



**FAPAC- FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

SANNY ALVES REIS

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS COM ADIÇÃO DE VERMICULITA
EXPANDIDA.**

**PORTO NACIONAL-TO
2018**

SANNY ALVES REIS

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS COM ADIÇÃO DE VERMICULITA
EXPANDIDA.**

Projeto de Pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Civil do Instituto Presidente Antônio Carlos Porto LTDA, como requisito parcial para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profº. Me. Diogo Pedreira Lima

PORTO NACIONAL-TO

2018

SANNY ALVES REIS

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS COM ADIÇÃO DE VERMICULITA
EXPANDIDA**

Projeto submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto LTDA, como requisito para obtenção parcial do grau de Bacharel, junto a faculdade de Engenharia Civil.

Projeto apresentado e defendido em ____/____/____ e aprovado perante a Banca Examinadora pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Professor Me. Diogo Pedreira Lima
Inst. Presidente Antônio Carlos Porto – Orientador

Examinador 1
Inst. Presidente Antônio Carlos Porto – Membro da Banca

Examinador 2
Inst. Presidente Antônio Carlos Porto – Membro da Banca

**PORTO NACIONAL – TO
2018**

RESUMO

Devido ao aumento significativo da demanda por novas construções, a exigência de melhorias e tecnologia na área da cerâmica vermelha em busca de agregar novas características, tem despertado novas pesquisas na área, como por exemplo, a melhoria no conforto térmico, especialmente no estado do Tocantins. A vermiculita foi o material escolhido, pela sua capacidade de absorção térmica e acústica. Este trabalho tem como finalidade a análise das propriedades geométricas, físicas e mecânicas do material cerâmico com a adição. A fração de vermiculita ficou estipulada em 0%, 5%, 10%, 15% e 20%. Foram feitos ensaios de análises granulométricas e físicas dos materiais, determinação do índice de liquidez e plasticidade da massa cerâmica, determinação de área bruta, área líquida, variação volumétrica, massa seca, massa saturada, absorção de água e resistência mecânica a compressão dos corpos-de prova. Após a avaliação das propriedades, se satisfatória, realizar estudo sobre a capacidade de absorção térmica em relação ao material convencional (0% de vermiculita).

Palavras-chave: cerâmica vermelha; conforto térmico; vermiculita;

ABSTRACT

Due to the significant increase in construction, the demand for improvements and technology in the area of red ceramics in search of adding new features, has awakened case studies, such as the improvement in thermal comfort, especially in the state of Tocantins. The vermiculite was the chosen material, by its capacity of thermal and acoustic absorption. This work has the purpose of analyzing the geometric, physical and mechanical properties of the ceramic material with the additive. The fraction of vermiculite was stipulated in 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. The results of the tests were carried out on granulometric and physical analysis of the materials, determination of the liquidity and plasticity index of the ceramic mass, determination of gross area, net area, volume variation, dry mass, saturated mass, water absorption and mechanical resistance to compression of the bodies, of evidence. After evaluation of the properties, if satisfactory, conduct a study on the thermal absorption capacity in relation to the conventional material (0% vermiculite).

Keywords: red ceramics; thermal comfort; vermiculite;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aptidão das massas de cerâmica vermelha segundo a composição granulométrica, conforme diagrama de <i>Winkler</i>	19
Figura 2 – Fluxogramas dos processos de fabricação de blocos e telhas.....	26
Figura 3 – Local do recolhimento dos materiais.....	28
Figura 4 – Local da realização do estudo.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronograma de atividades.....35

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIB – Produto Interno Bruto

MCT - Levantamento da Situação e das Carências Tecnológicas dos Minerais Industriais Brasileiro

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

IP - índice de plasticidade

LP – limite de plasticidade

LL – limite de liquidez

VM – variação volumétrica

Vi – volume antes da queima

Vq – volume depois da queima

C – comprimento

L – largura

H – altura

Aliq - área líquida, em centímetros quadrado.

Mu - massa do bloco saturado, em gramas;

Ma – massa aparente, em gramas;

H – altura do bloco, em centímetros;

γ – massa específica da água, dada por 1, em gramas por centímetros cúbico;

AA – índice de absorção de água;

Mu – massa úmida;

Ms – massa seca.

Cm – centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVOS GERAIS	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 GEOLOGIA	14
3.2 SOLOS.....	14
3.2.1 Tipos de Solos	14
3.2.2 Solo Residual	15
3.2.3 Solos Transportados	15
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS	16
3.3.1 Classificação Textural ou Granulometria	16
3.3.2 Limites de Atterberg	17
3.3.3 Propriedades Gerais do Solo	17
3.4 ARGILA.....	18
3.5 MINERAIS.....	19
3.5.1 Vermiculita	20
3.6 CERÂMICA VERMELHA	22
3.6.1 Processo de Fabricação.....	23
3.6.1.1 Preparação da argila e da massa.....	23
3.6.1.2 Extrusão	24
3.6.1.3 Secagem	25
3.6.1.4 Queima.....	25
3.6.1.5 Seleção	25
3.6.2 Material Cerâmico	27
4 METODOLOGIA	28
4.1 MATERIAIS.....	29
4.2 MÉTODOS	30
4.2.1 Caracterização	30

4.2.2 Determinação das Características Geométricas	32
4.2.3 Determinação das Características Físicas	33
4.2.4 Determinação das características mecânicas	34
5 CRONOGRAMA	36
6 RESULTADOS ESPERADOS	37
7 REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos são tão antigos, que quase se equiparam com a descoberta do fogo. Do início da sua história até o século XIX eram usados como maneira artesanal para obtenção de utensílios domésticos e decoração e nas fabricas e construção civil, com trabalho totalmente manual e um padrão de alta qualidade. Com o marco da Revolução Industrial, no século XXI a produção cerâmica deu um salto e começou a fabricação em massa, que tornou imprescindível o conhecimento e controle de matérias primas, dos produtos e procedimentos embora, exclusivamente a cerâmica vermelha, apresentar apenas um tipo de matéria prima: a argila.

A indústria cerâmica brasileira tem participação de cerca de 1% no PIB nacional, sendo aproximadamente 40% desta participação representada pelo setor de cerâmica vermelha. Os produtos dessa indústria consistem em tijolos maciços e furados, blocos de vedação e estruturais, telhas, tubos, lajotas, lajes, etc.

