



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE CAXIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

ALANA DE OLIVEIRA RODRIGUES

**ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS -
MARANHÃO: caracterização e possibilidades de aplicações**

Caxias-MA

2021



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

ALANA DE OLIVEIRA RODRIGUES

**ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS -
MARANHÃO: caracterização e possibilidades de aplicações**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Direção do Curso de Química Licenciatura do Centro de Estudos Superiores de Caxias (CESC), da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Licenciatura em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Maura Celia Cunha e Silva

Caxias-MA

2021

R696a Rodrigues, Alana de Oliveira

Argilas de ocorrência no município de Caxias-MA: caracterização e possibilidades de aplicação / Alana de Oliveira Rodrigues. __Caxias: CESC/UEMA, 2021.

57f.

Orientador: Prof^a. Dra. Maura Celia Cunha e Silva.

Monografia (Graduação) – Centro de Estudos Superiores de Caxias, Curso de Licenciatura em Química.

1. Argila. 2. Caracterização. 3. Aplicações. I. Título.

CDU 552.52

ALANA DE OLIVEIRA RODRIGUES

**ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS -
MARANHÃO: caracterização e possibilidades de aplicações**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Direção do Curso de Química Licenciatura do Centro de Estudos Superiores de Caxias (CESC), da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Licenciatura em Química.

Aprovado em: 09/09/2021

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maura Célia Cunha e Silva (Orientadora)

Doutora em Biotecnologia- nanotecnologia

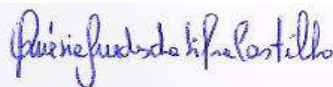
Universidade Estadual do Maranhão



Profa. Dr. Manoel Euba Neto (Avaliador)

Doutor em Ciência do Solo

Universidade Estadual do Maranhão



Profa. Dra. Quesia Guedes da Silva Castilho (Avaliadora)

Doutora no Programa de Pós Graduação- Química

Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me guiar nessa caminhada e por me sustentar em todos os momentos, por todas as bênçãos; força; saúde e discernimento.

A minha orientadora Profa. Dra. Maura Celia Cunha e Silva por me proporcionar essa linha de pesquisa incrível, por me auxiliar em todos os momentos e por dividir todo o seu conhecimento comigo. Muito obrigada por todo o suporte e empenho dado na parte de equipamentos, laboratórios, recursos etc.

Agradeço também a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela oportunidade da bolsa e por todo o investimento na pesquisa. Ao Laboratório de Materiais Avançados da Universidade Federal do Piauí (UFPI) pela realização das medidas de DRX. Ao Laboratório de Análises do Instituto Federal do Piauí (IFPI) pela realização das medidas de FRX. Ao dono da antiga Fábrica de Cerâmica Terra Boa por me receber e disponibilizar as amostras das argilas para a minha pesquisa.

Um agradecimento especial aos meus pais (José de Ribamar e Maria José Pacheco) e minha tia (Raimunda Pacheco) por todo o suporte e amor, ao meu irmão (Lucas Ruan) por me ajudar com minha pesquisa e por estar presente em todos os momentos da minha vida. E *In Memoriam* de Neuza Pacheco, minha vizinha que tantas vezes vinha me falar que eu ia me atrasar pra aula e a toda minha família por sempre me compreender e me apoiar.

Aos meus colegas e amigos de graduação que se fizeram presentes nesta caminhada. Em especial, Caroline Martins; Mayra Karen; Rayza Borba; Iracy Capistrano e Jesus Hellen que me ajudaram em diversos momentos.

A Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) por todo o suporte. Agradeço a todos de coração, por todo amor; suporte; conhecimento; ajuda e contribuição, meus mais sinceros obrigada.

RESUMO

As argilas são muito usadas por ter amplas propriedades que se aplicam desde a área da saúde; fábricas de cerâmicas, até tratamentos estéticos. Devido serem materiais naturais, de baixo custo e abundante na natureza e com diversas possibilidades de uso, surgiram várias pesquisas visando os tipos de aplicações. Caxias no Maranhão é um município rico em argila, e tem grande potencial para a produção e fornecimento de materiais derivados deste minério, mas são poucas exploradas e possui poucos estudos sobre as suas composições e propriedades. Diante disto, este trabalho teve como objetivo realizar estudos sobre as possibilidades de aplicações das argilas do município de Caxias, bem com a sua caracterização por meios das técnicas de fluorescência de raio X (FRX) e difração de raio X (DRX). Para isso, amostras de três tipos de argilas (vermelha, branca e cinza) foram coletadas na antiga Fábrica de Cerâmica Terra Boa. Amostras foram submetidas a um processo de lavagem para retirada da matéria orgânica e caracterizadas pelas técnicas de DRX e FRX. Dentre os minerais encontrados nas argilas analisadas, os predominantes nas três amostras foram o quartzo (SiO_2) e a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), bem como outros minerais importantes que compõem as argilas. Foi feita ainda uma pesquisa bibliográfica sobre as possibilidades de aplicação das três argilas estudadas. As composições e concentrações presentes nas três argilas são de fundamental importância e destaque na produção e fornecimento de materiais derivados deste minério para a produção e distribuição para várias áreas da indústria. Destaca-se ainda as possibilidades de aplicações desta matéria-prima abundante, natural e de custo relativamente baixo no desenvolvimento de novos materiais.

