado equivale ao enchimento da caçamba do equipamento. O transporte é a movimentação do material carregado do local em que foi escavado até um local pré-definido. A descarga e espalhamento são as atividades executadas nas pilhas de estéril (CURI, 2017).

2.1.1 Classificação dos métodos de lavra a céu aberto

Em regra geral, a classificação do método de lavra a céu aberto ou subterrânea ocorre pela opção escolhida de processar a lavra. Para definição o critério utilizado é focado nos operadores e não na jazida, de acordo com CURI (2017):

A lavra é considerada a céu aberto se não há a necessidade de acesso humano ao meio subterrâneo para realizá-la. A ocorrência de certas operações subterrânea, tais como o transporte por poços de extração, não caracteriza uma lavra a céu aberto, da mesma forma que uma lavra subterrânea sempre envolve vários serviços auxiliares executados a céu aberto (CURI, 2017)

Os métodos de lavras a céu aberto são aqueles em que a exploração acontece a seco, ou seja, a lavra por bancadas (*open pit mining*); lavra em tiras ou fatias (*strip mining ou open cast mining*) e a lavra de pedreiras (*quarry mining ou dimensioned stones mining*).

2.1.2 Métodos de lavra a seco

2.1.2.1 Lavra por bancadas

O método de lavra por bancadas é comumente usado onde o corpo de minério esteja sobre um capeamento espesso, normalmente ocorre nos depósitos minérios metálicos que se localizam em maior profundidade. As bancadas são sempre desenvolvidas a partir da superfície até atingir as últimas camadas lavráveis de minério. O minério é retirado e o estéril depositado em pilhas ao redor da cava e algumas vezes pode ser repostado na mesma cava para facilitar o processo de recuperação ambiental (CURI, 2017).

2.1.2.2 Pedreiras

As lavras em pedreiras basicamente têm sua aplicação para atender a indústria da construção civil, através da produção de granulados, onde possui padronização de tamanhos definidos por normas. Os produtos que podem ser gerados neste tipo de lavra são as pedras de revestimentos, pisos e britas em geral (CURI, 2017).

2.1.2.3 Lavra por tiras

O método de lavra em tiras é comumente utilizado em depósitos tabulares ou nas camadas horizontais com espessuras finas de capeamento. Para alguns minérios específicos como bauxita, carvão e xisto betuminoso é o método de lavra mais adequado por ser mais produtivo e rentável. O estéril normalmente é removido por grandes equipamentos como *shovels* e *draglines* ou outros mecanismos de transporte da polpa de rejeitos. A escavação pode ocorrer por meio de explosivos ou processos mecânicos avança através de cortes longitudinais e paralelos formando

trincheiras. O minério é retirado para a planta onde será beneficiando, mas o estéril será repostado a cava originária para reposição e início do processo de reabilitação da área minerada (CURI, 2017).

2.1.3 Métodos de lavra a úmida

A exploração de minas a céu aberto é dividida entre os métodos de lavra a seco arguidos anteriormente e pelos métodos de lavra via úmida que serão abordados a seguir.

Nos métodos de lavra via úmida o uso da água é imprescindível para recuperar os minerais de interesse econômico, isto é possível pelo uso da força hidráulica ou por ataque químico em uma solução solvente. São métodos de lavra utilizados com menos intensidade, quando comparados com os métodos de lavra via a seco, compreendendo apenas cerca de 10% da exploração mineral a céu aberto - HARTMAN, MUTMANSKY (2002).

Segundo CURI (2017) a exploração por via úmida é dividida em dois grupos e cada um contém dois subgrupos:

Lavra de pláceres - dirigida para a recuperação de metais pesados oriundos principalmente de depósitos de aluvião, usando a água para escavar transportar e/ou concentrar o mineral valioso. Os métodos utilizados são a lavra hidráulica e a dragagem.

A lavra por dissolução - aplicada para a extração de minerais solúveis ou fundidos, ou que podem ser transformados em polpa, usando-se água ou um solvente líquido. Os métodos utilizados são a lavra química e a extração por poço (CURI, 2017).

2.1.3.1 Lavra hidráulica

A lavra hidráulica é indicada para recuperação de minérios e minerais presentes nos depósitos de pláceres, dentre os metais e minérios pode ser encontrado nesses locais o ouro, diamante, platina, cassiterita, titânio, rutilo, tungstênio, scheelita, cromita, magnetita, e alguns tipos de fosfato. Pode ser encontrado também os depósitos de areia, argila e cascalhos que sua aplicabilidade na indústria da construção civil. Os depósitos de pláceres são formados por transporte de sedimentos por meio de processos naturais ou por anomalia concentrada de minerais pesados vindos da rocha matriz (CURI, 2017):

2.1.3.2 Lavra de pláceres – dragagem

A dragagem é uma atividade da engenharia que tem a finalidade de escavação de matérias do fundo dos rios, lagos, mares, bahias ou canais para sua remoção, limpeza, desobstrução ou derrocamento. No processo de dragagem essencialmente utiliza-se dois tipos de dragas: mecânicas e hidráulicas. As dragas mecânicas são alcatruzes (AL), mandíbulas articuladas (MA) e escavadeiras (ES). As hidráulicas são as de aspiração (AS), de sucção e recalque (SR) e autotransportadoras (AT). Existem duas classes de dragas mecânicas: mecânicas e hidráulicas (AGUIAR s.d., apud CURI, 2017, p. 303).

2.1.3.2.1 Lavra

Neste tipo de lavra não é necessário operar com o desmonte porque água contribui no processo de escavação. Nos locais a seco os equipamentos utilizados nas lavras de pláceres especificamente de areia, cascalho e argila são tratores de esteira, carregadeira de pneus e retroescavadeiras com comando hidráulico conforme representado na Figura 01.

Figura 1 - Principais equipamentos de corte e carregamento usados em locais a seco na lavra de pláceres (A) Trator de esteira; (B) Carregadeira de pneus; (C) Retroescavadeira.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Quando os pláceres são inundados utiliza-se dragas de sucção que são as balsas flutuantes onde é instalado motor-bomba com tubulações de recalque/bombeamento fundido com diâmetro de entre 6 a 8" conforme representação esquemática da Figura 2.

Figura 2 - Draga de sucção usada em pláceres inundados.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.1.3.2.2 Métodos de extração

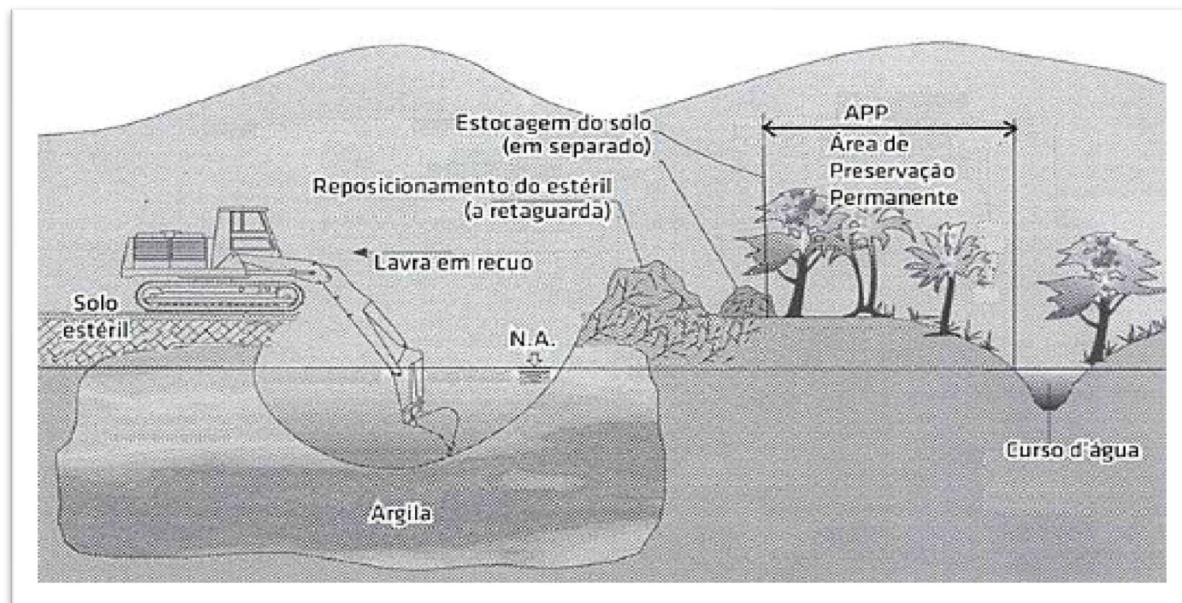
a) Extração manual de areia, cascalho e argila – é o método rudimentar de extração realizado por meio de ferramentas manuais. Esse método de forma geral degrada vastas extensões de matas ciliares e cursos d'água.

b) Extração de areia, cascalho e argila seco por cava a céu aberto – a extração é considerada a seco quando a jazida está acima do nível.

c) Extração de área e cascalho por ciclo em cava fechada em várzeas – denomina-se ciclo em cava fechada o processo extrativo que gera lagos ou córregos.

d) Extração de argila por ciclo em cava fechada em várzeas – na natureza a argila é acumulada em várzeas, geralmente em camadas com altos índices de adensamentos e umidade, pra esse caso em específico é necessário a utilização de escavadeiras com acionamento conforme representação da Figura 3. Nesse tipo de exploração a profundidade está ligada ao porte e capacidade do equipamento.

Figura 3 - Extração de argila por ciclo em cava fechada de várzeas por retroescavadeira.

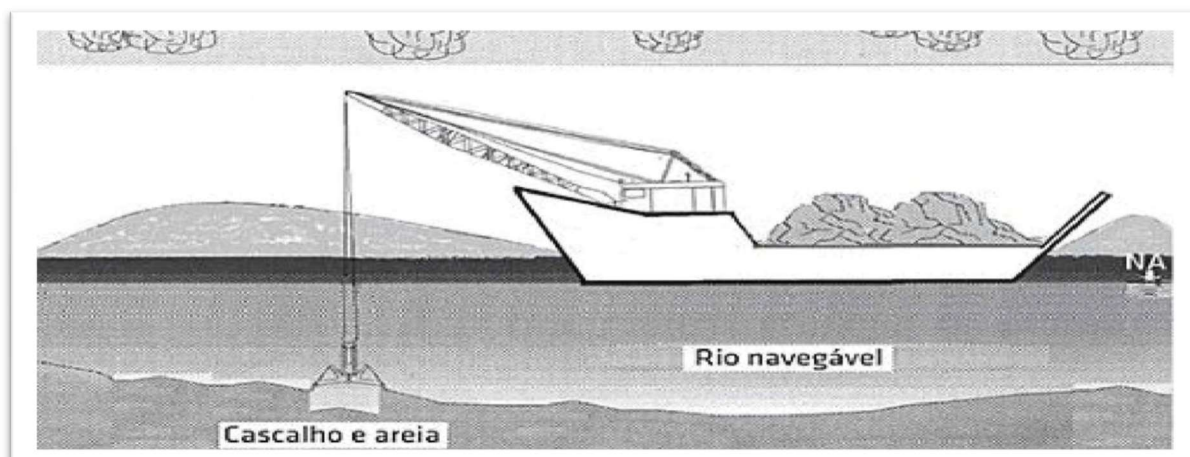


Fonte: CURI (2017).

e) Extração de minérios em leito de cursos d'água - é o processo de extração popularmente conhecido como porto de areia. O material extraído é armazenado em áreas de deposição para estocagem, onde ocorre a drenagem natural e as partículas finas são direcionadas as bacias de decantação.

f) Extração de minérios em leitos de cursos d'água navegáveis – o processo de extração acontece nos leitos de cursos d'água navegáveis por meio de embarcações com capacidade suficientes para reter a carga de ciclo de extração conforme ilustração da Figura 4.

Figura 4: Extração de minérios nos leitos de cursos d'água navegáveis.



Fonte: CURI (2017).

2.2 Materiais argilosos

2.2.1 Materiais argilosos

Os materiais argilosos são basicamente constituídos de uma mistura de argila e água, desse composto, obtém-se uma pasta plástica que pode ser moldada em diversos formatos, após secagem lenta, é submetida a elevadas temperaturas, da qual se obtém os materiais cerâmicos (LARA, 2013, p. 141).

Segundo Callister (2012), os materiais utilizados na indústria cerâmica são inorgânicos e não metálicos, onde, a maioria é formada pela composição de elementos metálicos e não metálicos, nas quais as ligações interatômicas podem ser iônicas ou predominantemente iônicas com alguma característica covalente.

A *American Ceramic Society* (2013) define que os materiais cerâmicos são de natureza cristalina, dessa forma possuem estruturas ordenadas, formadas por composição de elementos metálicos e não metálicos como alumínio e oxigênio (alumina, Al_2O_3), cálcio e oxigênio (CaO) silício e azoto (nitreto de silício Si_3N_4).

Assim, o termo “cerâmica” é definido partir da palavra grega *keramikos*, que expressa a ideia de “matéria prima queimada”, os principais produtos cerâmicos conhecidos na atualidade são formados a partir da composição de argilas (SANTOS, 1992).

Segundo Mota *et al.* (2001), a indústria cerâmica é robusta e heterogênea e pode ser classificada em subsetores levando em consideração diversos fatores como a empregabilidade de matérias primas, propriedades e áreas de utilização. Esta classificação é apresentada na tabela 01, onde, a matéria prima utilizada é responsável por identificar as cerâmicas tradicionais que possui como composição básica a argila, a saber, as cerâmicas vermelha ou estrutural, cerâmica branca e de revestimentos. É possível observar que a cerâmica tradicional de uso comum, abrange os grupos que utilizam matéria prima de base argilosa como a cerâmica vermelha, cerâmica branca e revestimento cerâmicos, neste grupo, concentra-se os maiores consumidores de matérias primas minerais e uma parte considerável das unidades fabris.

Tabela 1 - Classificação dos principais setores cerâmicos, matérias primas e processos de fabricação.

Classificação		PRODUTO	Matéria Prima									Moagem via úmida	Moagem via Seca	Processo de conformação				Temperatura de Queima (°C)						
Tipo de cerâmica	Grupo / Setor		Plástica			Não Plástica								Extrusão	Tornearia	Prensagem	Colagem	800	900	1000	1100	1200	>1200	
			Argila Comum	Argila Plástica	Caulin	Feldspato	Filito	Talco	Calcário	Quartzo	Outros													
Cerâmica silicática de base argilosa	1	Cerâmica Vermelha	Blocos, Lages	P										P										
			Telha	P			O							P		P								
			Agregado leve	P								O		P										
	2	Cerâmica Branca	Grês Sanitário		P	S	P	P	O		S	O	P											
			Porcelana Mesa		P	P	P				P		P		S	S		O						
			Porcelana Eletr.		P	P	P				P		P		S	S		O						
			Faiança		P	O	S	S	S	P	S		P					P						
	3	Revestimentos	Pisos Rústicos	P	O							O		P										
			Pisos Via seca	P										P			P							
			Azulejo		P	P			O	S	S		P				P							
			Piso gresificado	O	P	S	S	P	O		S		P				P							
			grês porcelânico		P	S	P		O		S	O	P				P							
Outras	4	Refratários			O					O	P													
	5	Isolantes				O				O	P													
	6	Especiais								O	P													
	7	Cimento	S						P	S	O		P											
	8	Vidro							S	P	P													
P = Processo ou composição principal (>20%)						S = Processo ou composição secundária (<10%)						O = Processo ou composição ocasional												

Fonte: MOTTA, José Francisco Marciano; ZANARDO, Antenor; CABRAL JÚNIOR, Marsis. As matérias-primas cerâmicas: parte I - o perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. Cerâmica Industrial, São Carlos, v.6., n.2, mar./abr., 2001.

2.2.2 Conceito e propriedades das argilas

A argila é uma matéria prima natural e terrosa que se forma na natureza a partir da decomposição de outras rochas, este fator acontece devido ação de intemperismo através dos mecanismos de pressão, temperatura e umidade exercidas sobre elas. Pode ocorrer variação na composição dos elementos constituintes das argilas, assim como no arranjo dos seus átomos. As jazidas de argilas encontradas na natureza não seguem um padrão de igualdade (LARA, 2013, p. 141).

Segundo LARA (2013) para se obter um produto de composição argilosa é necessário caracterizar a argila sobre três condições:

a) Possuir elevado teor de partículas com diâmetro inferior a 2 μm equivalente a 0,002 mm. Levando em consideração apenas a característica granulométrica, tanto a argila como outros materiais granulares podem ser classificados em função do diâmetro das partículas conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de partículas de solo em função de sua granulometria

Material	Diâmetro das partículas (mm)
Argila	<0,005
Silte	0,005 - 0,050
Areia	0,050 - 4800

Fonte: Lara (2013).

b) Ser constituída exclusivamente por argilominerais. formados por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio, acrescidos de algumas proporções de álcalis e alcalinos terrosos, além de outras substâncias. Os argilominerais se originam da desagregação dos feldspatos através da ação de temperatura, da água e do gás carbônico. A tabela 3 apresenta os principais elementos que podem ser encontrados na composição química das argilas.