Atualmente, o crescimento da população, o *déficit* habitacional, o surgimento de muitas empresas e indústrias, são fatores que ocasionou o surgimento de muitas indústrias cerâmicas no Brasil, para atender a grande demanda e em consequência disso, investir em pesquisa de novos produtos.

Essas indústrias cerâmicas geralmente são localizadas próximo de onde se pode obter a matéria-prima e deve ser devidamente caracterizado antes da sua fabricação. As investigações no campo de estudo das argilas despertam cada vez mais interesse e crescem cada ano devido a essa necessidade, como forma de não causar danos ao meio ambiente, de tecnologias e novas propriedades no material cerâmico e de evitar o desperdício de tempo e trabalho.

Dentro dessa linhagem de estudo, nos últimos anos uma série de novos materiais, a área de pesquisa e desenvolvimento, tenha um papel de grande importância para que se tenha uma relação custo *versus* benefícios em relação a suas qualidades e aplicações.

A vermiculita é um material derivado das micas, apresenta pouca exploração científica, porem se destaca por sua característica isolante térmico-acústico. Atualmente é aplicada na agricultura, horticultura, meio ambiente, fabrica de manufaturados e construção civil.

Nos anos 2000, o MCT- Levantamento da Situação e das Carências Tecnológicas dos Minerais Industriais Brasileiros destacou a vermiculita e priorizaram-na como um mineral de alta importância para a indústria nacional e de exportação. Com a obtenção de informações no campo tecnológico e oportunidade de desenvolvimento, a secretaria técnica do fundo setorial mineral se responsabiliza de induzir empresários e fazer parcerias com instituições de pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar as características geométricas, físicas e mecânicas do material cerâmico com a adição da vermiculita.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as dimensões geométricas;
- Verificar a absorção de água, impermeabilidade e, conseqüente a expansão do material;
- Determinar a resistência à compressão.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 GEOLOGIA

Conforme Pércio (2016) geologia é a ciência que estuda os processos que acontecem no interior do globo terrestre e na sua superfície. Pode-se dizer também que é a ciência que estuda a Terra (do grego *Geos* = Terra e *logos* = estudo). Ela é talvez a mais variável das ciências naturais. Estuda a Terra como um todo, sua origem, composição, estrutura e história, bem como os processos que deram origem ao seu estado atual e os que conduzem as modificações que acontecem no presente. Estuda também a vida que sobre ela existiu e que se encontra registrada nos fósseis, restos ou vestígios de animais e plantas preservados nas rochas. Na maioria dos casos, o geólogo faz isso em uma área restrita, que pode ser, por exemplo, um município, uma porção do estado, um ambiente geológico favorável à existência de um determinado minério.

3.2 SOLOS

Segundo Pinto (2006), solo é a desintegração das rochas que faziam parte primitivamente da crosta terrestre. Essa desintegração deve-se aos agentes atmosféricos, podendo ser físicos e químicos, como exemplos a variação de temperatura, hidratação, lixiviação, oxidação, troca de cátions, hidrólise, carbonatação, etc. Em consequência desses fatores, a classificação do solo é feita a partir do tamanho das partículas e pela composição química da rocha que lhe deu origem.

3.2.1 Tipos de Solos

A distribuição e conduta das diferentes camadas de solo de uma dada área, segundo Fontes e Pastore (1998), são classificadas em geológica e pedológica. Levando em consideração a rocha de origem e os agentes atmosféricos, podendo ser descrita pela análise tátil-visual.

3.2.2 Solo Residual

Fontes e Pastore (1998) afirma que são solos formados sem ser transportados do local onde a rocha sofreu decomposição pelo intemperismo. Sua composição granulométrica e mineralógica, espessura e estrutura, é resultante do tempo, clima, relevo e tipo de rocha de origem.

Conforme Chiossi (1979), solo de composição argilo-arenosa, cor marrom-chocolate, distinto como “terra-roxa”, são decomposições de basalto e possuem elevada plasticidade. Já a desintegração de quartzitos e arenitos formam solos totalmente arenosos. São solos comuns no Brasil, principalmente na região centro-sul, devido ao clima. A rocha-sã é o material inalterado; a rocha alterada assemelha a rocha-sã com parte de sua estrutura e minerais, porém com menos resistência; O solo de alteração já apresenta o material decomposto apenas com algumas linhas de incipientes de estruturas não decompostas e por fim o solo residual que já não apresenta nenhuma característica da rocha que lhe deu origem. É subdividido em jovem e maduro, de acordo com a fase de decomposição dos minerais. A maior ação de intemperismos físicos e químicos se encontra em locais de clima quente.

3.2.3 Solos Transportados

As partículas de um solo podem ser arrancadas por algum agente erosivo, transportadas e depositadas ou sedimentadas. Estes depósitos de sedimentos recentes, não consolidados, são os chamados solos transportados (FILHO E NUMMER, 2011, pg. 115).

De acordo com Chiossi (1979), os solos transportados podem ser caracterizados:

- Aluviões: são formados por sedimentos erodidos que foram carregados pelo curso d'água e depositados nos leitos e margens;
- Terraços fluviais: são aluviões antigos, porém não são solos saturados, constituídos por areia e cascalho.
- Coluviões: são materiais normalmente encontrados nos pés das encostas;

- Tálus: são materiais normalmente encontrados nos pés das encostas, formados pela ação da água;
- Sedimentos marinhos: solos de regiões litorâneas, praias e manguezais, que sofrem tanto de erosão como deposição, num processo chamado regressão marinha;
- Solos eólicos: solos transportados pela ação do vento. No Brasil normalmente encontrados nas costas dos estados litorâneos.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Para fins de engenharia, Brito e Oliveira (1998) a determinação da classe de comportamento que um solo apresenta é antecedida pela caracterização, que se baseia na distinção de uns dos outros para que se possa efetuar amostragens adequadas para a efetivação dos ensaios de classificação. O procedimento é feito seguidos de descrição, caracterização e classificação. A descrição consiste na análise tátil-visual, tendo como ênfase a textura, plasticidade, estruturas, cor, etc.

3.3.1 Classificação Textural ou Granulometria

Na natureza, raramente um solo é do tipo “puro”, isto é, constituído na sua totalidade de uma única granulometria (CHIOSSI, 1979).

De acordo com Fontes e Pastore (1998), a partir do ensaio de granulometria, é determinado o tamanho das suas partículas e os solos serão agrupados de acordo com sua textura. Porém é uma classificação limitada, pois a conduta do solo não está sujeita apenas da granulometria.