Palavras-chave: Argilas. Difração de raio X. Fluorescência de raio X.

ABSTRACT

Clays are widely used for having broad properties that apply from the health area; ceramic factories, even aesthetic treatments. Due to the fact that they are natural materials, of low cost and abundant in nature and with different possibilities of use, several researches have emerged aiming at the types of applications. Caxias Maranhão is a city rich in clay, and has great potential for the production and supply of materials derived from this ore, but they are little explored and have few studies on their compositions and properties, this work aims to carry out studies on the possibilities of applications of clays in the city of Caxias, as well as their characterization by means of X-ray fluorescence (FRX) and X-ray diffraction (DRX) techniques. In this study, three types of clays (red, white and gray) were collected in the former Ceramic Factory Terra Boa. These samples went through the washing process to remove the organic matter and through XRD and FRX characterization techniques seeking the mineralogical compositions present in the clays. Among the minerals found, the predominant ones in the 3 samples were quartz (SiO_2) and kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), as well as other important minerals that make up the clays. A bibliographical research was also carried out on the application possibilities of the three studied clays. The compositions and gifts present in the three clays are of fundamental importance and highlight in the production and supply of materials derived from this ore for production and distribution to various areas of industry. The application possibilities of this abundant, natural and relatively low-cost raw material in the development of new materials are also highlighted.

Key-Words: Clays. X-ray diffraction. X-ray fluorescence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do fenômeno de difração de raios X segundo a Lei de Bragg.....	20
Figura 2 - Representação do raio X nas camadas K e L.....	21
Figura 3 - Fotos do processo de maceração e peneiração para a argila vermelha.....	24
Figura 4 - Ilustração da paisagem de uma das argilas.....	24
Figura 5 - Ilustração de uma das argilas no agitador magnético.....	25
Figura 6 - Foto das argilas prontas para serem centrifugadas.....	25
Figura 7 - Imagem das argilas secando na estufa.....	26
Figura 8 - Foto das argilas vermelha, cinza e branca lavadas e etiquetadas.....	27
Figura 9 - Difratoograma de raio X da argila branca de Caxias-Ma.....	31
Figura 10 - Difratoograma de raio X da argila vermelha de Caxias-Ma.....	31
Figura 11 - Difratoograma de raio X da argila cinza de Caxias-Ma.....	31

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Resultados da análise de FRX da argila branca de Caxias-MA, contendo 32 amostras de elementos e compostos químicos.....	33
Tabela 2 - Resultados da análise de FRX da argila vermelha de Caxias-MA, contendo 34 amostras de elementos e compostos químicos.....	34
Quadro 1 - Equipamentos, materiais, reagentes e vidrarias utilizados neste trabalho.....	23
Quadro 2 - Resultados quantitativos encontrados no Google Acadêmico para argilas, cinzas, vermelhas e brancas.....	36
Quadro 3 - Resultados da pesquisa bibliográfica feita no site Scielo para argilas, cinzas, vermelhas e brancas bem como suas possibilidades de aplicações.....	36

LISTA DE SIGLAS

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

AIPEA – Association Internationale pour l'Etude des Argiles

CESC – Centro de Estudos Superiores de Caxias

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DRX – Difração de raio X

FIEMA – Federação das Indústrias do Estado do Maranhão

FRX – Fluorescência de raio X

IFPI – Instituto Federal do Piauí

JCPDS – Joint Committee on Powder Diffraction Standards

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

UFPI – Universidade Federal do Piauí

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
	2.1 Geral.....	13
	2.2 Específicos.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
	3.1 Argilas.....	14
	3.2 Argilas do tipo: vermelha, branca e cinza.....	16
	3.2.1 Argila vermelha.....	16
	3.2.2 Argila Branca.....	17
	3.2.3 Argila Cinza.....	18
	3.3 Caracterização das argilas.....	19
	3.3.1 Difração de raio X (DRX).....	19
	3.3.2 Fluorescência de raio X (FRX).....	21
4	METODOLOGIA.....	23
	4.1 Equipamentos, materiais, reagentes e vidrarias.....	23
	4.2 Coleta e armazenamento das amostras	23
	4.3 Remoção da matéria orgânica.....	24
	4.3.1 Etapa 1: processo de lavagem das argilas com água deionizada.....	24
	4.3.2 Etapa 2: processo de lavagem das argilas com peróxido de hidrogênio.....	26
	4.4 Caracterização das argilas.....	27
	4.4.1 Difração de raio X (DRX).....	27
	4.4.2 Fluorescência de raio X (FRX).....	27
	4.5 Análise e Interpretação dos dados.....	28
	4.6 Possibilidades de aplicações das amostras.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
	5.1 Observações feitas durante o processo de lavagem das argilas.....	30
	5.2 Análises da difração de raio X (DRX).....	30
	5.3 Análises da fluorescência de raio X (FRX).....	33
	5.4 Possibilidades de aplicações das argilas branca; vermelhas e cinzas.....	35
	5.5 Trabalhos publicados com base nessa pesquisa.....	39
6	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	APÊNDICES.....	47

1 INTRODUÇÃO

O termo argila permite vários conceitos, que se dão em função da formação profissional, técnica ou científica dos que por ela se interessam (químicos, mineralogistas, ceramistas etc) quer seja pela sua gênese, quer seja pelas suas propriedades, quer ainda pelas suas aplicações (MEIRA, 2001, p. 1).