Tabela 3 - Elementos componentes das argilas

Elementos básicos	Impurezas
Silica (SiO_2): 40 a 80%	Oxido férrico (Fe_2O_3): < 7%
Alumina (Al_2O_3): 10 a 40%	Oxido de cálcio (CaO): < 10%
	Magnésia (MgO): < 1%
	Álcalis (K_2O); (Na_2O): <10%

Fonte: Adaptado de Petrucci (1979, p.4).

Plasticidade é definida pela capacidade que a argila possui de ser moldável e conservar a forma de molde quando submetida ao processo úmido, quanto a maior a capacidade de modelagem da argila, maior será sua plasticidade. Esta é uma das características essenciais da argila por garantir a facilidade de modelagem, isto reflete em um produto de boa qualidade, processo de secamento sem trincas e queima sem deformação.

Segundo Lara (2013) as argilas podem ser classificadas de duas maneiras, a primeira acontece em função dos argilominerais predominantes, subdividida em três grupos: Caulinitas, Ílticas e montmoriloníticas.

Cauliníticas – grupo de argilas puras, procedentes da ação intempérica sobre os feldspatos. São argilas chamadas de caulim, compostas basicamente de silicatos hidratados de alumínio, prestando-se à confecção de produtos mais nobres, como: porcelanas, louças sanitárias, materiais refratários, na indústria de papel e de medicamentos, além de muitas peças elétricas/eletrônicas (como as velas para motores de veículos). São as mais raras, de grãos mais grossos e adquirem a coloração branca após a queima, embora possam ter qualquer cor “in natura”.

- Ílticas – grupo de argilas mais generalizadas, formadas por um silicato de alumínio hidratado com elevado teor de óxido de potássio. Muitas contêm mica em abundância, sendo então designadas por micáceas. São as argilas mais abundantes e de aplicação na fabricação de tijolos, telhas, manilhas, lajotas, etc. Apresentam-se na cor vermelha após a queima, devido à presença do óxido de ferro.

- Montmoriloníticas – grupo de argilas expansivas originárias de cinzas vulcânicas que, devido ao seu grande poder de inchamento, são pouco utilizadas isoladamente, mas que se aplicam misturadas às anteriores a fim de lhes corrigir a plasticidade. Possuem os grãos extremamente finos e têm aplicações industriais, como: clarificação de óleos vegetais e minerais, perfuração de poços de petróleo, pelletização de minérios e fabricação de fertilizantes. É o mineral predominante na vermiculita, bentonita e saponita, sendo de grande potencial comercial e industrial embora menos exploradas (LARA, 2013)

A segunda maneira de classificação é em função da temperatura de transformação, subdividida em três grupos: fusíveis, infusíveis e refratárias conforme descrição a seguir:

Fusíveis – são as argilas que se deformam e se vitrificam em temperaturas abaixo de 1200°C. São as mais importantes para a construção, pois delas se fabricam o maior número de produtos, comumente chamados de produtos de argila vermelha, uma vez que adquirem essa coloração após a passagem pelo forno.

Infusíveis – são argilas constituídas de caulim puro e utilizadas na fabricação de porcelanas e louças sanitárias. Os produtos

confeccionados com estas argilas são designados por cerâmicas brancas por tornarem-se claras após a queima no forno. Vitrificam-se entre 1200 e 1500°C.

Refratárias – são argilas puras que só se transformam estruturalmente em temperaturas acima de 1500°C. Têm baixo coeficiente de condutibilidade térmica e são utilizadas na confecção dos tijolos refratários, empregados em revestimento de fornos e construções de chaminés. São cerâmicas importantíssimas para um país, pois todos os materiais produzidos em altas temperaturas como cimento, aço e vidro, dependem delas (LARA, 2013).

2.2.3 Processo de fabricação dos materiais argilosos

A indústria cerâmica trabalha com processos químicos divididos em três etapas: conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Diagrama esquemático do processo de fabricação do material.



Fonte: Zandonadi (1992).

2.2.3.1 Processo de preparo da matéria prima

Sabe-se que cada tipo de produto cerâmico requer um tipo de composto argiloso com características específicas e para obter um produto final sem efeitos nocivos que acarretem defeitos na fabricação, é necessário preparar a matéria prima, eliminando as impurezas presentes nas argilas. Esses processos de preparação da matéria prima ocorrem em duas etapas: por via naturais e mecânica (LARA, 2013).

2.2.3.1.1 Preparação por via natural

A preparação por via natural pode ocorrer de três formas: Mistura – mecanismo de adição de outras argilas ou outras substâncias, à argila recém-extraída para corrigir e melhorar a sua granulometria, plasticidade e resistência a queima; Meteorização - mecanismo que submete a argila recém-extraída à ação do sol e da

chuva em área descoberta, isto ajuda na desagregação dos torrões, lavagem e alívio de tensões ocorridas no processo de lavra, trata-se de um processo rudimentar, é necessário a espera de cerca de 04 meses para utilização da matéria prima, porém é uma etapa indispensável; Amadurecimento – é onde ocorre o tratamento de se submete a pasta, onde fica abrigada das intempéries por aproximadamente vinte e quatro horas, para uniformização e umidade.

2.2.3.1.2 Processos mecânicos

Os processos mecânicos são os beneficiamentos aplicados no processo fabril, acontece através da utilização de máquinas e equipamentos adequados, que tem a finalidade de aumentar a produção e qualidade do produto final. A preparação por processos mecânicos ocorre em quatro etapas: Trituração - processo de esboroamento dos torrões de argila e diminuição dos grãos de pedriscos que podem ter advindo do processo de lavra, esta etapa é executada com moinhos ou outro equipamento que consiga eliminar a parte grossa indesejável, a moagem é fundamental por proporcionar aumento na superfície dos grãos, dessa forma ocorre um maior contato entre os grão e propicia aumento na reatividade química no interior dos fornos quando submetidos a elevadas temperaturas; Peneiramento – é o mecanismo de separação de partículas por tamanho granulométrico, geralmente acontece em circuitos fechados, onde a parte mais grossa retida volta ao moinho; Amassamento – é a etapa de homogeneização da argila com água, com o objetivo de conseguir uma pasta com o índice de umidade adequada a moldagem do produto; Laminação – é o mecanismo onde a pasta passa entre dois rolos cilíndricos metálicos que giram em rotação diferentes, com o objetivo de proporcionar melhor homogeneidade e elevar a densificação da massa (LARA, 2013).

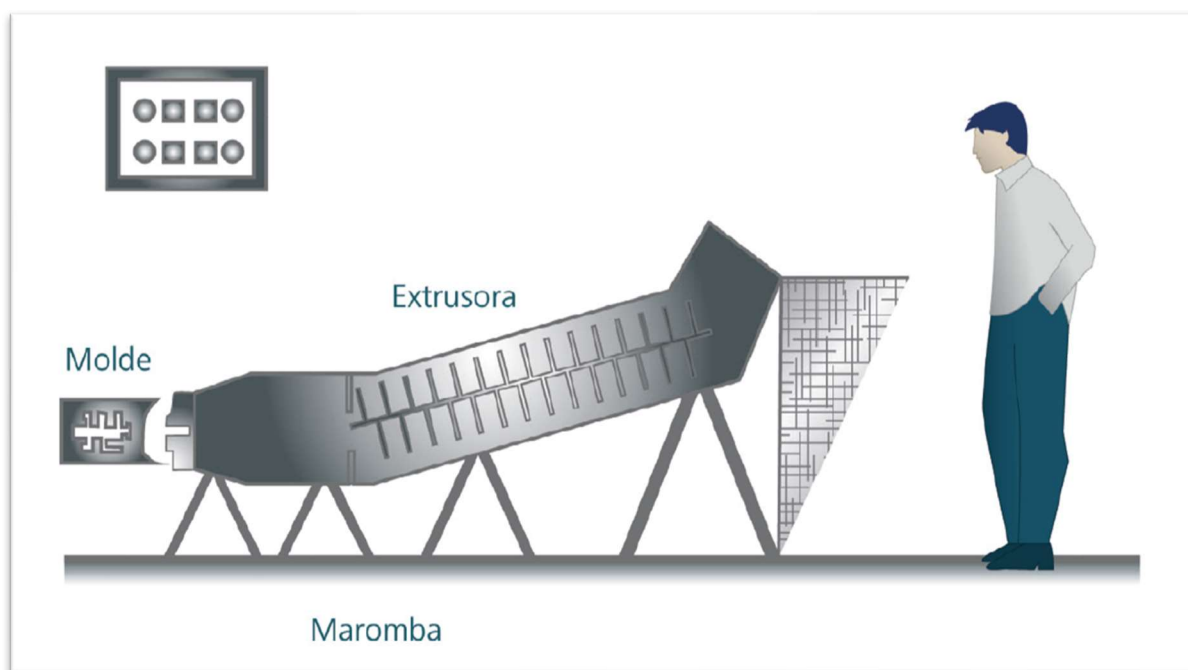
2.2.3.2 Conformação

A etapa de conformação consiste em modelar as peças na forma desejada ao produto final, estando diretamente ligada ao teor de umidade (h%) da pasta. Lara (2013) destaca três processos básicos de conformação em função do teor de umidade da pasta de argila: i) argila seca ou semi-seca ($h < 8\%$); ii) argila plástica ($8\% < h < 25\%$) e iii) argila líquida ($h > 25\%$).

A seca ou semi-seca ($h < 8\%$) é processo de moldagem por prensas cujas capacidades de pressão variam de 5 a 70 Mpa, é um processo operacional simples, com boa qualidade de produção, contudo possui um custo elevado, o produto final apresenta melhor qualidade devido ser menos porosos e mais resistentes, dentre os produtos que podem sair por este processo destaca-se a fabricação de azulejos, pisos, pastilhas, refratários, isoladores elétricos e lajotas. por apresenta

A argila plástica ($8\% < h < 25\%$) é subdividia em dois processos: i) argila mole é um mecanismo antigo de modelagem, processo rudimentar e artesanal, tais como tijolo maciços, telhas coloniais, vasos para plantas e filtros para agua; ii) argila rija é um processo com a presença de umidades reduzida, comumente moldada por extrusão em uma maromba conforme esquema representativo apresentado na Figura 6 neste equipamento a enrijecida é forçada a passar sob pressão através de uma boquilha que tem a função de moldar a cerâmica, dando origem a uma coluna uniforme e continua.

Figura 6 - Esquema de uma maromba, extrusora e boquilha.



Autor: Lara (2013).

Desta forma a coluna que sai conforme ajuste da boquilha é cortada por uma guilhotina de arame, processo comumente usados para na fabricação de tijolos furados e tubos cerâmicos. Esses materiais apresentam baixo índice de porosidade o

que contribui para a produção de peças vazadas que as tornam leves e garantem uma boa resistência mecânica.

A argila líquida ($h > 25\%$) pode ser submetida a um processo de moldagem por fluidez (ou líquido) esse mecanismo é chamado de barbotina, comumente utilizado na fabricação de porcelana, louças sanitárias, cerâmicas elétricas e peças que apresentem formatos complexos.

2.2.3.4 Tratamento térmico

A fase de tratamento térmico inclui as etapas de secagem e queima do produto argiloso. Na secagem ocorre a remoção de água inserida na argila com o objetivo de garantir a plasticidade na moldagem do produto pretendido. Após a modelagem da peça, a água entra em processo de evaporação, deixando espaços vazios entre os grãos, estes se aproximam e provocam a retração da peça moldada. Se este fenômeno não for criteriosamente controlado poderá ser prejudicial, porque não sendo distribuído uniformemente em todas as direções, o material final sofrerá torções, ficando deformado.

Segundo Lara (2013) o processo de tratamento térmico começa com uma secagem natural e posteriormente passa por uma secagem forçada, submetida a uma temperatura que pode chegar até 85°C , conforme descrição a seguir:

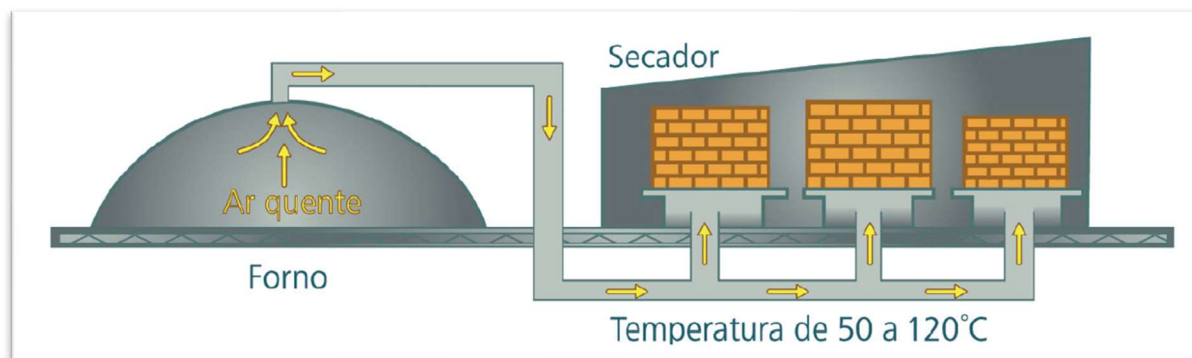
Secagem natural – secagem que acontece pela exposição do material ao ambiente, porém, protegendo-o da ação direta do sol, ventos e chuvas. A secagem natural, em épocas ou ambientes de mais alta umidade, auxilia a peça a evitar deformações e trincas, por ser conduzida com mais lentidão. Muitas vezes é levada a efeito em galpões próximo aos fornos donde se aproveita o calor gerado pelo mesmo. Essa secagem deve ser conduzida lentamente, podendo durar de uma a duas semanas. Após esse processo, a peça adquire resistência mecânica, conhecida como "resistência a verde" e poderá ser manuseada, mas com muito cuidado.

• **Secagem forçada (ou artificial)** – é a secagem por ar quente e úmido que acontece dentro de um galpão, onde são lançados os gases quentes vindos do interior do forno antes de serem encaminhados às chaminés. É mais rápida, mais econômica e alcança maiores temperaturas (LARA, 2013).

As construções dos fornos geralmente são feitas com dispositivos de aproveitamento de ar do quente do próprio sistema, este ar por mais leve se desloca para a parte superior do forno e através do sistema de exaustores, esse ar pode ser

lançados nos galpões de secagem, onde ficam as peças que estão à espera da próxima fornada, esse período de secagem normalmente é em torno de dois dias, abaixo na Figura 7 é apresentado um esquema de um secador que aproveita os gases oriundos do forno para contribuir no processo de secagem.

Figura 7 - Esquema de um secador que aproveita os gases oriundos do forno para contribuir no processo de secagem.



Fonte: Lara (2013).

2.2.3.5 Queima

O material argiloso é submetido ao processo de queima no interior do forno à uma temperatura que varia de 850 a 1200°C, nestas temperaturas o calor uni os grãos de argila devido a formação do vidro. O controle da temperatura no interior do forno tem influência direta nas propriedades de resistência mecânica, absorção de água e contração linear do produto final. O processo de queima corre em quatro fases: desidratação, oxidação, vitrificação e sinterização conforme descrição a seguir (ARAÚJO *et al.* 2000).

Desidratação – é a perda de toda a água presente nas peças argilosas e se desenvolve em temperaturas de 80 a 600°C. Elimina-se desde o restante da água de plasticidade, até a água de constituição que faz parte da estrutura da argila e que se encontra separando as camadas de sílica e alumina.

Oxidação – fase em que os produtos de cálcio e magnésio se transformam em óxidos, formando CaO, MgO e FeO, responsáveis pela futura formação do vidro. Nesta fase há o rompimento da rede cristalina, passando o material para o estado amorfo. Processa-se entre 600 e 950°C.

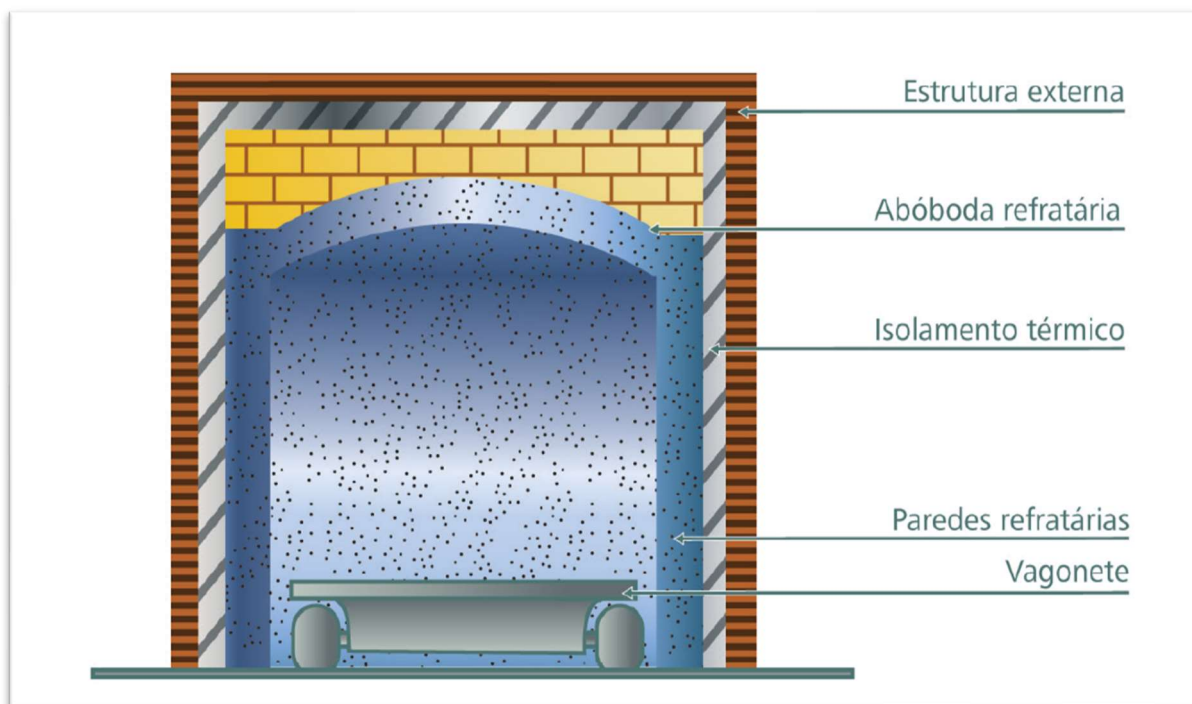
Vitrificação – com o calor no interior do forno ultrapassando os 950°C inicia-se está 3ª fase da queima, onde as peças de cerâmicas fusíveis têm os grãos aglutinados por uma massa vítrea que lhes conferirá dureza, resistência e compacidade.