A escala granulométrica da ABNT (NBR 6502) divide os solos nos seguintes fragmentos:

- Argila: partícula com diâmetro inferior a 0,005 mm;
- Silte: partícula com diâmetro entre 0,005 mm e 0,05 mm;
- Areia fina: partícula com diâmetro entre 0,05 mm e 0,42 mm;
- Areia média: partícula com diâmetro entre 0,42 mm e 2,0 mm;
- Areia grossa: partícula com diâmetro entre 2,0 mm e 4,8 mm;
- Pedregulho: partícula com diâmetro entre 4,8 e 7,0 mm.

3.3.2 Limites de Atterberg

Os teores de umidade limites entre os vários estados de consistência dos solos são denominados Limites de Consistência, estudados pelo engenheiro químico Atterberg, e adaptados e padronizados pelo professor Arthur Casagrande, que deu nome ao aparelho utilizado no ensaio de limite de liquidez, os limites de Atteberg é determinado pelo limite de plasticidade que é regulamentado pela norma brasileira NBR 7180/84, e pelo limite de liquidez que é regulamentada pela norma brasileira NBR-6459/84 (CARLOS, 2006).

Limite de Liquidez. É o teor de umidade que indica a passagem do estado plástico para o estado líquido. Relaciona-se com a capacidade do solo em absorver água. O ensaio para determiná-lo é realizado com o aparelho de Casagrande. Os materiais que se deve utilizar para este ensaio são:

- Estufa para determinar o valor da massa seca em estufa;
- Aparelho de Casagrande com características e dimensões padronizadas;
- Espátula de metal flexível;
- Cinzéis com as características e dimensões padronizadas;
- Cápsulas de alumínio;
- Balança de precisão laboratorial.

De acordo Carlos (2016) o limite de plasticidade é o teor de umidade abaixo do qual o solo passa do estado plástico para o estado semi-sólido, ou seja ele perde a capacidade de ser moldado e passa a ficar quebradiço. Observa-se que esta alteração de estado acontece nos solos de forma gradual, em função da variação da umidade, portanto a determinação do limite de plasticidade deve ser arbitrada, o que não diminui seu valor uma vez que os resultados são índices comparativos.

3.3.3 Propriedades Gerais do Solo

Chioffi (1979) apresenta as seguintes propriedades:

Índices físicos: o solo é um conjunto de partículas sólidas de tamanhos variados e, conseqüentemente que apresentam vazios que podem estar

preenchidos por ar ou água, completamente ou parcialmente. Essas características podem ser relacionadas a porosidade, índice de vazios, grau de saturação, umidade natural e peso específico do solo.

Formas das partículas: os grãos do solo podem apresentar formas esferoidais (areias e pedregulhos), lamelares ou placóides (argilas, ou solos de granulometria mais fina) e fibrosas (solos orgânicos). Partículas lamelares e fibrosas, por serem dispersas e ocas, apresentam porosidade elevada.

3.4 ARGILA

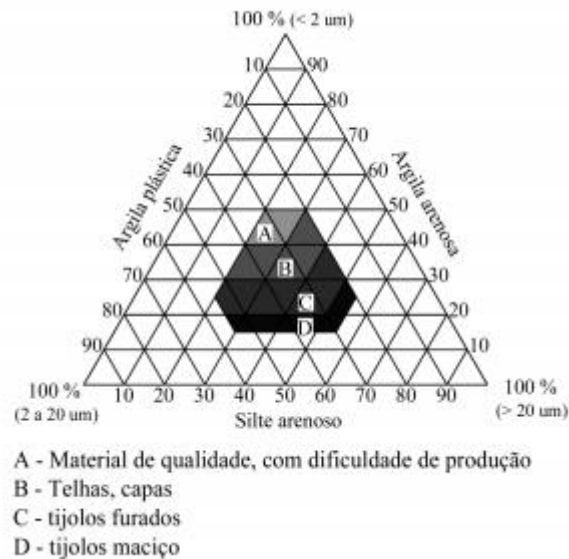
A matéria-prima primordial da cerâmica vermelha de acordo com Brito et al. (2015) é a argila. Produto terroso e natural, de granulometria fina, que quando umedecida apresenta certa plasticidade.

Na concepção de Emiliani (1999), é um monocomposto - só argila comum, denominada de simples ou natural. De forma empírica, deve apresentar uma certa composição, para facilitar a resistência mecânica a queima e a trabalhabilidade. Segundo Cabral Junior et al. (2005) é composta basicamente de sedimentos pelíticos consolidados e não consolidados, como argilitos, argilas aluvionares quaternárias, siltitos, folhelhos e rimitos, que apresentam cores avermelhadas e permanecem após a queima, a temperaturas entre 800° e 1250° C.

A preparação da massa é feita geralmente com argila “gorda”, material de granulometria fina e altamente plástico, constituída apenas de argilominerais; e com argila “magra”, rica em quartzo e já apresenta uma plasticidade mais baixa, reduzindo a plasticidade (CABRAL JUNIOR et al., 2001). Atuando como agente estabilizante.

A composição granulométrica segundo Cabral Junior et al. (2001), é empírica – baseada na experiência prática do material cerâmico - de acordo com seu uso e campos de aplicação como na figura 1. vale ressaltar que nas classes C e D, os limites entre as classes das argilas não são rígidos, utilizando a mesma massa cerâmica para se fabricar telhas e tijolos furado.

Figura 1: Aptidão das massas de cerâmica vermelha segundo a composição granulométrica, conforme diagrama de Winkler



Fonte: (apud Pracidelli e Melchiades, 1997)

De acordo com Norton (1973), bem antes acreditavam que o material cerâmico era composto apenas de uma argila com partículas amorfas, até quando investigadores profissionais analisaram e perceberam que se tinha mais partículas minúsculas cristalizadas do que partículas amorfas. Já existe um conhecimento gigante acerca dos minerais componentes, porém há muito o que ser estudado sobre o grupo das micas hidratadas.

Segundo Brito et al. (2015), há uma variedade de argilas presente na terra, que são caracterizadas conforme sua origem, composição química, concentração de argilominerais, porém as mais utilizadas na indústria cerâmica são as cauliniticas, montmoriloníticas e ílíticas, compostas por minerais acessórios como: mica, sílicas, carbonatos, hematitas e sulfatos.

3.5 MINERAIS

Os minerais são compostos químicos inorgânicos formados naturalmente e que apresentam uma estrutura molecular bem definida. Eles podem ser formados na Terra ou surgir no planeta através de meteoritos e demais corpos espaciais não terrestres (MUNDO EDUCAÇÃO, 2018).