O conceito de argila que reúne uma aceitação mais geral é de “um produto natural, terroso, constituído por componentes muito finos, entre os quais se destacam, por serem fundamentais, os minerais argilosos. Quase sempre apresenta plasticidade em meio úmido e endurece depois de seco e, mais ainda, depois de cozido” (MEIRA, 2001, p. 1).

Devido as argilas serem materiais naturais, de baixo custo e abundante na natureza e com diversas possibilidades de uso, surgiu várias pesquisas científicas visando aplicações que vão desde a indústria automobilística até a farmacêutica. Há várias aplicações das argilas, dentre elas:

O uso com adsorventes em processos de clareamento na indústria têxtil e de alimentos, em processos de remediação de solos e em aterros sanitários. São usadas para ajustar as propriedades reológicas de fluidos de perfuração de petróleo e de tintas, como carreadoras de moléculas orgânicas em cosméticos e fármacos e como suporte para catalisadores (TEIXEIRA-NETO e TEIXEIRA-NETO, 2009, p.1).

É perceptível que o uso e as aplicações das argilas são vastos. Segundo Rocha et al., (2015, p. 4) “o município de Caxias - MA é rico em argila, e tem grande potencial para a produção e fornecimento de materiais derivados deste minério para a construção civil”. Na cidade de Caxias-MA todos os projetos sobre mineração tinham por finalidade a extração de argila para a fabricação de tijolos e telhas para abastecer a construção civil na cidade e região. Caxias contém uma vasta variedade de argilas, mas poucos estudos sobre as suas composições e propriedades.

De acordo com o site do Governo do Estado do Maranhão a indústria de argila (principalmente a cerâmica vermelha) produz o suficiente para atender o mercado interno no referido estado. Há produção em quase todos os municípios, seja artesanalmente para uso próprio, seja por indústrias de todos os portes. O município de Caxias no Maranhão já se destacou a algum tempo na produção de tijolos, telha canal, telha colonial, blocos cerâmicos e lajotas, mas hoje em dia produz muito pouco. Considerando a abundância dessa matéria-prima e suas diversas possibilidades de aplicação, é importante e necessário estudos para a caracterização desses materiais, caracterização esta que pode nortear novas possibilidades de aplicações dessa matéria-prima tão abundante no estado do Maranhão.

A análise química de argilas é relevante considerando-se suas aplicações tecnológicas, tais como produção de cerâmicas, aditivos inorgânicos em polímeros e papéis, aglutinação de areias para o preparo de moldes metalúrgico, sólido inerte para diluição de pesticidas etc (SILVA et al., 2005, p. 137).

Como já vimos, as argilas, por ser um material natural, de baixo custo e abundante na superfície terrestre, vem sendo alvo de estudo para diversas aplicações e ampla diversidade de uso, seja ela natural, modificada ou combinada com outro material. Segundo o autor Buriti et al., (2017, p. 585) “são poucos os estudos na área cerâmica, apenas sendo encontradas nos livros definições técnicas da composição química da argila e são deixados de lado possíveis alternativas de utilização da argila”. Por isso, acreditamos que realizar estudos e caracterização de argilas de ocorrência na região de Caxias Maranhão é importante, pois pode resultar em uma nova possibilidade de uso para esse recurso natural abundante em nossa região, com menor custo benefício e maior valor agregado e também futuras aplicações para esse material tão abundante.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar estudos sobre as possibilidades de aplicações de três argilas de ocorrência no município de Caxias-MA, bem com a sua caracterização.

2.2 Específicos

- Obter argilas de ocorrência no Município de Caxias – MA.
- Caracterizar as amostras de argilas através por meio da técnica de Difração de raio X (DRX).
- Determinar a composição química das argilas por meio de Fluorescência de raio X (FRX).
- Verificar na literatura possibilidades de aplicações das argilas coletadas no município de Caxias-MA e caracterizadas por DRX e FRX.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Argilas

O termo argilas possui um conceito amplo e permite vários significados por diversas áreas. Para um ceramista a argila é um material natural que quando misturado com água se converte numa pasta plástica; para um sedimentologista representa um termo granulométrico; para um petrologista é uma rocha; para um mineralogista é um mineral (MEIRA, 2001, p. 1).