Sinterização – constitui uma fase de queima mais avançada dos produtos argilosos, onde a temperatura ultrapassa os 1150°C. Nesta etapa ocorrem novas reações químicas entre os componentes amorfos, resultando em novos compostos, agora cristalizados. É a cerâmica propriamente dita (ARAÚJO *et al.* 2000).

2.2.4 tipos de fornos utilizados com materiais argilosos

O processo de queima pode variar de algumas horas até três dias e podem ser feitos em fornos do tipo contínuo ou intermitente. Os fornos do tipo contínuo são de carga móvel e possuem a forma de um túnel e no centro fica a câmara de queima conforme representação esquemática das Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Esquema da seção transversal de um forno contínuo tipo túnel.



Fonte: Lara (2013).

Figura 9 - Esquema de seção transversal longitudinal de um forno contínuo tipo túnel.

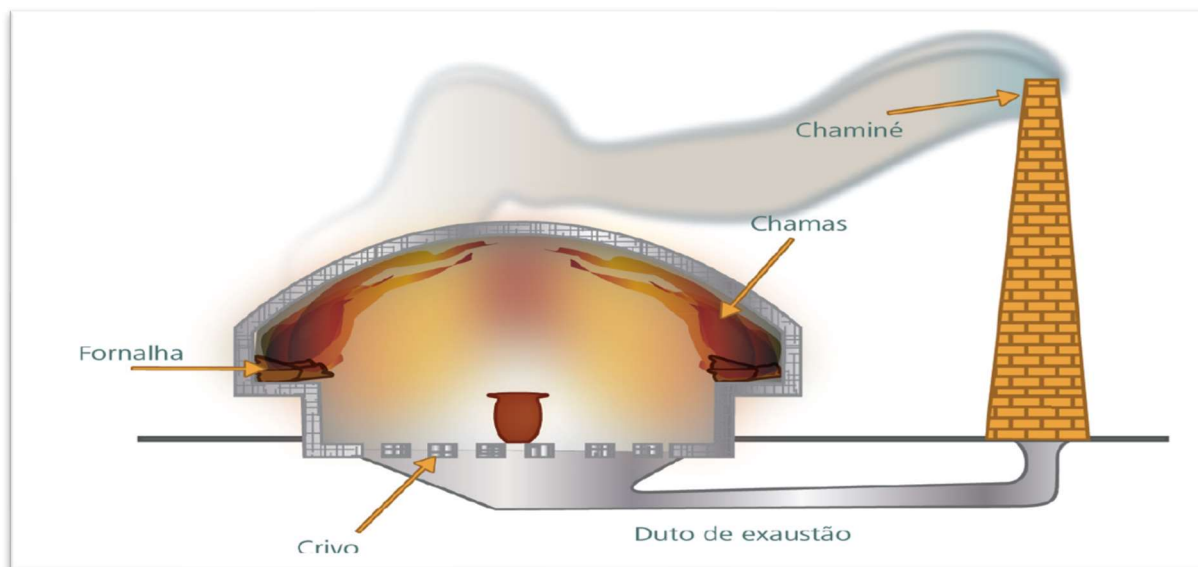


Fonte: Lara (2013).

O forno intermitente é comumente utilizado para queima de cerâmica vermelha, usado com muita frequência em olarias de pequeno e médio porte. O

mecanismo de funcionamento deste tipo de forno é apresentada no esquema da Figura 10. Neste tipo de forno o material é queimado a lenha, os gases quentes são conduzidos por dutos até uma chaminé ou para os depósitos de secagem de materiais. O controle da temperatura é feito pela permanência do material inserido no forno, geralmente entre 30 e 60 horas.

Figura 10 - forno intermitente de chama invertida.



Fonte: LARA (2013).

2.2.5 Tijolos cerâmicos

Os materiais mais conhecidos são os provenientes da argila vermelha, por apresentarem baixo valor de aquisição e produção e circulação em grande escala. Normalmente as indústrias situam-se próximas as áreas das jazidas e do mercado consumidor.

Os tijolos cerâmicos também são conhecidos como blocos, amplamente utilizados nas edificações para construção de alvenarias e podem ser apresentados ao mercado de duas maneiras: maciços e os furados. O INMETRO (2011) conceitua tijolo cerâmico como sendo um componente da alvenaria de vedação ou estrutural cuja matéria prima principal é a argila.

2.2.5.1 Tijolos maciços

Segundo Bauer (2012) os tijolos maciços têm um processo fabril bastante artesanal, em olarias de pequeno porte, com pastas de umidade elevadas e queima de temperaturas entre 800 a 900 °C. Este produto apresenta baixa porosidade, baixa resistência mecânica e bastante pesado, isto ocorre, devido a um baixo beneficiamento da matéria prima e um processo de produção ineficiente. Contudo Lara (2013) discorre sobre algumas vantagens dos tijolos maciços quando submetidos a um bom processo de produção e matéria prima adequada.

Não obstante, existem tijolos maciços de boa resistência mecânica que trazem consigo outras vantagens, como: melhor isolamento térmico e acústico, menor absorção de umidade e, até mesmo, possibilidade de serem aplicados sem revestimento posterior, deixando uma das faces da alvenaria à vista (LARA, 2013)

2.2.5.1 Tijolos furados

Os tijolos furados apresentam canais de seção redonda, quadriculada ou hexagonal ao longo de qualquer dos seus eixos e podem ser produzidos no sentido vertical ou horizontal. São modelados por extrusão e queimados nos fornos com temperatura entre 900 a 1050°C. Segundo o INMETRO (2011) o bloco cerâmico é amplamente conhecido como “tijolo baiano” que é o produto mais utilizado nas alvenarias em todo o território brasileiro, suas aplicações básicas são nas alvenarias estruturais e de vedação.

2.2.5.1.1 Blocos cerâmicos de vedação

Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2017a) os blocos cerâmicos utilizados para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não tem a função de resistir a elevadas cargas verticais, além do próprio peso. Os blocos de alvenaria são blocos vazados com a função apenas de separar ambientes e resistir ao peso próprio da alvenaria acrescido de algum mobiliário que esteja afixado sobre ela, normalmente é utilizado com seis furos na posição horizontal. Estes aspectos apresentam textura que tem o objetivo de facilitar a aderência da argamassa e no manuseio do trabalhador. As faces internas são lisas e possui canais prismáticos, os furos nos blocos corroboram na redução do peso e não interferem na resistência dos esforços aplicados.

Segundo BARBOSA (2015) os blocos cerâmicos vazados fazem parte de aproximadamente 90% de um empreendimento de construção, é possível afirmar que a qualidade de uma alvenaria será determinada pelas características dos blocos que compõem.

2.2.5.1.2 blocos cerâmicos de vedação

Segundo a NBR 15270-1:2017 o bloco estrutural é um componente da alvenaria que possui furos vazados prismáticos, perpendiculares a sua face, fabricados para ser assentado na vertical, com características e propriedades e aplicações específicas para a alvenaria estrutural. Segundo esta mesma norma a alvenaria estrutural tem a função de resistir aos esforços solicitados pela edificação, com o intuito de substituir vigas e pilares, pode também ser acrescido de armaduras, vergas e contra vergas, além de exercer a função de vedação.

Um dos fatores indispensáveis da alvenaria estrutural é a capacidade de resistência de cada bloco, estes são as peças fundamentais na resistência desse tipo de alvenaria. A alvenaria estrutural através da utilização de blocos cerâmicos corrobora para a redução de consumo aço quando comparado ao concreto armado, além de apresentar um excelente desempenho térmico-acústico, baixos índices de absorção de água e baixas deformações ocasionadas por gradientes térmicos quando é comparado a alvenaria estrutural utilizando blocos de concreto (GRACIELO, 2012)

Em geral os blocos cerâmicos estruturais têm a função de suportar a esforços a que são submetidos pela estrutura, normalmente a compressão, sabendo que a resistência individual desses blocos varia entre 4 20 Mpa.

3 METODOLOGIA, PROCEDIMENTOS E RESULTADOS

3.1 Metodologia

Neste capítulo será apresentado a metodologia de pesquisa utilizada e os procedimentos adotados nos ensaios de qualidade observando os aspectos visuais, geométrico, físicos e de resistência, também será os exposto os resultados de cada etapa.

3.1.1 Etapas de desenvolvimento do trabalho

A metodologia de pesquisa fundamentou-se em 05 etapas. Na primeira etapa fora feito um levantamento quantitativo dos fornecedores de tijolos que existem no município de Juruti/PA. Na segunda etapa fora elaborado um questionário para entrevista nas empresas, aplicado através do método dialético e exploratório, procedimento pelo qual permite indagação direta (PRODANOV, FREITAS, 2013). Na terceira etapa foram realizadas visitas técnicas nas principais olarias que abastecem o município de Juruti/PA, as visitas serviram para entender o ciclo produtivo dos tijolos cerâmicos e compreender o processo de lavra que dispõe a matéria prima para a fabricação do produto, nesta etapa foram coletadas as amostras necessárias para execução dos ensaios. Na quarta etapa foram realizados os ensaios no laboratório de tratamento de minérios da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, estes ensaios foram efetuados em acordo com a NBR 15.270-2/2017e abrangeu os testes de caráter visual, geométrico, físico e de resistência a compressão. Na quinta e última etapa foram analisados os resultados obtidos nos ensaios e na pesquisa de campo seguindo os procedimentos metodológicos estabelecidos pela NBR 15270-1/2017

3.1.2 Método de levantamento de dados

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado um levantamento sobre a quantidade de lojas de materiais de construção que existem no município de Juruti/PA. O levantamento quantitativo dessas lojas fora realizado junto a Associação Comercial e Empresarial de Juruti - ACEJ, foram receptivos e forneceram os contatos e endereços das lojas solicitadas. Em posse das quantidades de lojas e contatos, foi

montado um banco de dados que podem ter os resultados conferidos no Anexo A – Levantamento quantitativo das lojas de material de construção no Município de Juruti/PA. Após o levantamento de dados, foram contabilizados 10 empresas que correspondem aos critérios solicitados junto a ACEJ.

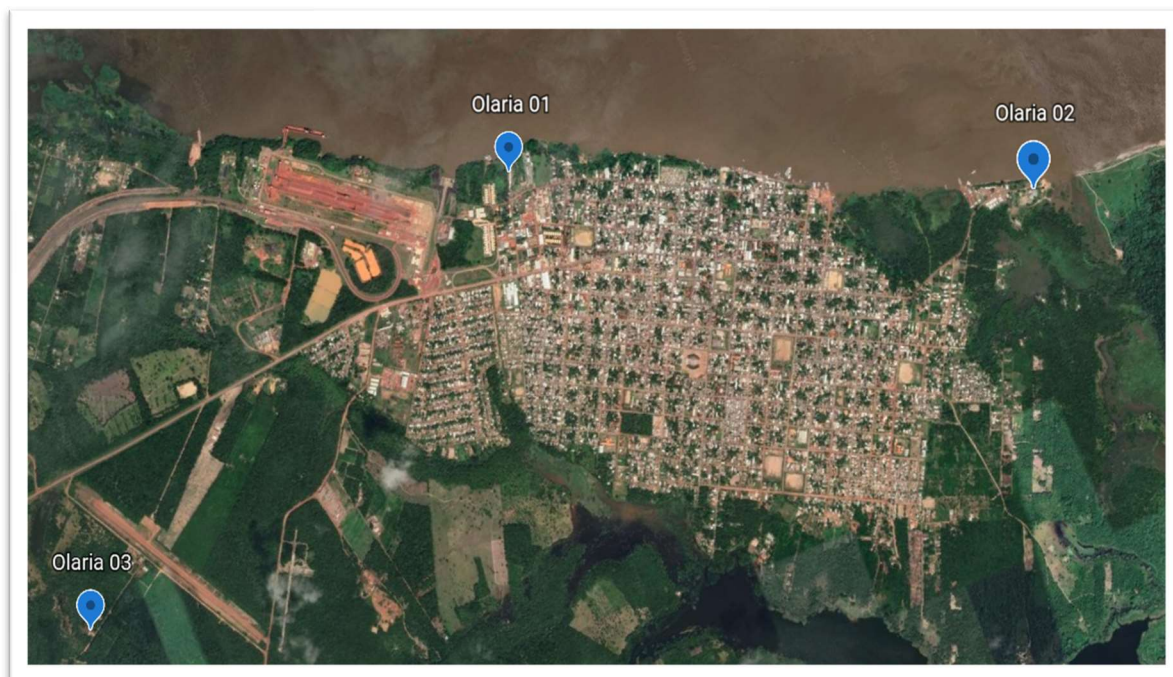
3.1.3 Elaboração de questionário

O questionário aplicado nos estabelecimentos buscou-se atender a três objetivos principais: o primeiro foi compreender o perfil dos clientes que usualmente adquirem o material na loja física e quais as especificações solicitadas no ato da compra do produto; o segundo foi identificar os principais fornecedores dos tijolos cerâmicos que abastecem o mercado do município e em terceiro entender o nível de conhecimento dos proprietários e funcionários das empresas sobre a existência da NBR 15.270/2017 que parametriza o processo de fabricação e qualidades técnicas dos tijolos cerâmicos em todo o Brasil. Este modelo de questionário aplicado nas lojas de construção está disponível para conferência no anexo B – Questionário aplicado em lojas de materiais de construção no município de Juruti/PA. Os questionários foram aplicados entre os dias 01 e 20 de dezembro 2021.

3.1.4 Visitas técnicas nas olarias e área de lavra da argila

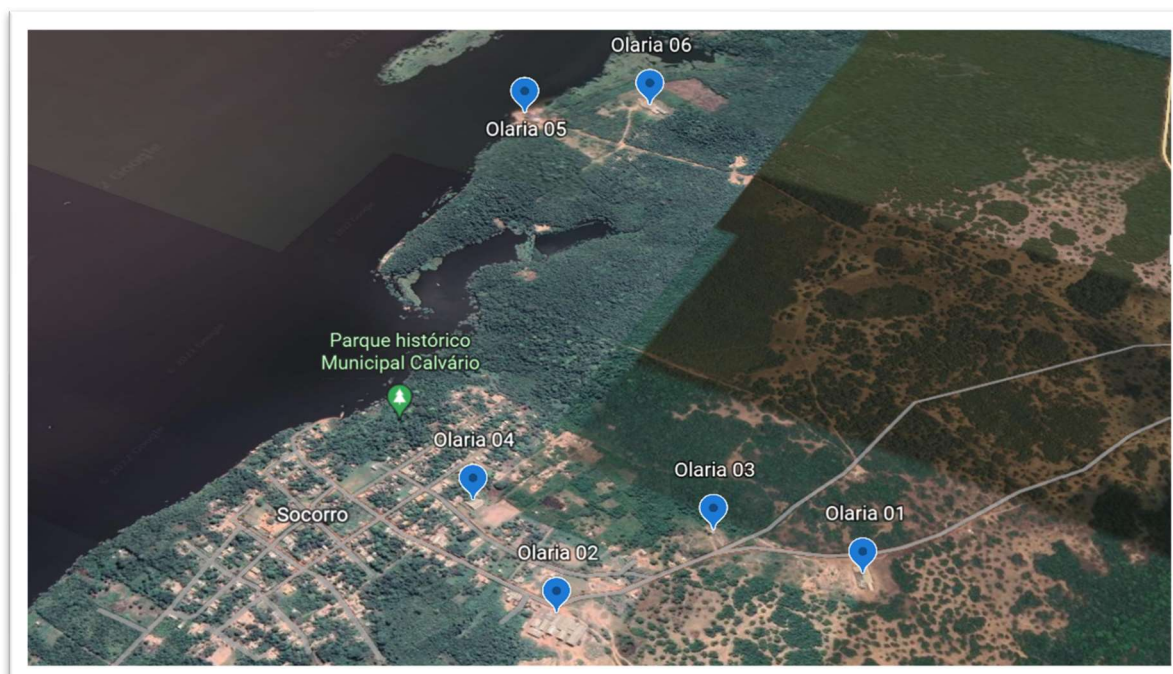
Após a aplicação de questionários nas empresas de materiais de construção, foram identificadas as principais olarias que fornecem os tijolos cerâmicos para o município. O principal fornecimento deste produto é de olarias localizadas nas proximidades do próprio município conforme mostrado na figura 11 e olarias que ficam situadas na Vila Socorro, na zona rural do município de Santarém, a uma distância de 125,42 Km do município de Juruti/PA conforme mostrado na figura 12.