A questão de classificação dos minerais é controversa. Na indústria mineral, os minérios ou minerais são normalmente classificados em três grandes classes: metálicos, não-metálicos (LUZ e LINS, 2008).

Minerais metálicos:

- Ferrosos: ferro, manganês, cromo, níquel, cobalto, molibdênio, nióbio, vanádio, wolfrâmio;
- Não-ferrosos: básicos (cobre, zinco, chumbo e estanho) e leves (alumínio, magnésio, titânio e berílio);
- Preciosos: ouro, prata, platina, ósmio, irídio, paládio, rutênio e ródio;
- Raros: escândio, índio, germânio, gálio etc.

Minerais não metálicos:

- Estruturais ou para construção civil: agregados (brita e areia), minerais para cimento (calcário, areia, argila e gipsita), rochas e pedras ornamentais (granito, gnaiss, quartzito, mármore, ardósia etc.), argilas para cerâmica vermelha, artefatos de uso na construção civil (amianto, gipsita, vermiculita);
- Indústria química: enxofre, barita, bauxita, fluorita, cromita, piritita etc.;
- Cerâmicos: argilas, caulins, feldspatos, sílica, talco etc.;
- Refratários: magnesita, bauxita, cromita, grafita etc.;
- Isolantes: amianto, vermiculita, mica etc.;
- Fundentes: fluorita, calcário, criolita etc.;
- Abrasivos: diamante, granada, quartzito, coríndon etc.;
- Minerais de carga: talco, gipsita, barita, caulim, calcita etc.;
- Pigmentos: barita, ocre, minerais de titânio;
- Agrominerais (minerais e rochas para a agricultura): fosfato, calcário, sais de potássio, enxofre, feldspato, flogopita, gipsita, zeólita etc.;

3.5.1 Vermiculita

Conforme França e Luz (2002) a vermiculita é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro que apresenta uma estrutura micáceo-lamelar com clivagem basal. O termo vermiculita é usado ainda para indicar comercialmente um grupo de minerais micáceos composto por cerca de dezenove variedades de silicatos hidratados de magnésio e alumínio, com ferro e outros elementos. O nome

vermiculita é proveniente do latim *vermiculus* que significa pequeno verme e se deve ao fato de que esse material se expande sob aquecimento e suas partículas tomam formas semelhantes a vermes.

Segundo Ferraz (1971) a estrutura da vermiculita é composta por superfícies lamelares de silicatos, intercaladas com camadas de água. Quando aquecida entre 650 e 1000 °C proporciona uma curiosa característica de expansão, devido à brusca alteração da água em vapor, a pressão exercida pelo vapor promove o afastamento das lamelas e uma deformação axial do mineral. Este fenômeno chamado de esfoliação, promove uma expansão no volume inicial do mineral bruto que varia entre 15 e 25 vezes.

O processo de expansão de acordo com França e Luz (2002) consiste no aquecimento do concentrado de vermiculita por meio de fornos especiais, a gás ou a óleo, a uma temperatura na faixa de 650 a 1000 °C. O objetivo do processo consiste em remover a água estrutural associada ao mineral, no menor intervalo de tempo possível, com o melhor rendimento do processo. O aquecimento converte, bruscamente, a água interlamelar em vapor, expandindo a vermiculita natural.

Como material cerâmico devido às suas propriedades químico/mineralógico-estruturais, Chyntia (2013) afirma que a vermiculita agrega características atraentes tais como: ausência de toxidez, incombustibilidade, capacidade de absorção de líquidos, lubrificante para altas temperaturas, isolante térmico e acústico.

Pode-se destacar como propriedades da vermiculita expandida:

(i) Baixa densidade: A densidade ou massa unitária da vermiculita expandida, sem compactação, varia com os tipos de granulometria de produto e de acordo com a NBR 9230 deve estar entre 70 e 140 kg/m³;

(ii) Baixa condutividade térmica: Pela quantidade de espaços preenchidos por ar, entre as lamelas, após a expansão. torna-se um material de alta porosidade, o que fornece a vermiculita uma baixa condutividade térmica, permitindo a sua utilização em isolamentos térmicos;

(iii) Incombustibilidade: Pois como não possui componentes orgânicos, suporta temperaturas até 1100 °C sem alterar a sua estrutura, por isso a sua sinterização ocorre a partir dos 1150 °C.

(iv) Alta retenção de água, a vermiculita expandida pode reter grande quantidade de água, chegando até 5 vezes seu próprio volume, em virtude da sua alta porosidade, o que lhe confere grande aplicação como retentora de água;

(v) Baixa condutividade acústica, esta propriedade possibilita a redução dos ruídos externos em até 50%, ao usar vermiculita expandida em argamassas e concretos.

3.6 CERÂMICA VERMELHA

Segundo Oliveira (2016), cerâmica é a forma de produzir e utilizar peças sólidas, empregadas na construção civil, tratadas em altas temperaturas e são compostas e constituídas em sua maioria, por compostos inorgânicos e não metálicos.

De acordo Oliveira (2016) com a evolução técnico-científico da cerâmica, podemos classifica-las em três períodos:

- O Período *Keramos* (do grego, sólido sintetizado ou queimado), se trata do período da pré-história até cerca de 1900 onde as atividades eram basicamente artesanais e agrícolas, as peças eram fabricadas manualmente e queimadas em fornos rudimentares, com matérias primas naturais. A tecnologia e método usado eram repassados de pessoas para pessoas.

- O Período Industrial dos Silicatos, entre 1900 a 1940, período de fabricação da cerâmica em alta escala industrial e produzido com matérias primas natural. Nesse período começou a ser industrializado também o cimento e vidro com a tecnologia experimental, o conhecimento baseado no que se tinha obtido na prática.

- Período da Cerâmica Avançada ou de Alta Tecnologia, de 1940 em diante, onde foi desenvolvida a ciência dos materiais, que estuda o comportamento e propriedades dos materiais. A ciência calcula reações e obtém produtos com as características desejadas, antecedendo a prática.

A indústria cerâmica brasileira tem participação de cerca de 1% no PIB nacional, sendo aproximadamente 40% desta participação representada pelo setor de cerâmica vermelha (MACEDO et al. 2008).