Segundo a Association Internationale pour l'Etude des Argiles (AIPEA) a definição recomendada para argila é de um material de ocorrência natural composto principalmente de minerais finamente granulados, geralmente plástico em contato com água e se torna rígido após secagem ou queima (GUGGENHEIM et al., 2006).

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas define a argila como “certas terras e rochas pulverizadas, que formam quando combinadas com água, uma pasta suficientemente homogênea -com plasticidade- passível de ser moldada, que endurecem ao passo em que vão secando e que transformam em cerâmica através da ação do fogo” (SEBRAE, 2008, p. 87).

A Associação Brasileira de Cerâmica define argila como um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, que umedecida com água apresenta plasticidades e é constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter minerais que não são argilominerais (quartzo, mica, hematita etc), matéria orgânica e outras impurezas (ABCERAM, 2021).

Os argilominerais são os minerais característicos das argilas; quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo em certos tipos outros elementos como ferro, potássio, lítio etc (ABCERAM, 2021). Segundo o site da Associação Brasileira de Cerâmica:

Graças aos argilominerais, as argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas que explicam sua grande variedade de aplicações tecnológicas. Os principais grupos de argilominerais são caulinita, illita e esmectitas ou montmorilonita (ABCERAM, 2021).

Conforme o Departamento Nacional de Produção Mineral - (DNPM, 2010) as argilas extraídas no subsolo brasileiro são classificadas em argilas comuns, argilas plásticas e argilas refratárias, possuindo o Brasil uma reserva na ordem de seis trilhões de toneladas. A Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres ANFACER (2021) afirma que as argilas formam base para a constituição da cerâmica, sendo a cerâmica o material artificial de maior idade ancestral produzido pelo homem.

No Brasil, a terceira maior produção da mineração é a argila. Estima-se que cerca de 167 milhões de toneladas de argila são exploradas anualmente pela indústria, pois há uma produção anual de cerca de 88 bilhões de peças cerâmicas e cada peça cerâmica pesa em média 1,9 kg (BRASIL, 2012, p. 33).

O Brasil extrai cerca de 60 substâncias minerais e dentro desses minerais estão as argilas que são extraídas para as indústrias cerâmicas e tem um papel importante para a economia do país, com participação no PIB estimado em 1% correspondendo a cerca de seis bilhões de dólares anuais (VALICHESKI; MARCIANO; POCIANO, 2009). É importante ressaltar que esses dados se referem apenas à realidade do setor formal e não fazem menção à produtividade das inúmeras pequenas empresas informais e aos empregos por elas gerados (SEBRAE, 2008).

O setor cerâmico tem importante representatividade no Nordeste do Brasil. A região agrupa aproximadamente 1200 empresas (COSTA, 2016, p. 23). O Banco do Nordeste destaca que “a produção está localizada principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Pernambuco, Maranhão e Piauí” (BNB, 2010, p. 4).

No Maranhão as argilas são usadas na produção de vários tipos de cerâmicas, de acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Maranhão - FIEMA (2008, p. 83) “a indústria da cerâmica vermelha é bastante forte, a ponto de ser, em princípio, suficiente para atender o mercado estadual”. Sobre a produção da cerâmica vermelha a FIEMA (2008) destaca:

A cerâmica vermelha maranhense é produzida por centenas de indústrias de todos os portes, desde a simples olaria, que se encontra praticamente em todos os municípios do estado, até a indústria mais evoluída, detentora de tecnologias de produção das mais avançada. São dezenas de milhões de peças produzidas todo mês, principalmente tijolos, telhas, blocos e lajotas, largamente demandadas pela construção civil (FIEMA, 2008, p.83).

Observa-se que a produção de cerâmicas no Maranhão é bem ampla, a cidade de Caxias Maranhão também tem grande destaque. Segundo Araújo (2012, p. 105) em Caxias, destacam-se as seguintes atividades industriais: extração de óleos vegetais, produção de bebidas, sabões, laticínios, móveis e produtos cerâmicos. A indústria da construção civil é o segmento mais importante, sendo 106 responsável por mais de 48,00% dos postos de trabalho.

Dentre as empresas de cerâmica em Caxias, destaca-se a fábrica de Cerâmica CENOL, de acordo com o próprio site da CENOL, esta empresa “é um grupo de cerâmicas localizadas em Caxias- MA, especializada na produção dos mais variados materiais de construção, como: telhas, tijolos, lajotas e afins, foi inaugurada em julho de 2017 e é localizada no povoado capão, distante cerca de 5 km do centro da cidade” (CENOL, 2021).

3.2 Argilas do tipo: vermelha; branca e cinza

Neste trabalho coletou-se três tipos de amostras de argilas para posterior pesquisa e caracterização. Coletou-se amostras de argilas do tipo vermelha; branca e cinza. Os tópicos 3.2.1; 3.2.2 e 3.2.3 trazem as composições; as características e as aplicabilidades dessas três amostras.

3.2.1 Argila Vermelha

Popularmente conhecida como “barro”, apresenta grande plasticidade. Quando queimadas no máximo até 1100°C adquirem colorações que vão do creme aos tons avermelhados, o que mostra o maior ou menor grau da porcentagem de óxido de ferro (SEBRAE, 2008, p. 87).