Figura 11 - Olarias de tijolos cerâmicos situadas nas proximidades do município.



Fonte: Google Earth, Adaptado pelo Autor (2022).

Figura 12 - Olarias de tijolos cerâmicos situadas na comunidade Vila Socorro, município de Santarém/PA



Fonte: Google Earth, Adaptado pelo Autor (2022).

Nessas visitas buscou-se entender os ciclos do processo fabril dos tijolos cerâmicos. As olarias visitadas foram receptivas a visita técnica e cederam as

amostras que foram utilizadas nos ensaios, sendo três olarias próximos ao município de Juruti e três olarias na Vila Socorro – Santarém/PA.

O número de blocos coletados em cada olaria foi em acordo com a NBR 15.270-1/2017, conforme determina o item 7.4, onde a norma estipula que a amostragem para ensaios de características geométricas, físicas e de determinação a resistência a compressão seja feita uma amostragem simples de 13 corpos de provas e mais 06 corpos de prova para os ensaios de índice de absorção d'água, para cada lote analisado, no total de 06 lotes (ABNT, 2017^a, p.23).

As amostras foram codificadas de acordo com o número do lote, cada lote compondo 13 amostras, codificado da seguinte maneira: L1B01, onde L1 é referente ao número do lote e B01 o número da amostra.

Nas visitas técnicas as olarias informaram sobre o fornecedor da matéria prima para a fabricação dos tijolos cerâmicos, sendo apenas um fornecedor que atende a todas as demandas das olarias visitadas. Este fornecedor foi receptível com equipe técnica e prestou todas as informações, forneceu documentos, arquivos pertinentes a pesquisa sobre o método de lavra utilizado para a extração da argila, matéria prima comercializada para a fabricação dos tijolos.

3.2 Procedimentos de ensaios de qualidades dos blocos cerâmicos

3.2 1 Conceitos gerais

Neste capítulo será abordado os procedimentos de ensaios segundo requisitos normativos da ABNT embasados na NBR 15270-3 para determinação das características geométricas; massa seca e índice de absorção de água; resistência a compressão e também os critérios para que o tijolo seja aceito ou recusado pelo comprador. Os ensaios a serem abordados serão realizados no laboratório de da Universidade Federal do Oeste do Pará, com as amostras colhidas nos pontos comerciais da cidade de Juruti, Estado do Pará.

Para efeito de entendimento de algumas terminologias durante a descrição dos procedimentos de ensaios, aplica-se algumas definições das ABNT 15270-1, 15270-2 e 15270-3 conforme descrição a seguir:

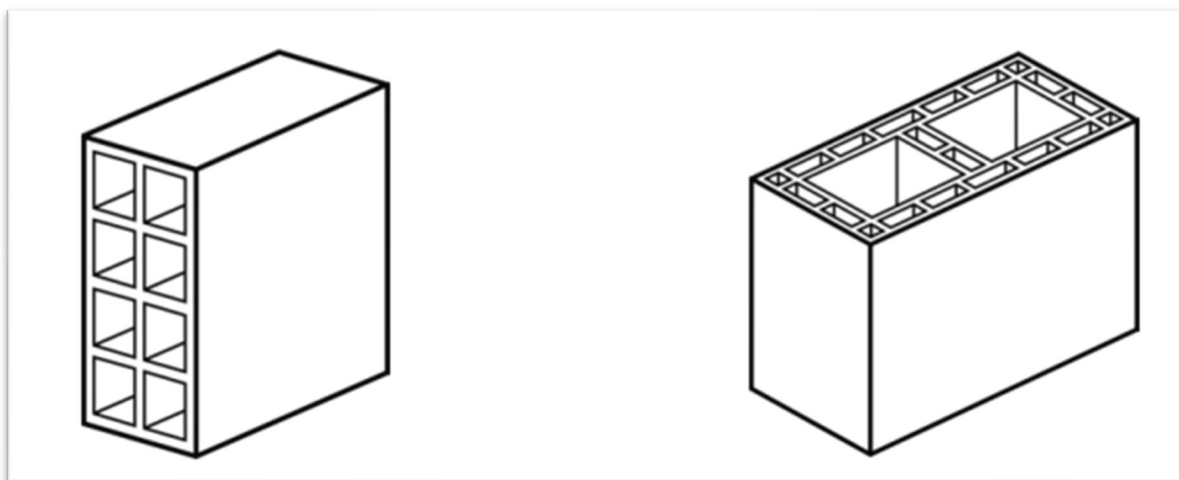
a) Amostra: “conjunto de blocos ou tijolos retirados aleatoriamente de um lote para determinação de suas propriedades geométricas, físicas e mecânicas” (ABNT 2017a);

b) Área bruta (A_b): “Área da seção de assentamento delimitada pelas arestas do bloco, sem desconto das áreas dos furos, quando houver” (ABNT2017a);

c) Área líquida (A_{liq}): “Área da seção de assentamento, delimitada pelas arestas do bloco, com desconto das áreas dos furos, quando houver” (ABNT 2017a);

d) Bloco cerâmico de vedação: “Componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm” (ABNT 2017a). O bloco cerâmico de vedação é fabricado para ser usado com furos na horizontal e na vertical, como representado esquematicamente na Figura 13, este tipo de bloco constituem as alvenarias externas e internas que não tem a função de resistir a outras cargas verticais, além do próprio peso da alvenaria da qual faz parte;

Figura 13 - Bloco cerâmico de vedação com furo na horizontal e na vertical.



Fonte: ABNT (2017).

e) Bloco cerâmico estrutural: “Componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm” (ABNT 2017a). Este tipo de bloco é produzido para ser assentado com furo na vertical;

f) Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças: “Componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida” (ABNT 2017a).

g) Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas: “Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida” (ABNT 2017a).

h) Bloco cerâmico estrutural perfurado: “Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada” (ABNT 2017a).

i) Contraprova: “Corpo-de-prova da mesma amostra original, reservado para eventuais confirmações de resultados de ensaios” (ABNT 2017a);

j) Corpos de prova: “Exemplar do bloco principal, integrante da amostra para ensaio” (ABNT 2017a);

k) Planeza das faces ou flecha (F): “Presença de concavidades ou convexidades, manifestada nas faces dos blocos. Fenômeno medido pela distância (F)” (ABNT 2017a);

l) Ranchura: “Frisos na superfície das paredes externas ou dos septos” (ABNT 2017);

m) Rebarba: “Material remanescente da operação de corte de um bloco, facilmente removível” (ABNT 2017);

n) Septo: “Elemento laminar que divide os vazados do bloco” (ABNT 2017);

o) Variação dimensional: “Diferença entre os valores das dimensões de fabricação e efetiva obtida de medições individuais segundo a ABNT NBR 15270-2:2017” (ABNT 2017a);

3.2.2 Critérios de aprovação das amostras

A conformidade dos blocos cerâmicos, pode ser avaliado pela ABNT 15270-1 e ABNT 15270-2 ao qual determina que os tijolos que forem separados como contraprovas, devem ser armazenados em ambientes com condições adequadas para os ensaios pelo proprietário, fabricante ou construtor.

3.2.2.1 Identificação e características visuais

A ABNT NBR 15270-1 no item 4.2 determina que os blocos cerâmicos devem obrigatoriamente apresentar em uma das faces externas, a identificação do fabricante e do bloco, em baixo relevo ou reentrância, com caracteres que apresentem

no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique sua utilização. Nessa descrição os itens obrigatórios a ser identificados são identificação da empresa, as dimensões de fabricação devem ser expressar em centímetros largura (L), altura (H) e comprimento (C) na forma (L x H x C). dimensões de fabricação

Para análise de características visuais a NBR 15.270-1, no item 4.5.1 determina que as amostras não podem apresentar defeitos de quebras, superfícies irregulares, deformações ou rachaduras que comprometam a utilização do produto. No item 8.1.3 esta mesma norma determina que os treze blocos a serem ensaiados, obrigatoriamente devem seguir as seguintes análises para aceitação dos lotes: i) caso 05 ou mais blocos apresentem defeitos, o lote deve ser rejeitado; ii) caso o número de blocos com defeitos seja igual ou inferior a quatro, o lote poderá ser aceito (ABNT, 2017a).

3.2.2.2 Determinação de características geométricas

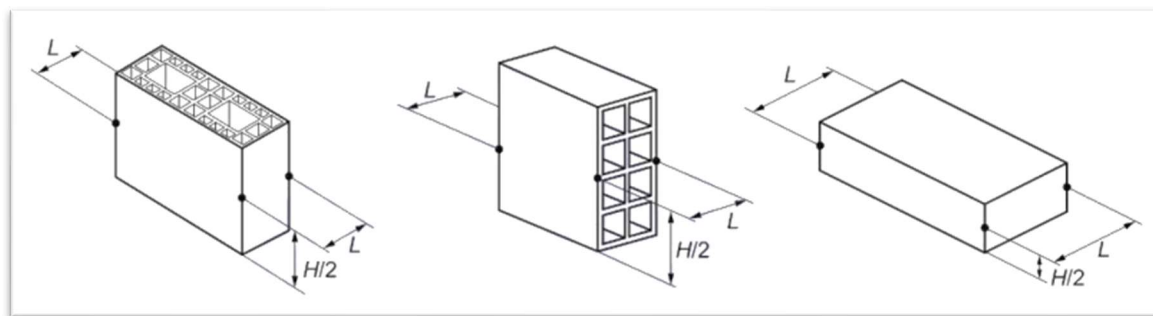
O objetivo deste ensaio é determinar as características geométricas dos blocos e tijolos cerâmicos, através da mensuração das medidas das faces (dimensões efetivas); espessura dos septos e paredes externas dos blocos; desvio em relação ao esquadro (D); planeza das faces (F) área bruta (A_b) e área líquida (A_{liq}). Os aparelhos a serem utilizados como instrumentos de medição neste ensaio são: paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05 mm; régua metálica com sensibilidade mínima de 0,5 mm; esquadro metálico com sensibilidade mínima de $90 \pm 0,5^\circ$ e balança com resolução até 10g. Os corpos de provas devem ser coletados, armazenados, identificados, limpos, as rebarbas devem ser removidas e colocados em ambiente protegido de umidade, de modo a garantir que seja preservada as características originais dos corpos de provas. Desta forma o corpo de prova é constituído de um bloco principal, inteiro e isento de falhas, conforme as ABNT NBR 15270-1 e ABNT NBR 15270-2 (ABNT, 2017b).

3.2.3.1 Determinação de medidas das faces - dimensões efetivas

Para realização deste ensaio os blocos ou tijolos cerâmicos devem ser apoiados sobre uma superfície plana e indeformável. Os valores de largura (L), altura (H) e comprimento (C) são obtidos realizando as medições nos pontos indicados na

Figura 14. As medidas em laboratório devem ser realizadas com a utilização do paquímetro, medições realizadas em obra podem utilizar régua metálica, os ensaios em contraprovas devem majoritariamente ser executados em laboratório (ABNT, 2017b).

Figura 14 - Locais para medições de largura (L) de bloco e tijolo.



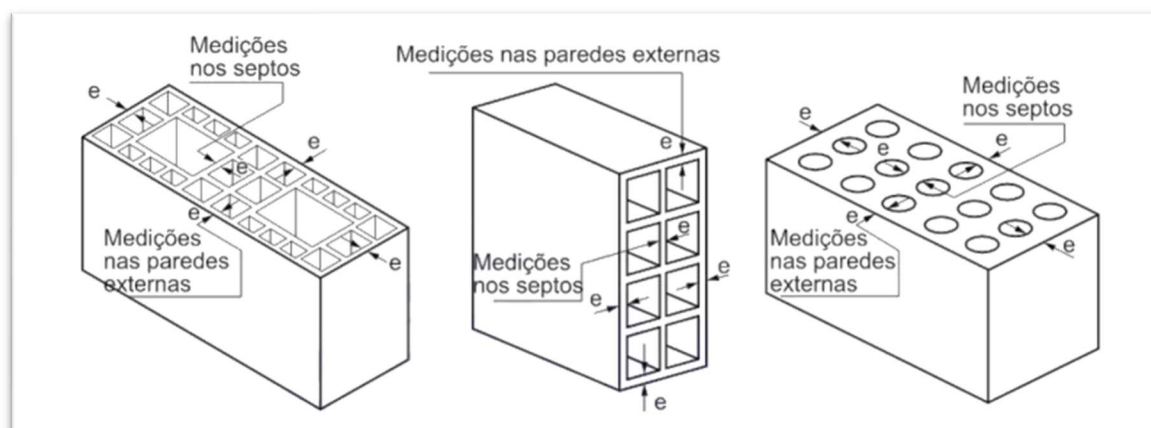
Fonte: ABNT (2017).

Após a realização das medições de largura, altura e comprimento é exigido pela norma que seja elaborado um relatório que represente todos os resultados obtidos nos ensaios, de forma que demonstre as características dos corpos de prova, os problemas encontrados durante a execução dos ensaios e ainda o registros de eventos não previstos que incorreram durante todo o processo de ensaio (ABNT, 2017b).

3.2.3.2 Determinação de espessura das paredes externas e septos

Septo é definido como parte laminar onde se observa os furos dos tijolos, ou seja, a parte vazada dos blocos. Para realização deste ensaio os corpos de provas devem ser posicionados sobre uma superfície plana e indeformável, as espessuras dos septos devem ser obtidas na região central, demonstrando no mínimo quatro medições, buscando os septos de menor espessura. Os blocos que apresente ranhuras, as medições devem ocorrer no interior destas, na Figura 15 é apresentado as medições dos septos e das paredes externas dos blocos estruturas, de vedação e tijolos maciços respectivamente (ABNT, 2017b).

Figura 15 - Posições esquemáticas para medições da espessura das paredes externas e septos.



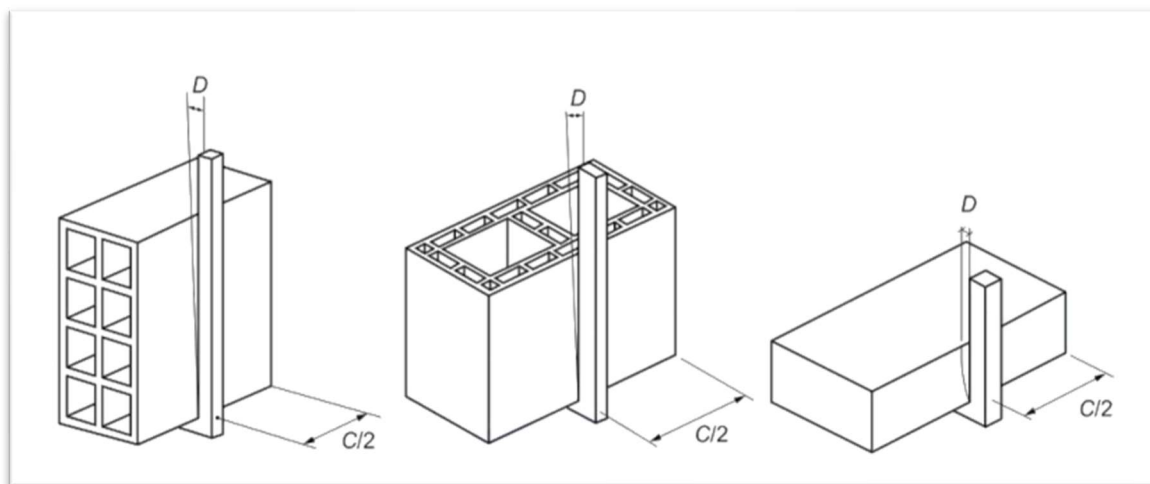
Fonte: ABNT (2017).

Após a realização das medições das espessuras das paredes externas e septos, é exigido pela norma que seja elaborado um relatório em que seja abordado as características de identificação da amostra e todos os corpos de provas, valores individuais das espessuras das paredes externas e dos septos, para cada corpo de prova, essas medidas devem ser expressas em milímetros, deve também ser identificados os problemas encontrados e os não previstos para execução dos ensaios ABNT, 2017b).

3.2.3.3 Determinação do desvio em relação ao esquadro (D)

O desvio em relação ao esquadro pode ser inferido através do ângulo formado entre a face do bloco ou tijolo e o plano de assentamento. Para a execução deste ensaio os corpos de provas devem ser posicionados sobre uma superfície plana e indeformável, em seguida deve-se medir o desvio em relação ao esquadro entre umas das faces destinadas ao assentamento e a maior face destinada ao revestimento do bloco, conforme representado na Figura 16, empregando-se a utilização do esquadro metálico e régua metálica (ABNT, 2017b).

Figura 16 - Desvio em relação ao esquadro – representação esquemática.



Fonte: ABNT (2017).