Mesmo com essa significância na economia e na sociedade segundo Macedo et al. (2008), a maiorias das jazidas não são devidamente estudadas, sem

haver dados técnicos-científicos para seu uso racional e otimizado. As variações mineralógicas das argilas e o grau de alterações das rochas conforme Brito et al. (2015), agravam um grande problema ao meio ambiente, deve ser feito um controle de qualidade na extração de matéria-prima, a fim de evitar o desperdício e dano ao meio ambiente.

A classificação da cerâmica é dividida de acordo com a sua utilização e o material usado, segundo a ABCERAM, tais como cerâmica vermelha; cerâmica branca; revestimento; isolantes térmicos; materiais refratários; fitas e corantes; abrasivos; vidro, cimento e cal; cerâmica de alta tecnologia.

A cerâmica vermelha conforme Cabral Junior, Motta e Zanardo (2001) é caracterizado pela sua coloração avermelhada e utilizada na fabricação de tijolos, telhas, lajes para forros, lajotas, tubos, blocos, vasos ornamentais entre outros.

A composição de uma massa cerâmica, com as devidas modificações pode ser composta, como a transcrita por Ferrari (2000) em:

- Materiais argilosos, que apresentam uma certa plasticidade para se obter uma forma precisa;
- Materiais como o quartzo, calcário, talco e outros, que servem para obter qualidades particulares resultantes de suas composições químicas;
- Aditivos, especialmente para apurar o estudo das suspensões aquosas, podendo ser orgânicos ou inorgânicos.

3.6.1 Processo de Fabricação

Conforme a Associação Brasileira Cerâmica os processos de fabricação empregados pelos diversos segmentos cerâmicos assemelham-se parcial ou totalmente. Grande parte das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica tradicional é natural, encontrando-se em depósitos espalhados na crosta terrestre. A principal matéria prima para a produção de blocos e telhas é a argila. As indústrias de cerâmica vermelha empregam duas ou mais argilas para a obtenção de uma massa com as características desejadas.

3.6.1.1 Preparação da argila e da massa

O objetivo da preparação da massa é obter, sempre, uma mistura homogênea, com propriedades constantes e umidade apropriada para o determinado método de formação empregado (GOODSON, 1962). Quanto maior a qualidade do bloco ou telha solicitado, maior deve ser o controle sobre os vários estágios de preparação e somente através de um controle contínuo que a qualidade pode ser assegurada e mantida.

Devido ao seu alto estado de agregação de algumas matérias primas, é importante saber que algumas devem ser moídas ou britadas. Esta etapa consiste na desagregação do material através de britadores de mandíbulas e moinhos de martelos, que transformam os grânulos maiores em menores, de forma a homogeneizar a granulometria, passando a seguir por uma grelha. Então o material é umedecido adequadamente e segue para o misturador (UFSC, 2018).

A dosagem das matérias primas, em geral, antecede sua preparação, uma vez que a preparação da massa se inicia com a formação dos lotes a céu aberto no pátio da indústria. A dosagem pode ser feita através da medida de conchadas da retroescavadeira no material ou por caixões alimentadores, que tem a função de controlar a quantidade de matéria-prima a ser processada pelos maquinários subsequentes.

A mistura dosada é transportada aos desintegradores, onde os grandes blocos de argila são desintegrados e as pedras, quando existentes, separadas por centrifugação (ABC, 2002). O material desagregado é então conduzido para o misturador, onde começa o processo de homogeneização que permite atribuir à argila características semelhantes com a sua mistura, o que evitará deformações ou variações de textura, cor e resistência e, em seguida, a mistura é transferida para o laminador, que tem por alvo diminuir a granulometria da massa, completar a homogeneização e cortar a massa em lâminas (UFCS, 2018).

3.6.1.2 Extrusão

Nesta etapa a argila adota a forma requerida, a massa plástica é botada numa extrusora, onde é compactada e forçada por um pistão ou eixo helicoidal, através de bocal com determinado formato. Como resultado obtém-se uma coluna extrudada, com seção transversal com o formato e dimensões desejados; em

seguida, essa coluna é cortada, obtendo-se desse modo peças como tijolos vazados, blocos, tubos e outros produtos de formato regular (ABC, 2018).

A extrusão pode ser uma etapa intermediária do processo de formação, seguindo-se, após corte da coluna extrudada, como é o caso da maioria das telhas, ou o torneamento, como para os isoladores elétricos, xícaras e pratos, entre outros. Para a fabricação de telhas, os elementos extrusados e cortados em formato favorável são prensados em prensa dotada de matrizes que comprimem os elementos cortados dando forma final ao produto. (UFSC, 2018).

3.6.1.3 Secagem

Secagem é a retirada de líquido do material por meio de transporte através dos poros e evaporação para o meio ambiente. O ar do ambiente, que não é saturado, tende a absorver a umidade das peças até acontecer o equilíbrio. O método de secagem é uma intervenção importante na fabricação dos produtos cerâmicos. Enquanto os ditames da economia solicitam a secagem mais veloz possível, um programa de secagem demasiadamente rápida causa retração diferencial, causando a formação de trincas (NORTON, 1973). Têm essencialmente dois tipos de secagem; a natural, onde as peças são deixadas ao ar livre ou em pátios cobertos; e a artificial, em que as peças são assentadas dentro de secadores, onde recebem ventilação forçada e ar quente para auxiliar a extração da umidade.