Os principais elementos presentes na argila vermelha são: óxido de magnésio (MgO); sódio (Na); óxido de ferro (Fe₂O₃); óxido de cobre (CuO); óxido de potássio (K₂O); ferro (Fe); cobre (Cu) e cromo (Cr) (HENKE, 2012; GOPINATH et al., 2003; SAMPAIO et al., 2008; STARIOLO, 2009). Sua composição mineralógica qualitativa corresponde a uma mistura de quartzo, esmectita, illita e caolinita (RIBEIRO, 2010).

As argilas vermelhas tem grande contribuição na produção das cerâmicas vermelhas, segundo o Sebrae (2008, p. 89) “as cerâmicas vermelhas compreendem aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas) e também utensílios de uso doméstico e de adorno”.

A matéria-prima da cerâmica vermelha tem grande quantidade de silte e areia, e seu teor de fração argila é baixo, porém deve ser suficiente para permitir o desenvolvimento da plasticidade necessária para a moldagem dos corpos cerâmicos (TOMAZETTI, 2003). O processo de fabricação de produtos de cerâmica vermelha tem como matéria-prima principal as argilas comuns (MAIA, 2012, p. 04).

A produção de cerâmica vermelha distribui-se por todo o país, muito pulverizada, em micro e pequenas empresas, quase sempre organizações simples e familiares (BUSTAMANTE e BRESSIANI, 2000). Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER no Brasil há aproximadamente 7329 unidades produtoras, acarretando uma produção de 4.000.000.000 peças/ano de blocos cerâmicos e 1.300.000.000 peças/ano de telhas. São gerados 293.000 empregos diretos e movimentam um faturamento de R\$ 18 bilhões (ANICER, 2021).

Além dos usos tradicionais das cerâmicas vermelhas na indústria para uma grande variedade de produtos (tijolos, telhas etc), esses materiais possuem outras aplicações, como na

fabricação de vasos ornamentais, utensílios domésticos, cimento, agregado leve e revestimentos (CABRAL JÚNIOR et al., 2005, p. 596).

Há no mercado uma forte demanda por produtos de cerâmica vermelha, com alto valor agregado e destinados a acabamento e revestimento de vários produtos. A indústria de cerâmica brasileira vem se tornando umas das mais criativas e competentes do mundo (MATOS NETO, 2012).

3.2.2 Argila Branca

As argilas brancas apresentam uma cor acinzentada clara quando úmidas, e após a sinterização assumem a cor branca ou marfim. Essa classificação de argila possui baixa quantidade de óxido de ferro (SILVA, 2011). A produção de peças com argila branca se concentra em peças de molde, como exemplo os materiais sanitários, revestimentos de parede ou ladrilhos, louças etc (FRIGOLA, 2002).

A argila branca é composta por silicato de alumínio hidratado (Al_2O_3), alumínio (Al), enxofre (S), ferro (Fe), boro (B), potássio (K) e cálcio (Ca) (SOUZA e JÚNIOR (2008)). De uma forma geral as argilas brancas são constituídas por caulina, mica (ilita) e quartzo, podendo apresentar teores de esmectita e possivelmente clorita, sendo a caulinita, geralmente, mal cristalizada e de fina granulometria (MENEZES, 2003). As argilas brancas, compostas por caulinita acompanhada de ilita, esmectita e clorita, são denominadas de “ball clay” e são muito utilizadas na indústria como produtos cerâmicos finos (louças e porcelanas) (QUEIROZ, 1994).

As argilas brancas têm grande contribuição na produção da cerâmica branca. A cerâmica branca é um segmento da cerâmica tradicional (ou de silicatos) bastante abrangente, balizada pela cor branca ou clara de queima de sua massa básica, em temperaturas superiores a 1.000°C (MOTTA et al., 1993, p. 1).

De acordo com a ABCERAM (2021) o grupo da cerâmica branca é bastante diversificado, compreendendo materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor e que eram assim agrupados pela cor branca da massa, necessária por razões estéticas e/ou técnicas. Segundo Motta (2001), o setor de cerâmica branca agrupa variedade de produtos, que se diferenciam, entre outros fatores, pela temperatura de queima, pela composição da massa, e notadamente, pelo tipo fundente.

Os autores Oliveira e Maganha (2006) destacam que a cerâmica branca é um grupo bastante diversificado, o qual compreende os produtos obtidos a partir de uma massa de coloração branca, em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor, como por exemplo, louça de mesa, louça sanitária e isoladores elétrico.

A Associação Brasileira de Cerâmica destaca que o grupo da cerâmica branca pode subdividir em: louça sanitária; louça de mesa; isoladores elétricos para alta e baixa tensão; cerâmica artística (decorativa e utilitária); cerâmica técnica para fins diversos, tais como: químico, elétrico, térmico e mecânico (ABCERAM, 2021).