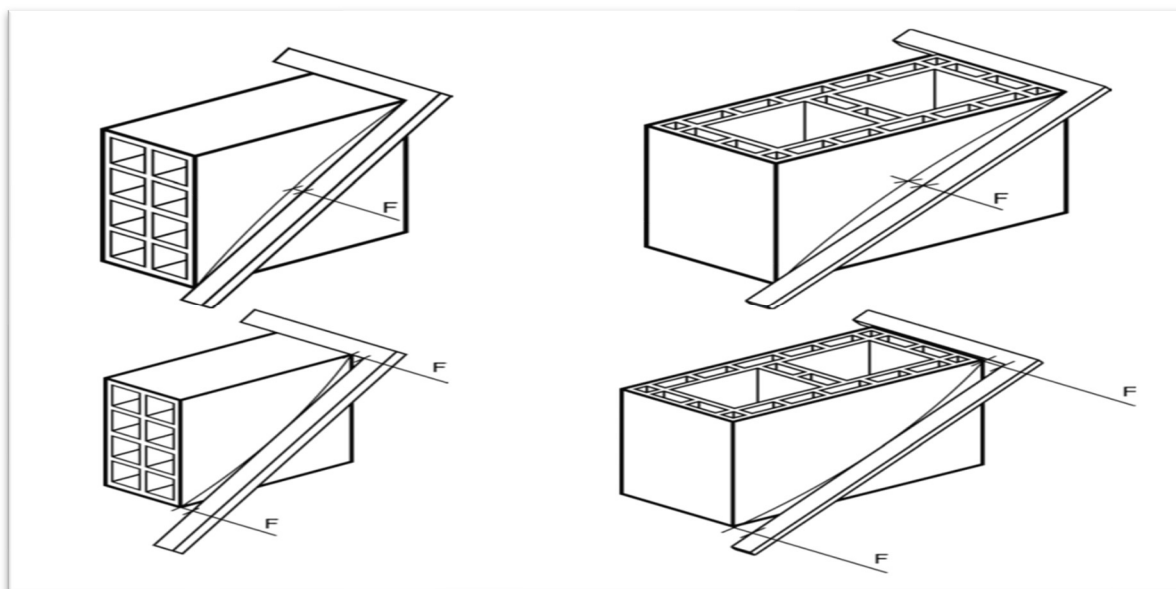
Após a realização das medições do desvio em relação ao esquadro utilizando o esquadro metálico e a régua metálica, é exigido pela norma que seja elaborado relatório em que seja abordado as características de identificação

Da amostra e todos os corpos de provas, valores individuais do desvio em relação ao esquadro (D) expressos em milímetros, deve também ser informado os problemas encontrados e os que não estavam previstos para execução dos ensaios (ABNT, 2017b).

3.2.3.4 Determinação da planeza das faces (F)

Planeza das faces tem o objetivo de verificar a presença de concavidades ou convexidades que podem apresentar as faces dos blocos e tijolos. Para realização deste ensaio, os corpos de provas devem ser posicionados sobre uma superfície plana e indeformável, após a definição de planeza de uma das faces destinadas ao revestimento através da flecha formada na diagonal, conforme representado na figura 17 empregando-se o uso de esquadro metálico e a régua metálica respectivamente nos blocos de vedação, estrutural e maciço respectivamente (ABNT, 2017b).

Figura 17 - Representação esquemática de desvios de concavidade e convexidade.



Fonte: ABNT (2017).

Após a realização das medições da planeza das faces utilizando o esquadro metálico e a régua metálica, é exigido pela norma que seja elaborado relatório em que seja abordado as características de identificação da amostra e todos os corpos de provas, valores individuais da planeza das faces (F) para cada corpo de prova, devidamente expresso em milímetros, deve também ser informado os problemas encontrados e os que não estavam previstos para execução dos ensaios (ABNT, 2017b).

3.2.3.5 Determinação de área bruta (A_b) área líquida (A_{liq})

A determinação de área bruta é aplicável para bloco de vedação e estrutural, em contrapartida a determinação de área líquida é aplicado exclusivamente para bloco estrutural.

Determinação de área bruta (A_b)

Para a realização deste ensaio, primeiro deve-se medir a largura (L), altura (H), e comprimento (C) dos blocos a serem ensaiados conforme o ensaio de determinação de medidas das faces (dimensões efetivas), em seguida para se obter

a área bruta de cada bloco é aplicado a expressão $L \times C$, expressa em milímetros quadrados, com aproximação decimal.

Determinação de área líquida (A_{liq})

Após a realização dos ensaios pra medir a área bruta, os blocos devem ser emergidos completamente em água fervente por duas horas, ou por 24 horas submerso em água em temperatura ambiente. Após os blocos estarem saturados, os blocos devem ser pesados imersos em água a temperatura de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, o resultado obtido é a sua massa aparente m_a . Na sequência os blocos devem ser retirados, enxugados superficialmente com um pano úmido e pesados imediatamente, obtendo-se a sua massa saturada m_u . a área líquida deve ser expressa em cm^2 de casa bloco, calculado com base na expressão a seguir:

$$A_{liq} = \frac{m_u - m_a}{\gamma \cdot H}$$

Onde:

A_{liq} é a área líquida, expressa em cm^2 , com aproximação decimal,

M_u é a massa do bloco saturado em gramas;

M_a é a massa aparente do bloco em gramas;

H é a altura do bloco em centímetros;

γ é a massa específica da água, tomada igual a 1, expressa em gramas por centímetro cúbico.

Após a realização da determinação de área bruta (A_b) e área líquida (A_{liq}), é exigido pela norma que seja elaborado relatório em que seja abordado as características de identificação da amostra e todos os corpos de provas, valor médio da área bruta, calculado com a média aritmética dos valores individuais, deve também ser informado os problemas encontrados e os que não estavam previstos para execução dos ensaios (ABNT, 2017b)..

3.2.4 Determinação de características físicas

Este ensaio tem o objetivo de identificar as características físicas dos blocos e tijolos através da determinação da massa seca e do índice de absorção d'água. Os instrumentos necessários para realização deste ensaio são: balança com

resolução de até 5g e estufa com temperatura ajustável a $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$. os corpos de prova devem ser recebidos, identificados, limpos, deve-se remover as rebarbas e colocá-los em ambientes protegidos, livre de umidade de forma que preserve suas características originais, assim cada corpo de prova é constituído por um bloco principal, integro, isento de defeitos (ABNT, 2017b).

3.2.4 Determinação de massa seca (m_s)

Para este ensaio deve ser removido a presença de qualquer tipo de partícula solta do corpo de prova; a secagem deve acontecer em estufa a $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$; para determinar a massa individual, é necessária que seja feito em intervalos de uma hora, até que duas pesagens consecutivas de cada um deles difiram no máximo 0,25%, de maneira que as pesagens ocorram imediatamente após a retirada da estufa; a massa seca (m_s) dos corpos de prova deve ser medida após a estabilização das pesagens dentro das condições acima determinadas, o resultado dever ser demonstrado em gramas (ABNT, 2017b).

3.2.4 Determinação de massa úmida (m_u)

Após a realização dos ensaios para determinar a massa seca (m_s) os corpos de provas devem ser colocados em um recipiente de dimensões apropriadas, de forma que os fiquem totalmente submersos com água a temperatura ambiente; o recipiente deve ser gradativamente aquecido até a água entrar em ebulição, esse processo de imersão em água fervente deve acontecer por duas horas, nos casos em que não houver a possibilidade de trabalhar com a água fervente, adota-se o mecanismo de imersão em água natural por um período de 24 horas (ABNT, 2017b).

NOTAS 1 O volume de água evaporado do recipiente deve ser repostado para que a imersão dos corpos-de-prova não seja comprometida. 2 Alternativamente, esta operação pode ser substituída pela imersão completa dos corpos-de-prova em água à temperatura ambiente durante 24 h. 3 Havendo divergência quanto ao resultado deste ensaio, prevalece o resultado obtido em água fervente (ABNT, 2017b).

Nos casos em que os ensaios incorrerem sob o mecanismo de água fervente, transcorrido duas horas de fervura, os corpos de prova devem ser resfriados

através da substituição da água fervente por água com temperatura ambiente; após o resfriamento dos corpos de prova ser colocados sob uma bancada para facilitar o escoamento do excesso de água; a água que permanecer deve ser removida com o apoio de uma pano enxuto e úmido, atentando para o tempo entre a retirada do excesso de água na superfície e o término das pesagens que não devem ultrapassar 10 minutos; para a massa úmida (m_u) o resultado deve ser apresentado em gramas através da pesagem do corpo de prova saturado (ABNT, 2017b).

3.2.4 Determinação de absorção de água

Para determinar o índice de absorção d'água (AA) de cada corpo de prova é necessário aplicar a expressão a seguir:

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

onde m_u e m_s representam a massa úmida e a massa dos corpos de prova respectivamente expressa em gramas. Após a determinação dos valores individuais de massa seca (m_s) expresso em gramas, índice de absorção de d'água (AA) expresso em porcentagem, é exigido pela norma que seja elaborado relatório em que seja abordado as características de identificação da amostra e todos os corpos de prova, deve também ser informado os problemas encontrados e os que não estavam previstos para execução dos ensaios.

3.2.5 Determinação de resistência a compressão

O objetivo deste ensaio é determinar a resistência a compressão dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação. Para realizar o ensaio é necessário a utilização de prensa hidráulica que satisfaça as seguintes condições:

A aparelhagem necessária deve satisfazer as seguintes condições: ser provida de dispositivo que assegure a distribuição uniforme dos esforços no corpo-de-prova; ser equipada com dois pratos de apoio, de aço, um dos quais articulado, que atue na face superior do corpo-de-prova; quando as dimensões dos pratos de apoios não forem suficientes para cobrir o corpo-de-prova, uma placa de aço deve ser colocada entre os pratos e o corpo-de-prova; as superfícies planas e

rígidas dos pratos e placas de apoio não devem apresentar desníveis superiores a 8×10^{-2} mm para cada 4×10^2 mm; as placas monolíticas de aço devem ter espessura de no mínimo 50 mm; atender aos requisitos da ABNT NBR NM-ISO 7500-1; ter instrumentos para permitir a leitura das cargas com aproximação de $\pm 2\%$ da carga de ruptura; ser capaz de transmitir a carga de modo progressivo e sem choques; ter o dispositivo de medida de carga com um mínimo de inércia, de atritos e de jogos, de modo que tais fatores não influam sensivelmente nas indicações da prensa, quando o ensaio é conduzido nas condições indicadas em C.4.3 – d) (ABNT, 2017b).

3.2.5.1 Generalidades

Os corpos de provas devem ser recebidos, identificados, limpos, deve-se retirar as rebarbas e condicioná-los em ambiente protegido que preserve suas características. Para realização destes ensaios é necessário primeiramente preparar o corpo de prova, primeiro deve-se medir a largura (L), altura (H) e o comprimento (C) dos blocos, na sequência deve-se regularizar as faces de trabalho dos corpos de prova, utilizando-se cimentos ou argamassas com resistências superiores as resistências dos blocos referente a área bruta, na superfície * onde será feito o recapeamento, este não deverá se afastar do plano mais que 8×10^{-2} mm para cada 4×10^2 mm; este capeamento deve ser confeccionado de modo que fique com sua superfície uniforme e plana, a espessura máxima deste capeamento não pode exceder 3 mm; de forma alternativa as faces dos corpos de prova podem ser ajustadas por meio de uma retífica, dispensado desta forma o capeamento (ABNT, 2017b).

3.2.5.2 Posição dos corpos de prova nos ensaios de compressão

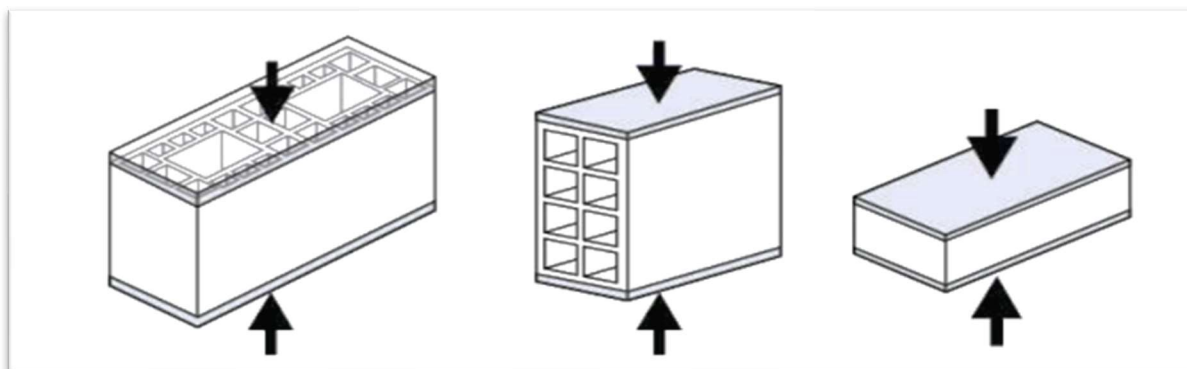
Todos os corpos de provas ao serem submetidos aos ensaios de resistência a compressão devem ser ensaiados de modo que a carga aplicada ocorra na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego, sempre no sentido perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento.

3.2.5.3 Blocos cerâmicos estruturais e de vedação

Os corpos de provas devem ser preparados da seguinte maneira: cobrir com pasta de cimento (ou argamassa) uma placa plana e indeformável recoberta com uma folha de papel umedecida ou com uma leve camada de óleo mineral; a face do

bloco a ser ensaiada deve ser posicionada sobre a pasta de cimento (ou argamassa) de forma que exerça uma pressão manual sobre o bloco até pasta fluir e ficar interposta, de modo que a espessura fique no máximo com 3 mm; após o enrijecimento da pasta (ou argamassa) deve ser removido o excesso existente utilizando uma espátula, na sequencia o procedimento deve ser repetido na face oposta e desta forma obter um corpo de prova com duas faces de trabalho devidamente regulares o tanto quando possível paralelas conforme a Figura 18 que exemplifica a forma de capeamento dos blocos estrutural, de vedação e tijolos maciços respectivamente; os o enrijecimento das duas camadas de capeamento, os corpos de prova devem ser imergidos em agua por no mínimo seis horas; se os corpos de prova tiverem suas faces de assentamento alinhados por uma retifica, o capeamento com massa (ou argamassa) é dispensável (ABNT, 2017b).

Figura 18 - Posição dos corpos de provas nos ensaios de compressão, compressão axial dos blocos e tijolos.



Fonte: ABNT (2017).

Para a realização deste ensaio os blocos devem ser ensaiados em condições saturadas. Todos os corpos de provas devem ser ensaiados de forma que a carga seja aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante sua utilização, sempre no sentido perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento. Os corpos de prova devem ser colocados na prensa de modo que o seu centro de gravidade esteja na direção do eixo de carga de pratos da prensa, os controles de regulação da prensa devem e ser ajustados de modo que a tensão aplicada após os cálculos da área bruta se eleve de forma progressiva a razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s (ABNT, 2017b).

Após a realização dos ensaios para determinar a resistência a compressão dos blocos estruturais deve ser informado o valor médio de cada uma das dimensões

dos blocos medido, desenho esquemático de como os corpos de prova foram ensaiadas, ressaltando a posição dos furos, os resultados da resistência a compressão de cada corpo de prova devem ser expressos em megapascals, com aproximação decimal obtida dividindo-se a carga máxima, expressa em newtons, conforme condição a seguir:

Após a realização dos ensaios para determinar a resistência a compressão dos blocos de vedação os resultados dever ser apresentados, conforme condição a seguir:

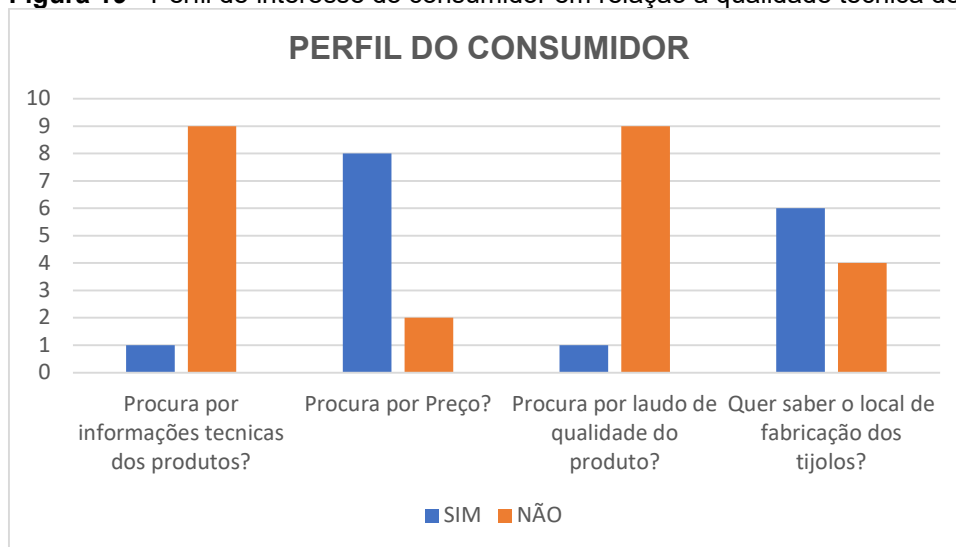
3.3 Resultados

Neste capítulo será mostrado os resultados da pesquisa de campo realizada nas lojas de construção, as visitas técnicas nas olarias, no processo de lavra da argila. Também será mostrado os valores obtidos nos ensaios de geometria, física e de compressão.