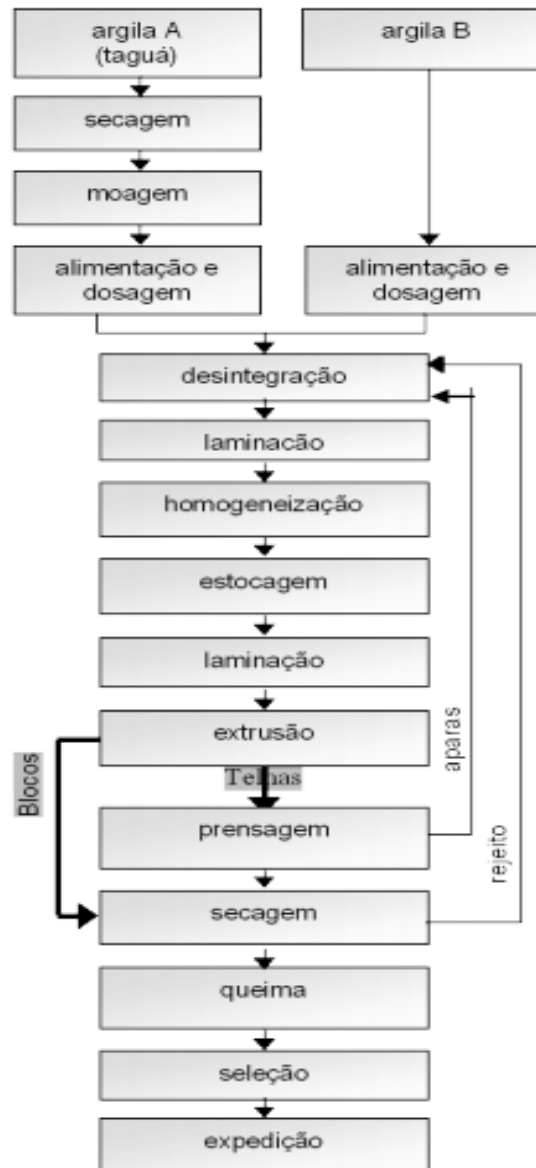
3.6.1.4 Queima

Nessa etapa, conhecida também por sinterização, os produtos adquirem suas propriedades finais. As peças, após secagem, são submetidas a um tratamento térmico a temperaturas elevadas, que para a maioria dos produtos situa-se entre 800 °C a 1700 °C, em fornos contínuos ou intermitentes (ABC, 2018). Nos fornos, as peças são calcinadas em altas temperaturas, que através de transformações físico-químicas, altera as propriedades mecânicas, cor e dimensões da peça.

3.6.1.5 Seleção

Após a retirada do forno, as peças são observadas visualmente quanto a trincas, quebras, excessivamente queimadas, sendo assim descartadas. As peças que estiverem com os aspectos dentro dos padrões exigidos pela ABNT são liberadas para comercialização. A seguir na figura 2, o fluxograma dos processos de fabricação demonstra detalhadamente os procedimentos.

Figura 2: Fluxograma do processo de fabricação de blocos e telhas.



Fonte: Modificado de São Paulo. Secretaria de Estado da Fazenda, 1992.

3.6.2 Material Cerâmico

A Associação Brasileira de cerâmica define o material cerâmico como todos os materiais inorgânicos, não metálicos, conseguidos geralmente após um tratamento térmico em altas temperaturas.

Conforme Jorge (2006), entende-se que os materiais cerâmicos são elementos inorgânicos, não metálicos, constituídos por elementos metálicos e não metálicos que possuem uma ligação química entre si, principalmente por ligações iônicas e/ou covalentes. Como exemplos podemos citar os carbonetos (carboneto de silício - SiC), os óxidos (alumina-Al₂O₃), os nitretos (nitreto de silício-Si₃N₄), e silicatos (silicato de zircônio-ZrSiO₄), etc. [1-3]. Afirma também que os materiais cerâmicos são materiais duros e frágeis com pouca resistência e ductilidade. A ausência de elétrons livres torna-os bons isolantes térmicos e elétricos. Possuem comumente altas temperaturas de fusão e grande estabilidade química, o que lhes confere uma boa resistência à corrosão.

O estudo das propriedades físicas e químicas dos materiais cerâmicos deve ser feita com base na identidade das fases constituintes, do arranjo da microestrutura e o nível de perfeição das fases constituintes em relação aos defeitos estruturais: pureza e estequiometria. Já para as propriedades de compreensão da estrutura e comportamento dos materiais cerâmicos devem ser estudadas as propriedades de superfícies e interfaces, ópticas, magnéticas, elétricas, mecânicas, térmicas, termodinâmicas, cinética das reações e comportamento sob radiações de alta energia (OLIVEIRA, 2008).

As principais características são resistência mecânica a elevadas temperaturas, a baixa condutividade térmica e elétrica e comportamento rúptil quando sujeito a tensões.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho, o material argiloso será ofertado pela Cerâmica Santo Expedito representado na imagem a baixo cujo as coordenadas são: $10^{\circ}44'26.7''\text{S}$ $48^{\circ}24'09.9''\text{W}$, Satélite SPOT 7, Datum SIRGAS 2000, fuso 22.

Figura 3 - Local do recolhimento dos materiais e realização do estudo.



Fonte: Google Earth

A vermiculita será adquirida pelo Laboratório de Solos e de Materiais do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto representado na figura abaixo cujo as coordenadas são: $10^{\circ}41'43,33''\text{S}$ $48^{\circ}22,59'90''\text{O}$, Satélite SPOT 7, Datum SIRGAS 2000, fuso 22, onde serão realizados os ensaios.

Figura 4 - Local da realização do estudo.



Fonte: Google Earth

O material argiloso será analisado, podendo ser moído ou desagregado, até se enquadrar nos parâmetros granulométricos para tal procedimento e finalidade.

Será dosado a quantidade de vermiculita a fim de atender os requisitos mínimos das normas de produtos cerâmicos.

4.1 MATERIAIS

Para a realização do trabalho serão utilizados os seguintes materiais:

- Material Argiloso;
- Vermiculita expandida;

Será realizado o ensaio de granulometria com a argila que foi coletada, para ter ciência do comportamento do material com a argila observando a trabalhabilidade ideal.

A vermiculita não precisa passar por nenhum processo, pois da forma que é adquirida, já vem pronta para uso. Ela será dosada nas seguintes porcentagens

em relação às massas cerâmicas: 0%, 5%, 10%, 15% e 20%. Não será prolongado o número de porcentagem, pois já é confirmado por Schwartz et al. (2005) que porcentagens acima de 25% apresenta um aumento na retenção de água e redução de retração da secagem.

Após a definição da granulometria a ser utilizada, a massa do material e, conseqüente a adição da vermiculita em sua determinada porcentagem, em estado seco com a argila, adicionará água até se obter o IP- índice de plasticidade e que possibilite a conformação do corpo de prova manualmente com as dimensões de 10,0 cm de comprimento e seção reta de 5,0 x 2,0 cm. Serão elaboradas 10 amostras com cada porcentagem definidas de vermiculita.