3.2.3 Argila Cinza

A argila cinza proveniente do desdobramento de granitos é constituída basicamente dos minerais quartzos, feldspato cálcico e mica. Possui estrutura cristalina trigonal composta por tetraedros de sílica (dióxido de silício (SiO_2)), pertencendo ao grupo dos tectossilicatos (CORDEIRO; SOUSA, 2019).

A argila cinza é uma das mais tradicionais argilas, também conhecida como montmorilonita, sua composição é rica em zinco e silício (EVELINE, 2010). Sua coloração deve-se à presença em silício de óxido de ferro, que atua em sinergia com outros minerais presentes (SOUZA, 2005). Sua composição mineralógica qualitativa corresponde a uma mistura de quartzo, esmectita, ilita e caolinita (RIBEIRO, 2010). Argila Cinza contém aproximadamente 60% de silício e de outros minerais, como o sódio, o magnésio e a sílica cristalina que dão a esta argila propriedades únicas. Tem pH mais alcalino (CORDEIRO; SOUSA, 2019).

As argilas cinzas tem pouca contribuição na produção de cerâmica, mas é bastante usada na cosmetologia e também em tratamentos medicinais. Segundo Huard (2007) “a argila é usada para vários tratamentos. É utilizada para controlar a seborreia, em tratamentos capilares, tem efeito descongestionante e ajuda na reconstituição da pele”. Auxilia no combate de radicais livres e em artrite, no funcionamento do pâncreas, tireóide, e em disfunções do sistema reprodutor masculino e feminino (MEDEIROS, 2013; VILA; CAMPANYA, 2000).

A argila cinza é antioxidante natural, retardando o envelhecimento da pele. É reguladora da seborreia capilar, absorve a irradiação solar, é clareadora de manchas e pode ajudar na redução do peso e medidas (SAÚDE; BELEZA, 2021). A mistura de ilita, quartzo, caulinita e esmectita permite seu uso na estética corporal melhorando a flacidez tissular, auxiliando o combate de celulite e também atua como agente regulador da oleosidade da pele (AMORIM, 2012).

Excelente ação esfoliante. É hidratante e estimula a síntese das fibras do colágeno devido ao magnésio. É eficaz em edemas e absorve toxinas. A elevada percentagem de silício contribui para aumentar a firmeza da pele. É indicada para cuidados de rejuvenescimento da pele (CORDEIR; SOUSA, 2019).

3.3 Caracterização das argilas

Neste trabalho realizou-se duas técnicas para caracterizar e analisar as amostras de argilas. Os tópicos 3.3.1 e 3.3.2 apresentam respectivamente as técnicas de Difração de raios X (DRX), Fluorescência de raio X (FRX) usadas nesta pesquisa.

3.3.1 Difração de raio X (DRX)

Os raios X são ondas eletromagnéticas com um comprimento de onda de menor dimensão do que a luz visível, tipicamente da ordem de 1Å a 10Å (DINNEBIER; BILLINGE, 2008). São inúmeras as técnicas laboratoriais que empregam os raios X como fonte de radiação. Essas técnicas exigem diferentes características dos feixes de raios X (RODRIGUES, 2005).

A DRX é uma técnica de caracterização de estruturas cristalinas bastante difundida e largamente utilizada (SOUZA; BITTENCOURT, 2008). Segundo Neumann et al., (2004) a DRX baseia-se na interação de ondas na frequência de raios X (geralmente entre 0,70 e 2,30 Å), com os planos de repetição sistemática do retículo cristalino. A fórmula da lei de Bragg (1) fornece a base teórica do método:

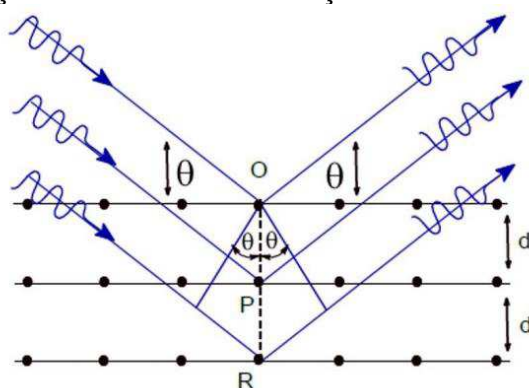
$$n = 2d \lambda \sin \theta \quad (1)$$

O n é um número inteiro correspondente à ordem de difração, λ é o comprimento de onda da fonte de raios X utilizado, d são as distâncias interplanares e θ é o ângulo da reflexão. Um conjunto das diversas distâncias interplanares d é típica para cada mineral (Neumann et al., 2004). A difração de raio X ocorre quando:

Um feixe de raios X incide sobre um conjunto de planos cristalinos, cuja distância interplanar é d . O ângulo de incidência é θ . Os feixes refletidos por dois planos subsequentes apresentarão o fenômeno da difração. Quando a diferença entre seus caminhos óticos for um número inteiro de comprimentos de onda, haverá superposição construtiva (um feixe de raios X difratado será observado); caso contrário, haverá superposição destrutiva e não se observará qualquer sinal de raios X. Quando a diferença de caminho ótico entre dois feixes é igual a um número inteiro de comprimentos de onda, isto significa que as ondas estão em fase, ou dito de outra forma, os máximos e mínimos de uma onda coincidem com os máximos e mínimos da outra. Por outro lado, quando a diferença de caminho ótico não é um número inteiro de comprimentos de onda, diz-se que as ondas estão fora de fase (BARROS, 2005).