3.3.1 Pesquisa de campo

A Figura 19 apresenta as respostas dos clientes que compram os tijolos cerâmicos, levando em consideração os pontos de interesse na qualidade do produto.

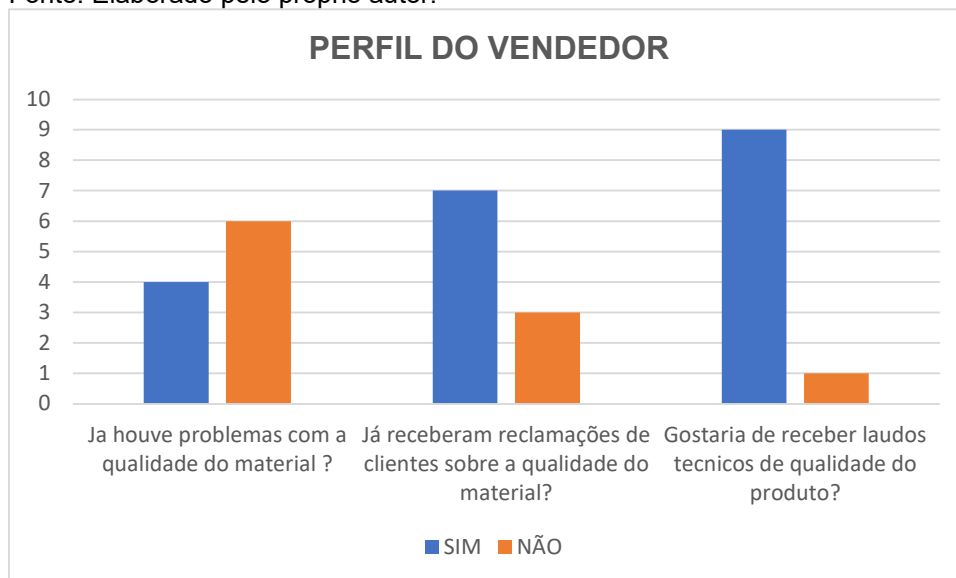
Figura 19 - Perfil de interesse do consumidor em relação a qualidade técnica dos tijolos cerâmicos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A Figura 20 apresenta as respostas dos proprietários dos estabelecimentos visitados que vendem tijolos cerâmicos, foi levado em consideração o interesse técnico do produto que eles ofertam para o mercado local.

Figura 20 - Perfil de interesse do Proprietário de loja de construção de tijolos cerâmicos
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Na visita técnica realizada nas olarias da vila socorro, conforme representação da Figura 21 é possível ver através das imagens levantadas por drone, a margem do rio Amazonas, é neste local que acontece o desembarque da argila extraída no leito do rio que alimenta todas as olarias da vila socorro, este mesmo fornecedor também fornece a matéria prima para as olarias de Juruti, através do mesmo método de extração. Na Figura 22 é apresentado uma imagem com a área de várzea alagada, local onde será extraído a argila quando entrar no período adequado de extração.

Figura 21 - Olaria e porto de desembarque da argila que abastece as olarias da Vila Socorro.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 22 - Margem do rio Amazonas, local de extração da argila para utilização como matéria prima na fabricação de tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.3.2 Resultado de Ensaio Laboratoriais

3.3.2.1 Característica visuais

Nos ensaios de características visuais as análises foram focadas em dois critérios principais: a identificação – identidade de fabricante, dimensões, rastreamento e telefone e a integridade; presença de rachaduras, partes quebradas, tijolos tortos. A Figura 23 apresenta a amostragem dos 6 lotes coletados nas olarias e a Figura 24 apresenta a codificação adotada nos tijolos conforme abordado na metodologia.

Figura 23 - Amostragem dos 6 lotes de tijolos coletados nas olarias.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 24 - Codificação de amostras de acordo com o número dos lotes e posição no grupo.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A tabela 4 apresenta a avaliação visual dos tijolos cerâmicos relacionados ao corpo de prova (linha) com seu respectivo lote (coluna). Estas avaliações classificaram as amostras da seguinte maneira: i) quebrado, torto, trincado para os que apresentarem algum tipo de defeito e ii) “-” representa os corpos de prova em bom estado.

Tabela 4 - Corpos de prova aprovados na análise de características visuais

Bloco	Lote 01	Lote 02	Lote 03	Lote 04	Lote 05	Lote 06
B01	2	3	1	3	2	3
B02	quebrado	-	-	-	-	-
B03	-	-	-	-	-	-
B04	-	quebrado	-	quebrado	-	-
B05	-	-	-	-	trincado	torto
B06	trincado	torto	-	-	-	-
B07	-	trincado	trincado	torto	-	-
B08	-	-	-	quebrado	-	trincado
B09	-	-	-	-	-	-
B10	-	-	-	-	-	-
B11	-	-	-	-	-	-
B12	-	-	-	-	-	torto
B13	-	-	-	-	quebrado	-

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.3.2.2 Identificação

Todos os 78 corpos de provas oriundos das 13 amostragens de tijolos das 6 olarias que cederam as amostras para os ensaios, levando em consideração nome fantasia da empresa, telefone e dimensões, nenhuma amostra apresentou alguma informação que levasse ao rastreio de origem do produto e adequação conforme a norma.

3.3.2.3 Características geométricas

Nos ensaios de análise geométrica dos tijolos utilizou-se paquímetro para medir, os septos, paredes e área bruta conforme apresentado nas Figuras 25 e 26 respectivamente. Na Figura 27 é apresentada o ensaio para conferir o desvio em relação ao esquadro do tijolo.

Figura 25 - Características geométricas – medição da espessura dos septos dos tijolos.



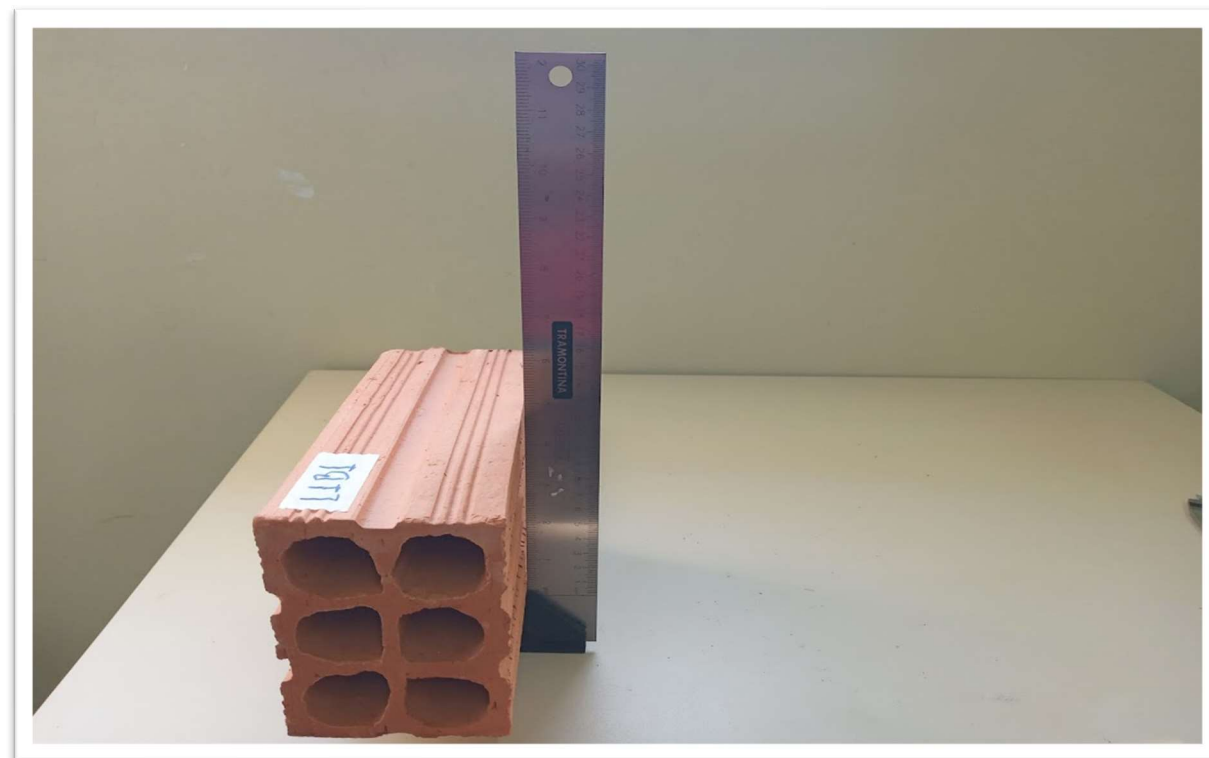
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 26 - Características geométricas – medição de largura para encontrar a área bruta dos tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 27 - Características geométricas – medição de largura para encontrar o desvio em relação ao esquadro dos tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A tabela 05 representa os resultados obtidos nos ensaios de características geométricas de todas as 78 amostras coletadas.

Continuação

Tabela 5: Resultado da determinação de características
Lote 01 - Tijolo cerâmico de vedação

Bloco	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Espessura dos septos (mm)	Espessura das paredes (mm)	Esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
L1B01	85,16	118,42	230,00	6,28	6,87	1,50	1,55
L1B02	86,83	127,09	224,00	7,41	7,96	-	1,04
L1B03	84,64	116,70	229,00	7,22	7,39	4,03	1,11
L1B04	81,90	128,19	222,00	8,15	7,94	4,47	0,86
L1B05	85,51	120,83	228,00	8,56	7,39	3,07	1,40
L1B06	85,89	120,47	230,30	6,51	8,45	0,78	0,73
L1B07	85,15	125,48	227,20	6,99	6,90	1,95	0,91
L1B08	86,04	119,02	224,80	7,79	8,01	3,18	0,05
L1B09	85,92	127,38	225,90	5,56	8,25	0,50	2,89
L1B10	82,85	116,56	224,90	7,97	8,36	0,35	2,24
L1B11	84,01	116,93	229,40	6,31	8,31	0,35	2,36
L1B12	85,65	117,39	230,10	6,35	6,79	0,82	1,31
L1B13	85,47	127,68	232,20	6,81	7,78	2,92	0,33
Média	85,00	121,70	227,52	7,07	7,72	1,84	1,29

Lote 02 - Tijolo cerâmico de vedação

Bloco	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Espessura dos septos (mm)	Espessura das paredes (mm)	Esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
L2B01	90,78	134,77	227,03	7,87	7,08	2,67	1,14
L2B02	89,67	134,93	224,80	7,46	10,32	7,71	1,60
L2B03	90,55	135,52	224,88	7,49	9,04	1,62	0,63
L2B04	90,53	134,88	223,02	8,19	8,46	0,02	0,22
L2B05	90,46	136,36	222,09	7,23	8,59	3,44	2,06
L2B06	89,53	135,43	224,02	7,37	8,22	1,11	3,62
L2B07	90,17	136,31	222,31	8,12	4,88	3,86	-
L2B08	91,64	135,54	225,35	7,99	8,77	-	1,08
L2B09	90,27	135,01	222,95	8,86	9,84	4,12	1,73
L2B10	89,69	135,32	223,82	7,52	8,30	1,13	2,56
L2B11	90,54	135,63	224,71	8,38	8,56	0,27	1,96
L2B12	89,80	134,74	223,92	7,76	8,17	1,10	-
L2B13	90,41	136,07	221,90	8,64	8,52	2,76	1,19
Média	90,31	135,42	223,91	7,91	8,37	2,29	1,37

Continuação

Lote 03 - Tijolo cerâmico de vedação

Bloco	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Espessura dos septos (mm)	Espessura das paredes (mm)	Esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
L3B01	84,57	140,27	223,05	9,17	10,34	2,20	1,05
L3B02	83,47	133,09	228,90	9,49	7,55	1,29	0,52
L3B03	83,78	132,78	222,50	6,98	7,04	0,42	0,49
L3B04	83,07	133,72	228,03	6,81	8,79	1,40	0,99
L3B05	83,57	131,87	229,00	7,43	8,45	-	0,98
L3B06	82,60	131,80	223,75	6,96	7,85	1,09	0,90
L3B07	82,80	132,62	222,01	6,98	7,84	0,27	0,69
L3B08	85,18	138,66	222,78	9,71	10,24	0,40	0,43
L3B09	84,44	140,99	222,35	7,46	10,08	0,55	0,21
L3B10	84,47	139,06	224,80	9,86	9,38	0,07	0,29
L3B11	84,90	137,91	221,07	8,48	10,47	0,54	0,15
L3B12	84,02	139,86	218,70	9,69	7,90	0,34	0,32
L3B13	83,84	132,70	222,03	8,26	10,58	0,48	0,06
Média	83,90	135,79	223,77	8,25	8,96	0,70	0,54

Lote 04 - Tijolo cerâmico de vedação

Bloco	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Espessura dos septos (mm)	Espessura das paredes (mm)	Esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
L4B01	90,53	139,67	223,90	6,89	10,43	1,47	0,98
L4B02	91,24	141,54	225,40	8,09	9,82	0,60	1,89
L4B03	90,55	140,23	224,50	7,81	10,82	2,53	2,05
L4B04	91,98	139,02	224,30	8,59	9,37	0,59	1,20
L4B05	92,48	139,90	223,20	8,33	7,02	2,47	1,24
L4B06	92,30	142,56	223,92	8,64	8,29	0,67	0,04
L4B07	91,56	141,17	223,72	8,13	9,18	0,02	0,50
L4B08	92,58	141,03	217,03	8,28	9,73	0,06	0,33
L4B09	91,72	138,64	225,02	8,61	8,06	1,26	0,67
L4B10	93,93	141,60	223,40	7,94	7,53	0,03	0,57
L4B11	92,15	140,23	222,30	8,68	9,26	2,31	0,74
L4B12	90,80	138,86	221,30	7,62	9,75	0,84	1,46
L4B13	87,13	136,14	224,90	8,08	7,26	1,79	0,61
Média	91,46	140,05	223,30	8,13	8,96	1,13	0,94

Continuação

Lote 05 - Tijolo cerâmico de vedação

Bloco	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Espessura dos septos (mm)	Espessura das paredes (mm)	Esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
L5B01	85,23	124,24	224,50	8,21	7,49	6,30	0,23
L5B02	88,14	126,91	229,00	7,18	7,30	4,50	0,80
L5B03	87,84	128,47	229,10	7,02	7,72	4,30	3,15
L5B04	85,46	123,56	222,91	8,02	8,25	2,54	0,84
L5B05	87,97	128,59	231,23	7,52	7,62	0,07	0,19
L5B06	83,02	120,93	220,10	8,82	7,34	0,21	0,40
L5B07	85,13	125,33	228,90	7,66	7,96	4,61	2,93
L5B08	86,72	126,81	225,60	7,59	8,08	3,24	0,64
L5B09	84,39	125,05	224,10	7,77	7,88	3,36	0,26
L5B10	86,92	126,41	226,50	8,71	7,10	0,62	3,96
L5B11	88,29	128,70	234,10	8,23	7,12	0,77	1,37
L5B12	86,56	127,29	228,20	8,11	7,59	6,11	0,48
L5B13	85,08	115,73	226,70	8,76	7,99	0,82	1,44
Média	86,21	125,23	227,00	7,97	7,65	2,88	1,28

Lote 06 - Tijolo cerâmico de vedação

Bloco	L (cm)	H (cm)	C (cm)	Espessura dos septos (mm)	Espessura das paredes (mm)	Esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
L6B01	85,80	125,64	225,00	8,25	7,52	6,45	0,13
L6B02	84,28	126,56	226,50	10,22	8,35	2,48	0,27
L6B03	85,52	124,82	227,80	8,87	7,62	0,29	0,58
L6B04	87,08	123,68	222,10	9,96	7,06	4,36	0,99
L6B05	85,13	125,22	226,05	6,75	7,25	1,29	0,76
L6B06	85,29	123,00	224,90	7,52	7,33	1,27	2,11
L6B07	86,17	128,07	229,10	7,81	6,83	2,25	0,72
L6B08	87,27	128,89	231,50	8,45	7,64	0,02	0,83
L6B09	86,35	126,43	230,02	8,31	7,84	4,52	2,22
L6B10	87,41	126,89	227,02	7,64	7,41	2,32	0,03
L6B11	87,20	127,56	231,20	7,04	6,65	4,61	0,06
L6B12	86,13	126,97	231,10	9,77	7,87	3,32	0,04
L6B13	86,83	128,59	227,30	8,83	7,53	5,28	0,90
Média	86,19	126,33	227,66	8,42	7,45	2,96	0,74

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.3.2.4 Características físicas

Nos ensaios realizados para obter as características físicas utilizou-se balança analítica e de precisão da marca Even, com sensibilidade de 0,01g conforme representado na Figura 28. Nas Figuras 29 e 30 são representados a estufa utilizada no processo de secagem, os tijolos submersos em água para obtenção da massa úmida.

Figura 28 - Características físicas – balança.