As secagens dos corpos de provas serão feitas em temperatura ambiente por 72 horas. Em seguida, realizará a secagem em uma mufla com $700^{\circ} \pm 800^{\circ} \text{C}$ de temperatura para que seja eliminada toda a água de conformação.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Caracterização

- Ensaio de Granulometria de acordo com a norma ABNT NBR 7181

O ensaio de granulometria é feito em duas etapas: o peneiramento grosso e o fino. No outro se realiza uma sedimentação em água destilada.

a) Método de peneiramento: Consiste na separação de partículas destorroadas e secas por um período de pelo menos 12 horas, com peneiras de 38,1 – 25,4 – 19,1 – 9,5 – 4,8 e 2,0 mm de diâmetro. Após o peneiramento, calcular as porcentagens da massa de cada fração retida em relação a massa da amostra total.

b) Sedimentação: baseada na “lei de Stockes”, as partículas num meio aquoso se depositam numa velocidade conforme os seus diâmetros. Do material passante da peneira 2,0 mm, retira-se cerca de 70 g para solos argilosos e 120 gramas para solos arenosos e siltosos. Coloca-se o material num Becker e adiciona 125 cm³ da solução de hexametáfosfato de sódio com a concentração de 45,7 do sal para 1000 cm³ de solução e carbonato de sódio a um pH entre 8 e 9. Deixar em repouso por 12 horas e após, remover toda a água destilada, submeter a mistura a um dispersor por 15 minutos e depois transferir o material para uma proveta e atingir

a marca de 1000 ml com água destilada, agitar por 1 minuto. Coloca-se o densímetro e no instante começar a contagem de segundos e minutos conforme esta NBR 7181 para medição de temperatura.

Peneiramento dos finos: após a sedimentação, o material deve passar por uma secagem na estufa ate retirar toda sua umidade. Realizar uma nova separação com peneiras de 1,2 – 0,6 – 0,42 – 0,30 – 0,15 e 0,074 mm. Calcular as porcentagens de massa de cada fração retida em relação a massa da amostra total retidas na peneira 2,0 mm. Realizar após esses procedimento, todos os cálculos descritos nesta Norma.

- Ensaio de Limite de Liquidez Conforme a ABNT NBR 6459

a) Adicionar a amostra numa capsula de porcelana e adicionar agua destilada ate obter uma pasta homogênea, com consistência plástica tal que sejam necessários 35 golpes para fechar a ranhura;

b) Tempo de homogeneização deve estar compreendidos entre 15 e 30 min, sendo o maior tempo para solo argiloso;

c) Moldar a mistura na concha do aparelho com espessura de 10 mm, de forma que não haja bolhas no interior da mistura;

d) Dividir a massa em duas partes com o auxilio do cinzel e começar a contagem de golpes e anotar quando a ranhura se fechar. Após isso fazer retirada do material onde foi fechado para a determinação da umidade. Repetir esse procedimento ate três vezes;

e) Com os resultados obtidos, construir um gráfico com o numero de golpes e teores de umidade correspondente e ajustar uma reta com os pontos. Realizar os demais cálculos descritos nesta Norma.

- Ensaio de Limite de Plasticidade Conforme a ABNT NBR 7180

a) Adicionar a amostra numa capsula de porcelana e adicionar agua destilada ate obter uma pasta homogênea, com consistência plástica;

b) Tempo de homogeneização deve estar compreendidos entre 15 e 30 min, sendo o maior tempo para solo argiloso;

c) Tomas cerca de 10g da amostra e transforma-la em formato cilíndrico de 3 mm sobre uma placa de vidro;

d) Se ocorrer quebra ou ranhura, repetir o processo “c”;

e) Após a realização do cilindro de 3 mm, fragmentar a amostra para determinação da umidade conforme a ABNT NBR 6457;

f) Realizar pelo menos três vezes esse procedimento, desde que a umidade não difiram 5% entre eles e o valor é obtido através da média desses três valores. Conforme esta norma, calcular o índice de plasticidade.

$$IP = LL - LP$$

Equação (1)

Onde:

IP – índice de plasticidade

LL – limite de liquidez

LP – limite de plasticidade

4.2.2 Determinação das Características Geométricas

Relacionar os volumes do corpo-de-prova antes e depois da queima/secagem para saber a porcentagem de retração volumétrica do material com a seguinte equação:

$$VM = \frac{Vi - Vq}{Vq}$$

Equação (2)

Onde:

VM – variação volumétrica

Vi – volume antes da queima

Vq – volume depois da queima

- Determinação da área bruta (A_b) de acordo com ABNT NBR 15270-3:2005.

a) A área bruta é obtida através das medidas de largura (L), altura (H) e comprimento (C) em centímetros, realizadas no corpo-de-prova após a queima pela expressão $L \times C$ em centímetros quadrado.

- Determinação da área líquida (A_{liq}) de acordo com ABNT NBR 15270-3:2005.

a) A área líquida é determinada a partir da área bruta, imergindo os blocos em água em temperatura ambiente por 24 horas ou água fervente por 2 horas;

b) Depois de saturados, realizar a pesagem do corpo-de-prova submerso em água a temperatura de $(23 \pm 5)^\circ \text{C}$ para se obter a massa aparente (M_a);

c) Faz-se a retiradas dos blocos e com um pano úmido enxuga o excesso de água, e pesa-os no mesmo instante para a obtenção de massa saturada (M_s);

d) A área líquida, expressa em metros quadrado, de cada corpo-de-prova é dada pela seguinte fórmula:

$$Aliq = \frac{(Mu - Ma)}{\gamma.H} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

Aliq - área líquida, em centímetros quadrado.

Mu - massa do bloco saturado, em gramas;

Ma – massa aparente, em gramas;

H – altura do bloco, em centímetros;

γ – massa específica da água, dada por 1, em gramas por centímetros cúbico.

A determinação da área bruta se aplica em blocos estruturais e de vedação e da área líquida apenas para blocos estruturais.

Depois disso, realizar um relatório com identificação de todos os corpos-de-prova, com data de recebimento e realização do ensaio, valor médio das áreas brutas e áreas líquidas calculadas com média aritmética, referência da norma utilizada e registro dos imprevistos.

4.2.3 Determinação das Características Físicas

A determinação da massa seca é feita com os corpos-de-prova limpos e sem imperfeições, submetidos a secagem em uma estufa a $(105 \pm 5)^\circ \text{C}$ e determinar a massa individual no intervalo de 1 hora até que duas pesagens consecutivas difiram em no máximo 0,25%, pesando assim que forem retirados da estufa. Medir a massa seca (M_s) após a estabilização dos corpos-de-prova que foram submetidos a estas condições, dada em gramas;

A determinação da massa úmida é feita após a determinação da massa seca, colocando os corpos-de-prova em um recipiente com dimensões apropriadas, preenchidos com água a temperatura ambiente, com volume suficiente para mantê-los submersos. O recipiente deve ser gradativamente aquecido até entrar em ebulição e deixá-los em água fervente por 2 horas. Assim que retirados da água, devem ser enxugados e imediatamente realizar a pesagem dos blocos saturados;

A determinação do índice de absorção de água é dada pela seguinte expressão:

$$AA(\%) = \frac{Mu - Ms}{Ms} \cdot 100 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

AA – índice de absorção de água;

Mu – massa úmida;

Ms – massa seca.