A Lei de Bragg institui a relação entre o ângulo de difração e a distância entre os planos que a originaram. Na Figura 1 é ilustrada a equação de Bragg onde a radiação ao incidir num cristal num ângulo (θ), o espalhamento ocorre como um resultado da interação da radiação com átomos localizados em O, P e R (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2009).

Figura 1 - Ilustração do fenômeno de difração de raios X segundo a Lei de Bragg.



Fonte: MASSA (2004).

O difratograma resultante para o material analisado, apresenta posições e intensidades dos efeitos da difração, que dão uma completa elucidação de sua estrutura. A análise dos picos de difração permite uma avaliação qualitativa e quantitativa das fases presentes na amostra (KLUG; ALEXANDER, 1974).

A DRX é uma técnica analítica não destrutiva amplamente empregada em diversas áreas do conhecimento e uma das mais importantes ferramentas de análise de estruturas e caracterização de materiais utilizada pela indústria e por grupos de pesquisa em todo o mundo (CIVAN, 2000).

Essa técnica de caracterização de estruturas cristalinas é largamente utilizada. Segundo o autor Goldsmith et al., (2000) as análises mais utilizadas no setor são as de fases amorfas e cristalinas, tensão residual, filmes finos, reflexão e textura, além de estudos de transformação de fase, reação cinética e comportamento da tensão com a temperatura, com o auxílio de acessórios de alta temperatura.

Em exploração e produção de petróleo, a DRX serve para caracterização mineralógica completa da rocha, identificação do tipo de argilomineral e caracterização de incrustações em dutos e impurezas em filtros (IYENGAR, 2000). A DRX é utilizada ainda na mineração industrial e exploração de novos depósitos, na análise quantitativa de fases clinker de cimentos Portland e por organizações de saúde no controle de materiais nocivos, como silicatos e asbestos (SILVA, 2007).

Para saber a composição mineralógica das argilas é utilizada a técnica de DRX que tange o estabelecimento da mineralogia das argilas empregadas (SANTOS et al., 2009). Para Albers et al., (2002), a técnica de difração de raios X tem sido amplamente utilizada, sendo a mais indicada ao se caracterizar os argilominerais, devido à simplicidade e rapidez do método, além da confiabilidade dos resultados obtidos.

3.3.2 Fluorescência de Raio X (FRX)

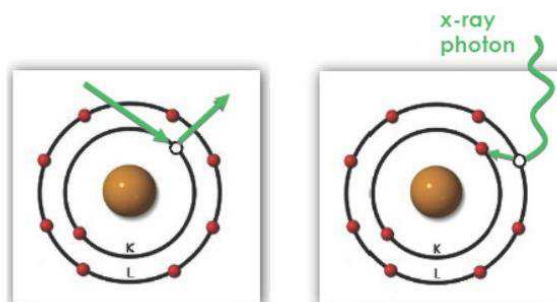
A análise por FRX pode ter fins qualitativos ou quantitativos e se baseia na medição das intensidades dos raios X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra, quando excitada por algumas partículas e pode ser utilizada através de tubos de raios-X (MELO JÚNIOR, 2007). A primeira evidência da aplicação de raios-X para análise elementar foi descrita por BARCKLA no começo do século passado, a partir da observação dos espectros característicos de raios-X (RIBEIRO, 2006).

É utilizada radiação primária para provocar emissão fluorescente na amostra. Os raios X primários são produzidos no tubo por diferença de potencial entre um cátodo, geralmente filamento de tungstênio, e um ânodo. Pode-se usar também, fonte de material radioativo (CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000). A análise de fluorescência de raio X:

É baseada no fato de que os elementos químicos emitem radiações características quando submetidos a uma excitação adequada. A emissão de espectros de linha característica pode ser induzida pelo impacto de partículas aceleradas, tais como elétrons, prótons, partículas alfa e íons. E, também, pelo impacto de radiações de alta energia a partir de um tubo de raios-X ou de uma fonte radioativa. Geralmente a excitação direta do elétron é utilizada em técnicas de microsonda eletrônica, enquanto as fontes de radioisótopos e geradores de prótons são comumente associadas à dispersão de energia do elétron (OLIVEIRA, 2011, p. 44).

Ainda segundo o autor Oliveira (2011) um átomo ao receber uma descarga de raios-X possibilita a entrada de fótons de raios-X que atingem um elétron que é retirado da camada atômica de menor energia, deixando um vazio (Figura 2), que é preenchido por um elétron de maior energia. No processo há liberação de energia (fluorescência).

Figura 2 - Representação do raio X nas camadas K e L.