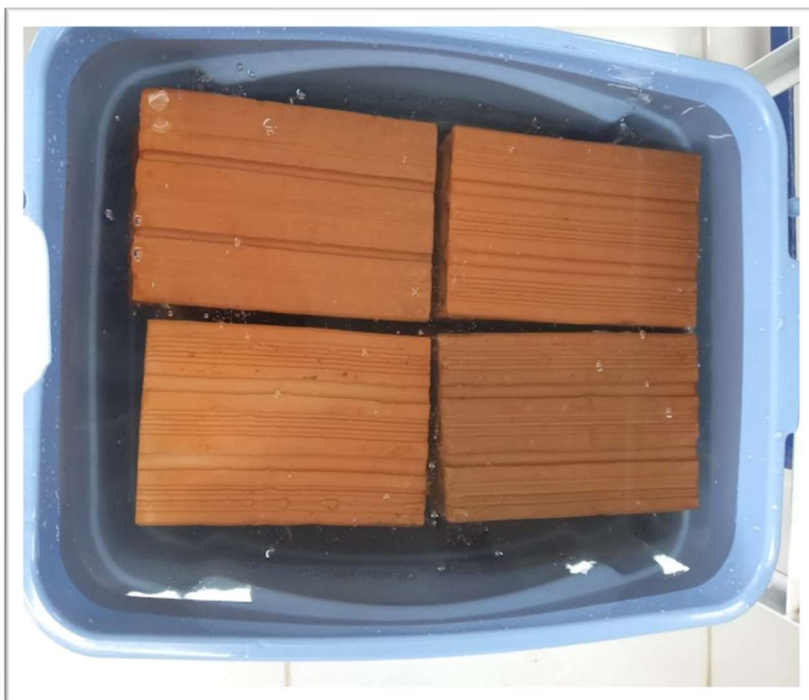


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 29 - Características físicas – estufa.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 30 - Características físicas – tijolos submersos em água.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos de acordo com os cálculos estabelecidos pela norma para obtenção de características físicas dos corpos de prova.

Continuação

Tabela 6 - Resultado dos ensaios de características físicas

Bloco	Área Bruta (mm ²)	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
L1B01	19586,80	1989,63	2178,27	9,48
L1B02	19449,92	2011,06	2231,00	10,94
L1B03	19382,56	1965,43	2124,19	8,08
L1B04	18181,80	1793,50	2017,53	12,49
L1B05	19496,28	2033,27	2226,50	9,50
L1B06	19780,47	1926,27	2126,15	10,38
L1B07	19346,08	2060,31	-	-
L1B08	19341,79	2104,54	-	-
L1B09	19409,33	2055,49	-	-
L1B10	18632,97	1867,04	-	-
L1B11	19271,89	1880,40	-	-
L1B12	19708,07	1916,80	-	-
L1B13	19846,13	2059,43	-	-
Média	19341,08	1974,09	2150,61	10,14

Continuação

Bloco	Área Bruta (mm ²)	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
L2B01	20609,78	2368,50	2755,00	16,32
L2B02	20157,82	2330,00	2701,00	15,92
L2B03	20362,88	2309,00	2676,50	15,92
L2B04	20190,00	2289,00	2646,50	15,62
L2B05	20090,26	2363,00	2744,50	16,14
L2B06	20056,51	2340,00	2715,50	16,05
L2B07	20045,69	2624,50	-	-
L2B08	20651,07	2378,00	-	-
L2B09	20125,70	2332,50	-	-
L2B10	20074,42	2323,00	-	-
L2B11	20345,24	2306,00	-	-
L2B12	20108,02	2278,00	-	-
L2B13	20061,98	2329,00	-	-
Média	20221,49	2351,58	2706,50	15,99

Bloco	Área Bruta (mm ²)	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
L3B01	18863,34	2736,00	3105,00	13,49
L3B02	19106,28	2055,00	2357,50	14,72
L3B03	18641,05	2013,50	2298,50	14,15
L3B04	18942,45	2066,00	2378,50	15,13
L3B05	19137,53	2069,00	2357,00	13,92
L3B06	18481,75	2138,00	2365,50	10,64
L3B07	18382,43	2116,00	-	-
L3B08	18976,40	2713,00	-	-
L3B09	18775,23	2742,00	-	-
L3B10	18988,86	2683,00	-	-
L3B11	18768,84	2585,50	-	-
L3B12	18375,17	2653,50	-	-
L3B13	18615,00	1971,00	-	-
Média	18773,41	2349,35	2477,00	13,67

Continuação

Bloco	Área Bruta (mm ²)	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
L4B01	20269,67	2313,50	2503,40	8,21
L4B02	20565,50	2377,50	2498,90	5,11
L4B03	20328,48	2373,00	2505,60	5,59
L4B04	20631,11	2395,00	2555,65	6,71
L4B05	20641,54	2310,05	2505,70	8,47
L4B06	20667,82	2429,00	2607,15	7,33
L4B07	20483,80	2425,50	-	-
L4B08	20092,64	2412,50	-	-
L4B09	20638,83	2358,00	-	-
L4B10	20983,96	2304,00	-	-
L4B11	20484,95	2443,00	-	-
L4B12	20094,04	2314,50	-	-
L4B13	19595,54	2225,00	-	-
Média	20421,37	2360,04	2529,40	6,90

Bloco	Área Bruta (mm ²)	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
L5B01	19134,14	2114,00	2305,90	9,08
L5B02	20184,06	2054,50	2215,40	7,83
L5B03	20124,14	2071,00	2235,70	7,95
L5B04	19049,89	2090,00	2298,20	9,96
L5B05	20341,30	2055,00	2304,30	12,13
L5B06	18272,70	2019,50	2219,50	9,90
L5B07	19486,26	2078,50	-	-
L5B08	19564,03	2059,00	-	-
L5B09	18911,80	2052,50	-	-
L5B10	19687,38	2094,00	-	-
L5B11	20668,69	2036,00	-	-
L5B12	19752,99	2011,00	-	-
L5B13	19287,64	1885,50	-	-
Média	19574,23	2047,73	2263,17	9,48

Continuação

Bloco	Área Bruta (mm ²)	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
L6B01	19305,00	2061,50	2224,00	7,88
L6B02	19089,42	2087,50	2239,00	7,26
L6B03	19481,46	2083,00	2196,00	5,42
L6B04	19340,47	2047,50	2212,50	8,06
L6B05	19243,64	2045,50	2201,00	7,60
L6B06	19181,72	2082,00	2225,00	6,87
L6B07	19741,55	2008,50	-	-
L6B08	20203,01	2008,50	-	-
L6B09	19862,23	2012,00	-	-
L6B10	19843,82	2026,50	-	-
L6B11	20160,64	2086,00	-	-
L6B12	19904,64	2083,50	-	-
L6B13	19736,46	2008,00	-	-
Média	19622,62	2049,23	2216,25	7,18

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.3.2.5 Resistencia a compressão

As amostras coletadas para o ensaio de compressão foram recapeadas conforme estabelece a norma e apresentado na Figura 31, contudo não fora possível realizar os teste de compressão por que o equipamento prensa hidráulica manual com capacidade de 100 Toneladas/força (Figura 32) apresentou problemas técnicos na leitura de cargas aplicada, impossibilitando a esta etapa de realização dos testes.

Figura 31 - Tijolos recapeados com argamassa para realização de ensaios de compressão.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 32 - Prensa hidráulica manual capacidade 100 t/f.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo será abordado as análises das visitas realizadas nas lojas de materiais de construção, olarias, lavra de argila, ensaios de qualidade dos tijolos: avaliação visual, geométrica e física

4.1 Pesquisa de campo

A pesquisa realizada nas lojas de materiais de construção através da aplicação de questionários buscou entender o nível de interesse sobre a qualidade técnica dos tijolos cerâmicos, tanto para o comerciante quando para o consumidor final. Para o consumidor 80% dos entrevistados não procuram saber sobre as especificações técnicas ou quaisquer outros dados referentes a qualidade dos tijolos que estão comprando, apenas 60% buscam saber o local de fabricação. O maior nível de interesse na hora de comprar é em relação ao preço do produto.

Com relação aos comerciantes, nenhum apresentou laudo de qualidade técnica do tijolo cerâmico, desconhecem saber sobre a norma que regulamenta os procedimentos de ensaios de qualidades e 90% dos entrevistados mostraram interesse em querer ter o laudo técnico dos tijolos, 70% disseram já ter recebido reclamações de clientes com relação a qualidade dos produto vendido.

Na visita técnica realizada a comunidade da Vila Socorro, constatou-se que apenas um fornecedor é responsável pela matéria-prima que abastece as olarias do local e também as olarias do município de Juruti/PA. A argila é retirada do leito do rio Amazonas, nas áreas de várzeas a uma profundidade de 01 metro, o processo de extração da argila é ilustrado na figura 33 A exploração desse minério ocorre pelo meio de uma plataforma flutuante, conhecida na região norte como balsa, o equipamento utilizado para as escavações são as escavadeiras de comando hidráulico que possuem caçamba retroescavadora capaz de mergulhar a camada densa e úmida da argila presente no leito do rio. Após a extração, o material é armazenado em áreas de terra firme, para ser comercializado e transportado para as olarias, onde iniciará o ciclo de produção dos tijolos cerâmicos.

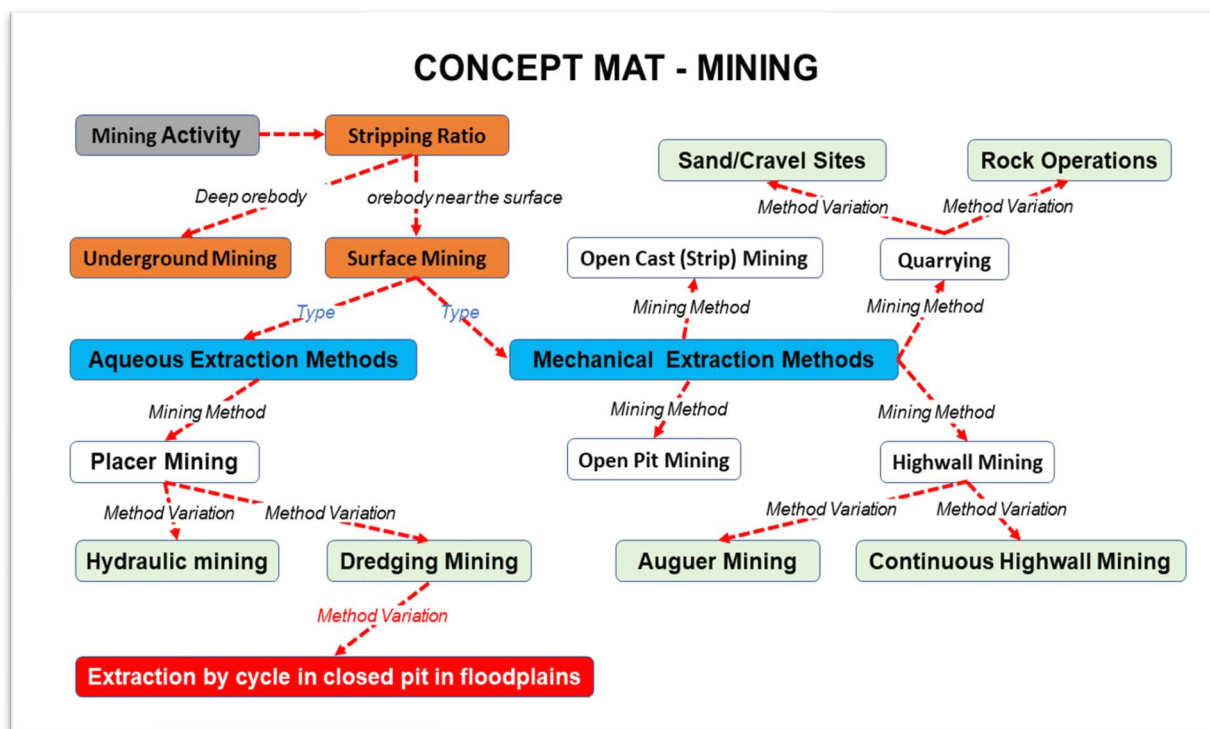
Figura 33 - Representação esquemática do processo de exploração da argila para a fabricação de tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Diante das arguições acima, com base nos métodos de lavras estudado neste trabalho, conclui-se que a fase de exploração citada, na Vila Socorro ocorre por lava a céu aberto via úmido, através da lava de pláceres, pelo método de dragagem. A extração de argila ocorre por ciclos em cava fechada nas áreas de várzeas, conforme destacado em ver vermelho no fluxograma da Figura 34, onde é apresentado os métodos de lavras e suas subclassificações.

Figura 34 - Fluxograma de métodos de lava e suas subclassificações.



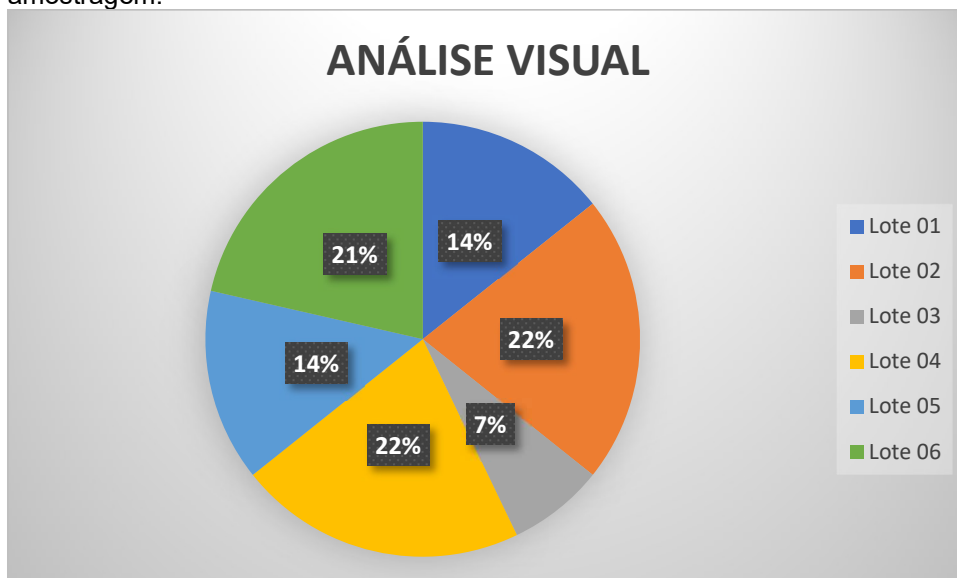
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

4.2 Resultado de Ensaaios Laboratoriais

4.2.1 Característica visuais

Na Figura 35 é possível observar o grau percentual dos tijolos que apresentaram algum tipo de defeito durante o processo de amostragem. Os lotes 01, 03 e 05 foram aprovados devido apresentarem dois ou menos corpos de provas defeituosos. Os lotes 02, 04 e 06 não foram aprovados, e precisam passar por uma nova vistoria com outros 13 blocos para estarem equiparados com o item 8.1.3 da norma.

Figura 35 - Percentual dos tijolos que apresentaram algum tipo de defeito durante o processo de amostragem.

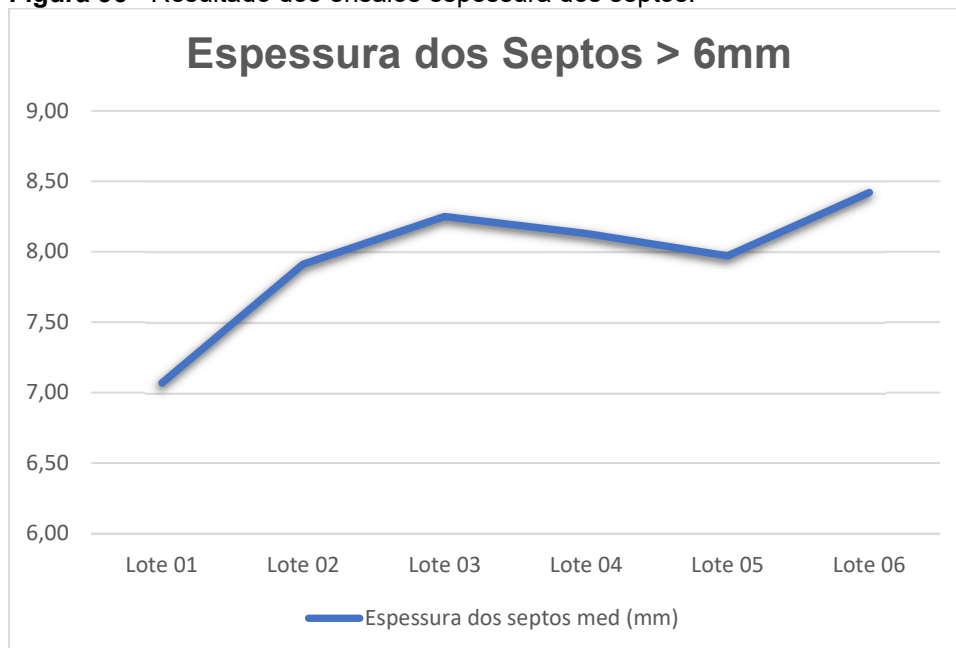


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

4.2.2 Características geométricas

A Figura 36 apresenta os ensaios de medidas dos septos dos tijolos, o item 5.2 da NBR 15.270-1:2005 estabelece que a média dos resultados devem ser acima de 6mm, portanto neste quesito todos os lotes foram aprovados.