4.2.4 Determinação das características mecânicas

- a) Para a determinação da resistência à compressão, devem-se realizar as medições das dimensões do corpo-de-prova, livre de sujeiras ou impurezas e em condições ideais;
- b) Após isso regularizar as faces do corpo-de-prova com cimento ou argamassa desde que sua resistência seja superior a resistência do bloco em área bruta;
- c) O capeamento deve ser em faces paralelas, plano e uniforme, pois não se permite remendos e a espessura não deve ultrapassar 3,0 mm;
- d) As faces do corpo-de-prova podem ser regularizadas por meio de uma retifica, dispensando-se então o capeamento.
- e) Após o endurecimento, imergir o bloco em água no mínimo durante 6 horas, pois o ensaio é feito com o bloco saturado;
- f) Coloca-se o corpo-de-prova na prensa de forma que a força aplicada seja na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego e seu centro de gravidade esteja no eixo de cargas dos pratos da prensa;

- g) Realizar o ensaio de compressão de maneira que a tensão aplicada, calculada em relação a área bruta se eleve progressivamente á razão de ($0,05 \pm 0,01$) Mpa/s.

5 CRONOGRAMA

ATIVIDADES	MESES										
	jul	ago	set	out	nov	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Seleção do professor											
Definição do tema e assunto											
Pesquisa bibliográfica e documental											
Referencial											
Metodologia											
Resultados esperados											
Introdução											
Resumo											
Correção gramatical e metodológica											
Entrega e defesa do projeto (TCC I)											
Coleta dos materiais e realização dos ensaios											
Interpretação dos resultados											
Redação do Projeto											
Correção gramatical e metodológica											
Encadernação da monografia											
Defesa da monografia (TCC II)											
Correção proposta pela banca											

LEGENDA	
	Atividades concluídas
	Atividades não concluídas

Quadro 1- Cronograma de atividades
Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

6 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se deste trabalho que após a realização dos ensaios, os resultados obtidos atendam às exigências das NBR ABNT de telhas e blocos cerâmicos estruturais e de vedação, deixando-os em condições ótimas e melhoradas para o uso na construção civil. Assim como atender os objetivos específicos delimitados e objetivar também com essa pesquisa que a mesma sirva de fontes de dados e fundamentação teórica para trabalhos futuros.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7181: Solos-ensaio de granulometria**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6459: Limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7180: Limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15270-3: Componentes Cerâmicos parte 3 – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.abeceram.org.br/>>. Acesso em: 07 out. 2018.

ABC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERMICA. **Informações Técnicas – Definição e classificação**, 2018. Disponível em: <<https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>>. Acesso em: 2 nov. 2018.

ABC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERMICA. **Anuário Brasileiro de Cerâmica**. São Paulo 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos**. Rio de Janeiro, 1995.

BRITO, I. P.; ALMEIDA, E. P.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R.; SILVA, V. J.; SANTANA, L. N. L. **Avaliação de novos depósitos de argilas do Estado da Paraíba visando sua aplicação como matérias primas cerâmicas**. Cerâmica, ed. 61. 2015.

BRITO, Sergio Nertan Alves de. OLIVEIRA, Antonio Manoel dos santos. **Geologia de Engenharia**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. ISBN 85-7270-002-1.

CABRAL JUNIOR. Marsis, MOTTA, José Francisco Marciano, ZANARDO. **As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos**. Revista cerâmica Industrial, São Paulo, mar/abr, 2001.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia aplicada à engenharia**. 2. Ed. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1979.

CHYNTHIA, L. D. C. **Argamassa para Revestimento com Propriedades Termoacústicas, Produzida a Partir de Vermiculita Expandida e Borracha Reciclada de Pneus**. São Carlos 2013.

Emiliani, G.P., Corbara, F. 1999. **Tecnologia cerâmica**. Faenza: Editoriale Faenza Editrice. v.1.

FERRARI, K. R. et al. **Transformação das matérias-primas do suporte durante a queima de revestimentos cerâmicos**. Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, mar/abr, 2000.

FERREIRA. H. C., MACEDO. R. S., MENEZES. R. R., NEVES .G. A. **Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha**. Cerâmica, ed. 54, 2008.

FILHO, Carlos Leite Maciel. NUMMER, Andréa Valli. **Introdução à geologia de Engenharia**. 4. Ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2011.

FRANÇA, S. C. A. e LUZ, A.B. **Utilização da vermiculita como adsorvente de compostos orgânicos poluentes da indústria do petróleo**. Recife, Pernambuco 2002.

FERRAZ, C. P. **Vermiculita - Um Importante Mineral industrial**. 1º Simpósio de Mineração, nº 32, EDUSP. São Paulo 1971.

GOODSON, F. J. **Clay Preparation and Shaping**. London: British Ceramic Research Association, 1962.

JORGE, F. L. **CERÂMICOS: Materiais em que vale a pena pensar**. Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2006.

LUZ, A. B. e LINS, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais – Usos e Especificações**. Rio de Janeiro, 2008.

MUNDO EDUCAÇÃO. RODOLFO, F. A. P. **MINERAIS, 2018**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/minerais.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2018.

NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. Tradução Jefferson Vieira de Souza, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1973.

OLIVEIRA, Orley Magalhães de. **Utilização de recursos da indústria cerâmica para obtenção de novos produtos cerâmicos**. 2016. 116 pg. Tese doutorado- Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2016.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3. ed. São Paulo: oficina de textos, 2006. IBSN 978-85-86238-51-2.

PÉRCIO, M. B. **O Geólogo e a Geologia**, 2016. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---RedeAmetista/Canal-Escola/O-Geologo-e-a-Geologia1116.html?UserActiveTemplate=&from_info_index=36>. Acesso em: 29 out. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERALE DE SANTA CARARINA. **Cerâmica Vermelha**. Santa Catarina 2018.

SCHWARTZ, M.O.E., TOMÉ, J.A. Travassos Rios, HIPÓLITO, F. LIRA. B.B. **Avaliação da Adição de Vermiculita na Secagem de Massa Cerâmica através da Curva de Bigot**. Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, jan/fev 2005.