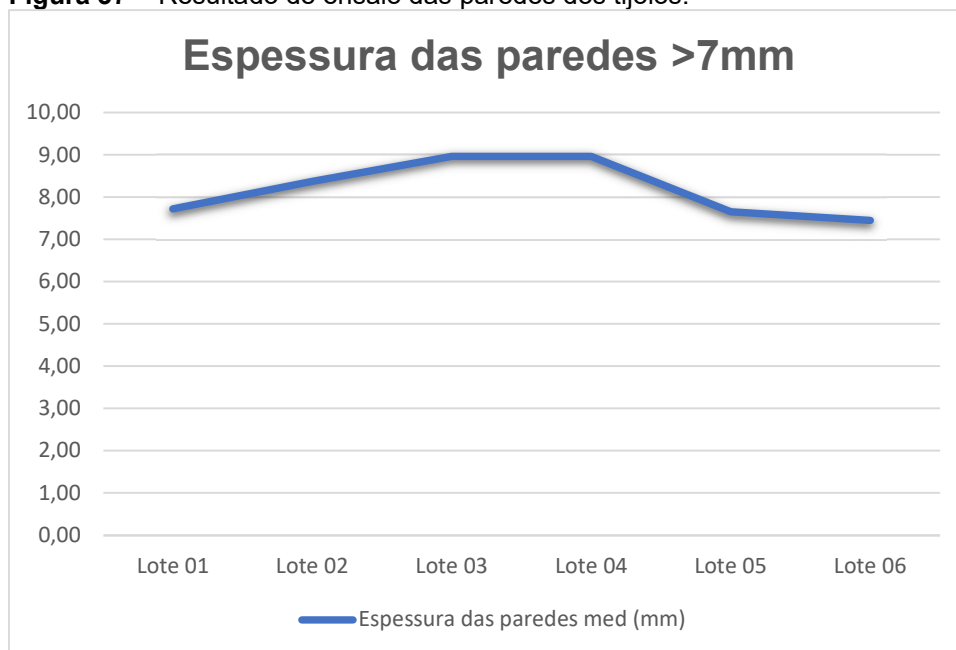
Figura 36 - Resultado dos ensaios espessura dos septos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A Figura 37 apresenta os ensaios de medidas das paredes dos tijolos, o item 5.2 da NBR 15.270-1:2005 estabelece que a média dos resultados devem ser acima de 7mm, portanto neste quesito todos os lotes foram aprovados.

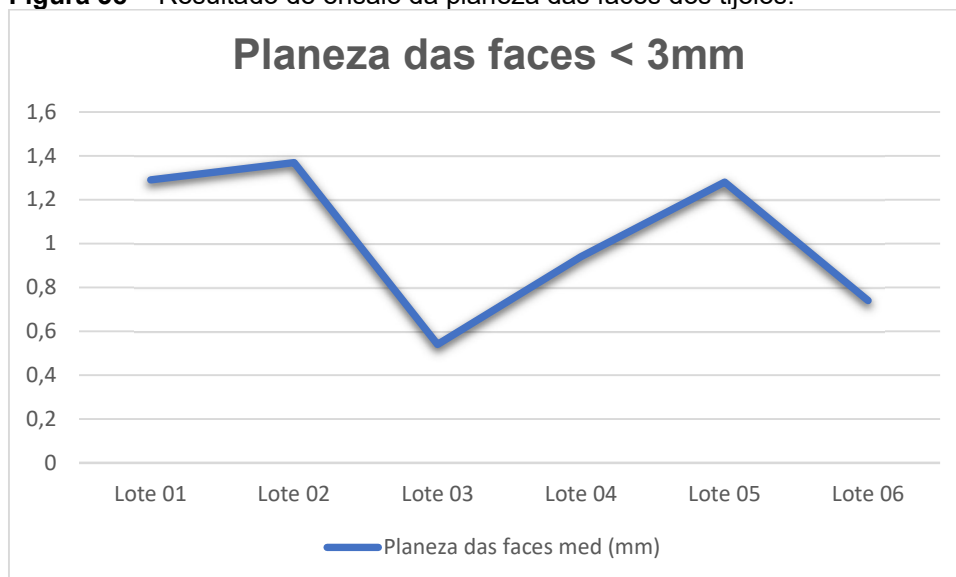
Figura 37 - Resultado de ensaio das paredes dos tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A Figura 38 apresenta os ensaios de medidas da planeza das faces dos tijolos, o item 5.4 da NBR 15.270-1:2005 estabelece que a média dos resultados devem ser abaixo de 3mm, portanto neste quesito todos os lotes foram aprovados.

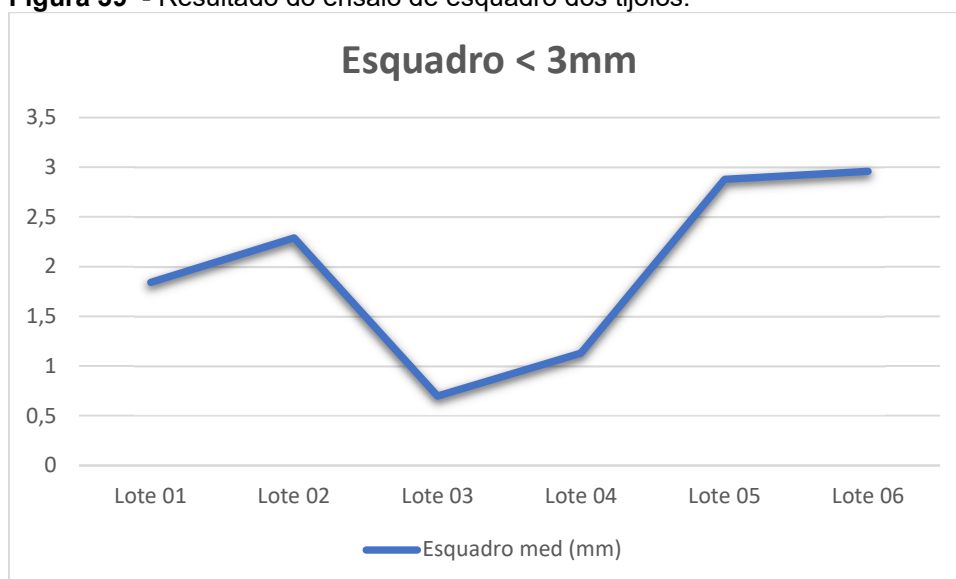
Figura 38 - Resultado de ensaio da planeza das faces dos tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A Figura 39 apresenta os ensaios de esquadro dos tijolos, o item 5.3 da NBR 15.270-1:2005 estabelece que a média dos resultados devem ser abaixo de 3mm, portanto neste quesito todos os lotes foram aprovados.

Figura 39 - Resultado do ensaio de esquadro dos tijolos.

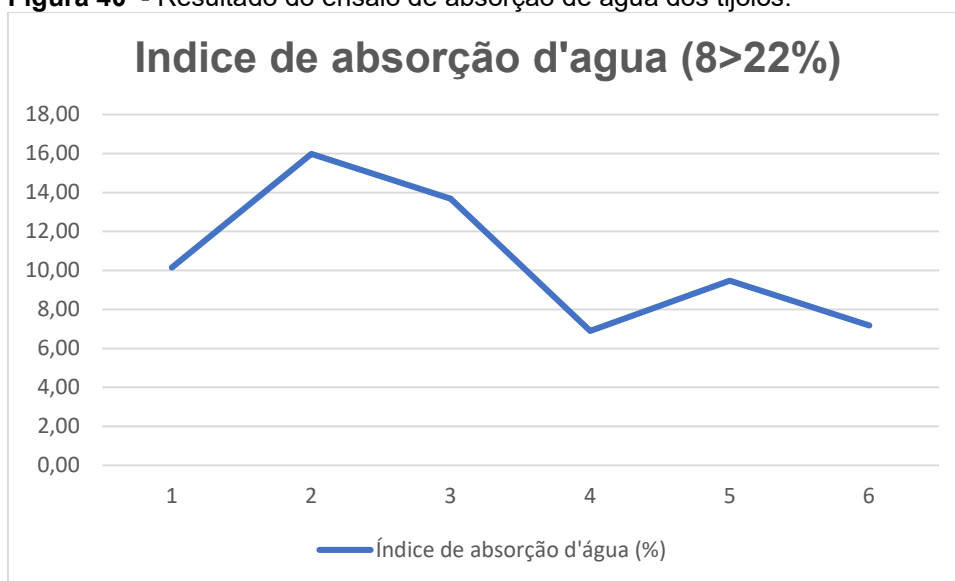


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

4.2.3 Características físicas

A Figura 40 apresenta os ensaios de absorção de água dos tijolos, o item 5.6 da NBR 15.270-1:2005 estabelece que a média dos resultados devem ser entre 8 e 22% de umidade, portanto nestes quesitos os lotes 4 e 6 foram reprovados, os demais lotes todos foram aprovados

Figura 40 - Resultado do ensaio de absorção de água dos tijolos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas de campo mostraram que o nível de desconhecimento da norma que regulamenta o processo de fabricação e testes de qualidade dos tijolos cerâmicos, ainda é preocupante, tanto pela parte do consumidor quanto por aqueles que vendem o produto final.

Os tijolos cerâmicos vendidos na região não atendem ao aspecto de identificação do produto, onde deveria constar o nome fantasia da empresa, telefone, medidas dos tijolos, todas as 78 amostras foram reprovadas nesse quesito.

O método de lavra identificado no processo de extração da argila não é utilizado em larga escala comparados com outros projetos mineiros, porém, devido ao baixo custo de mercado do minério extraído, a extração de argila que ocorre em ciclos em cava fechada nas áreas de várzeas ainda é economicamente viável para continuar o processo de extração.

Os ensaios realizados em relação as características geométricas tiveram resultados favoráveis a aprovação para todos os lotes, os limites estavam todos dentro da margem de aceitação estipulados pela norma.

Os testes de características físicas especificamente o índice de absorção de água aprovou apenas os lotes 01, 02, 03 e 05, por apresentarem índices dentro do que estipula a norma, entre 08 e 22% de umidade. Isto é um fator preocupante, levando em consideração que a maioria das construções no município utilizam os tijolos cerâmicos e estão expostos a grande volume de umidade, principalmente no período chuvoso, isto pode comprometer a segurança das edificações.

6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Segundo CURI, (2017) os depósitos de pláceres são formados por sedimentos transportados pelos rios e formados pelo intemperismo atuante nas rochas matrizes das áreas continentais. Os leitos de curso d'água são constituídos de materiais arenosos e argilosos que adquirem várias formas e tamanhos em função das características do fluxo fluvial. A seguir são enumeradas duas sugestões de pesquisa para trabalhos futuros.

1) Devido ao processo citado, as cavas abertas nas áreas de várzea na Vila Socorro para exploração de argila nas margens do rio Amazonas, ao longo dos anos são recompostas pelos sedimentos trazidos pelo fluxo do rio, conforme informações da comunidade local e do fornecedor que extrai a matéria. A Figura 41, ilustra nas linhas em cor laranja o local de entrada e saída dos fluxos que ao decorrer dos anos recuperam de forma natural a área minerada. Contudo a literatura informa que esses processos de exploração nos leitos dos rios podem ocasionar alguns impactos ambientais, porque em sua maioria não apresentam planos de regeneração das áreas lavradas. Diante do exposto, é importante investigar o fenômeno de auto recomposição das áreas de extração da argila da Vila Socorro, caso seja confirmado, configuraria um processo inovador para a extração de argila.

2) A caracterização mineralógica é importante para averiguar a composição da argila presente nos depósitos sedimentares de pláceres, isto pode ajudar a melhorar a técnica de fabricação dos tijolos, seja com relação a adição de produtos químicos, água, processos e até blindagem com outros materiais. É importante analisar a composição mineralógica através da técnica de difratometria de raios X (DRX), por apresentar ótimos resultados em amostras que são formadas por partículas muito pequenas como é o caso da argila.

Figura 41 - Ilustração de entrada e saída de sedimentos no rio Amazonas na área da comunidade de Vila Socorro.



Fonte: Google Earth, Elaborado pelo Autor (2022).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. **Curso de Lavra de Minas a céu aberto**: Notas de aula. Belo Horizonte: UFMG, 1982.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Anuário Estatístico 2011**: Setor de Transformação de Não Metálicos. Brasília: SGM, 2010. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/-/document_library_display/k59DNdtum7IJ/view_file/405314?_110_INSTANCE_k59DNdtum7IJ_redirect=http%3A%2F%2Fantigo.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fsecretarias%2Fgeologia-mineracao-e-transformacao-mineral%2Fpublicacoes%2Fanuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos%2F-%2Fdocument_library_display%2Fk59DNdtum7IJ%2Frecent. Acesso em: 25 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270 –1**. Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/instituto-federal-de-educacao-ciencia-e-tecnologia-de-goias/materiais-de-construcao/nbr-15270-1-2005/11343414>. Acesso em: 20 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270 –2**. Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR_15270_2_2005.PDF. Acesso em: 22 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270 –3**. Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR_15270_3_2005.PDF. Acesso em: 22 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). **Dados do Setor**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>. Acesso em 05 mai. 2022.

BARBOSA, E. M. L. **Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall**. Goiânia, 2015. Disponível em <https://docplayer.com.br/19300775-Analise-comparativa-entre-alvenaria-em-bloco-ceramico-de-vedacao-e-drywall.html>. Acesso em: 19 set. 2022.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção civil**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2012.

CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais**: Uma Introdução. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros técnicos e Científicos, 2015.

CURI, A. **Lavra de minas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

CURI, A. **Minas a céu aberto**: Planejamento de Lavra. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

FERNBERG, H. **Mining methods in underground mining**. Sweden: Atls Copco Rock Drills, 2007. Available in: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://miningandblasting.files.wordpress.com/2009/09/mining_methods_underground_mining.pdf. Access in: 28 sep. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA E QUALIDADE E TECNOLOGIA – (INMETRO). **Portaria Inmetro nº 16, de 05 de janeiro de 2011**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001665.pdf. Acesso em: 21 jan. 2022.

ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2017. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://www.teixeiraferreira.com.br/artigos/publicados/CAP%C3%8DTULO%209-MATERIAIS%20DE%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20CIVIL%20e%20Princ%C3%ADpios%20de%20Ci%C3%Aancia%20e%20Engenharia%20de%20Materiais_2017.pdf.pdf. Acesso em 24 out. 2021.

LARA, L. A. M. **Materiais de construção**. Ouro Preto: IFMG, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H.N. **Contruindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

STRAPASSON, D. C.; SANTOS, A.; SANTOS, A. P. L. **Falhas do Desempenho Devido ao Planejamento Ineficaz em Edificações de Ensino Públicas**. Campos Gerais, 2010. Disponível em: https://silo.tips/download/falhas-de-desempenho-devido-ao-planejamento-ineficaz-em-edificacoes-de-ensino-pub. Acesso em: 12 mai. 2022.

ANEXOS

Anexo A – Levantamento quantitativo das lojas de material de construção no município de Juruti/Pá

Levantamento quantitativo das lojas de material de construção no Município de Juruti/PA			
Nº	EMPRESA	ENDEREÇO	CONTATO
1	Amazonia Materiais de Construção	Estr. Translago, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99144-0491</u>
2	Aragão Materiais de Construção	R. Arnaldo Pinheiro, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99131-6807</u>
3	Calebe Material de Construção	R. Osvaldo Pereira da Costa - Santa Rita, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99182-6470</u>
4	Casarão Materiais de Construção	Av. Pres. Tancredo de Almeida Neves, 2068, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99203 - 6478</u>
5	Construveco	R. Mal. Rondon, 979-1039, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99158 - 7878</u>
6	Enjutec Construções	Tv. Marcos Belicha - MARACANÃ, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99118-5434</u>
7	Ferragens Juruti	Passagem Praça da República, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 3536-1796</u>
8	Hidaka Materiais de Construção	Translago Pa 257, Tv. Nova Vitória, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99235-5178</u>
9	J M Construções	Av. Pres. Tancredo de Almeida Neves, 1958 - Maracanã, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 99186-5269</u>
10	Vitoria Material de Construção	Av. Pres. Tancredo de Almeida Neves, 91, Juruti - PA, 68170-000	<u>(93) 3536-1731</u>

Anexo B – Questionário aplicado em lojas de materiais de construção no município de Juruti/Pá

QUESTIONÁRIO APLICADO EM LOJAS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO DE JURUTI/PA						
DADOS DA EMPRESA						
Nome da empresa:						
Entrevistado:						
Perfil do Cliente						
Procura por informações técnicas dos produtos?		sim	não			
Procura por Preço?		sim	não			
Procura por laudo de qualidade do produto?		sim	não			
Quer saber o local de fabricação dos tijolos?		sim	não			
qual é o fator principal na escolha do fornecedor dos tijolos cerâmicos?		preço	qualidade	marca	tempo de mercado	
Localização do fornecedor?		Próprio Município	Outros:			
Tem ciência da existência na NBR 15.270 de 2005 e suas atualizações:		sim	não			
Já houve problemas com a qualidade do material?		sim	não			
Já receberam reclamações de clientes sobre a qualidade do material?		sim	não			
Gostaria de receber laudos técnicos de qualidade do produto?		sim	não			