Fonte: manual ARL 9900 Intellipower Séries, Nº AA83654-02, Thermo Fisher Scientific, 2007.

Quando os elétrons da camada K e L interagem com fótons com energia na região dos raios-X, pode ocorrer a foto ejeção desses elétrons. Para ocorrer a estabilidade, ocorre o preenchimento das vagas eletrônicas e ocorre a liberação de energia (JENKINS, 1999). Esta energia libertada vai ser característica da própria transição com singularidades para cada elemento químico envolvido, indicando a presença desse mesmo elemento na amostra em

investigação visto que existem comprimentos de onda e energias específicas particulares para cada elemento (SASAKI; BLEICHER, 2000).

A FRX é capaz de detectar e quantificar as concentrações químicas dos elementos presentes na amostra analisada e pode ser usada para quantificar a concentração dos elementos presentes na amostra analisada de forma eficaz, sem contaminar ou descaracterizá-la (DIAS e OLIVEIRA, 2017).

A FRX mostra-se como uma técnica muito versátil, podendo ser aplicada em diversas amostras, incluindo as de estado sólido e líquidas, sem necessitar de tratamento exaustivo para a preparação destas matrizes, e também oferecendo a grande vantagem de ser uma técnica analítica não destrutiva (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2009). Sobre a utilização da FRX:

É bastante utilizada em aplicações industriais, que frequentemente requerem rotinas analíticas rápidas para controle de qualidade de seus produtos, assim como as análises exploratórias utilizadas em geologia. Permite a análise de ligas, pigmentos, rochas, cerâmicas e inúmeros outros materiais que compõem obras artísticas, tornando-se assim uma ferramenta importante, em especial se realizada in situ, para identificação de materiais e de seus eventuais produtos de corrosão, para determinação de origem, processamento e uso, compreensão de seus processos de deterioração, definição de métodos de preservação e restauração, bem como autenticação (NEIVA et al., 2006).

Estima-se hoje que a FRX é uma das técnicas mais disseminadas e usadas em todo o mundo, ocupando um lugar de destaque, principalmente para aquelas áreas em que a obtenção de rápido perfil de constituintes metálicos e não-metálicos é indispensável (NAGATA et al., 2001).

O material cerâmico é um dos mais estudados quando se trata da técnica de fluorescência de raios X. Com esse tipo de material já foram elaborados estudos visando conhecer a fonte da matéria-prima (argila), estudo dos pigmentos decorativos presentes (CALZA, 2010), além da correlação entre vários fragmentos cerâmicos proveniente de uma mesma região (BONA et al., 2007).

4 METODOLOGIA

4.1 Equipamentos; materiais; reagentes e vidrarias

Os equipamentos, materiais, reagentes e vidrarias utilizados na realização da coleta, remoção da matéria orgânica e para a caracterização das argilas, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Equipamentos, materiais, reagentes e vidrarias utilizados neste trabalho.

Materiais	Equipamentos	Vidrarias	Reagentes e soluções
Argila branca; cinza e vermelha	Balança analítica	Pistilo	Água deionizada (H ₂ O)
Tubos Falcon de 14 mL	Agitador magnético	Béqueres de 50 mL e 1000 mL	Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂ , vol. 30%)
Papel alumínio	Estufa	Almofariz	
Pá	Centrífuga	Pipeta de 30 mL	
Recipientes de plástico	Difratômetro de raio X, Shimadzu, modelo Labx–XRD 600		
Peneira de 0,075 mesh	Espectrofotômetro de fluorescência raio X, modelo Epsilon3-XL-Panalytical		
Espátula			
Barra magnética de 1,0 cm			

Fonte: O próprio autor (2021).

4.2 Coleta e armazenamento das amostras

As amostras de argilas foram coletadas na antiga Fábrica de Cerâmica Terra Boa, situada na cidade de Caxias Maranhão, localizada na rua do Parnaso, bairro Salobro. Foi coletado com ajuda de uma pá, amostras de argilas do tipo branca; cinza e vermelha. Foi necessário cavar um pouco o solo para retirar as argilas, depois de coletadas, os três tipos de amostras foram armazenadas em recipientes de plásticos, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Química, do Centro de Estudos Superiores de Caxias (CESC) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

4.3 Remoção da matéria orgânica

A realização da remoção da matéria orgânica das argilas coletadas ocorreu em duas etapas, a primeira etapa foi feita água deionizada (H_2O) e a segunda com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30% v/v e os procedimentos realizados são descritos a seguir.

4.3.1 Etapa 1: lavagem das argilas com água deionizada

O processo de lavagem com a água deionizada (H_2O) foi o mesmo para as argilas vermelha; branca e cinza, ocorreu da seguinte forma:

Realizou-se a maceração e peneiração dos três tipos de argilas (Figura 3). O material utilizado foi o pistilo, almofariz, peneira de 0,075 mesh e recipientes de plástico para armazenar as argilas durante o processo. Primeiramente as argilas foram quebradas em pequenos pedaços e depois com uso de um pistilo e almofariz foi feita a maceração seguida da peneiração.

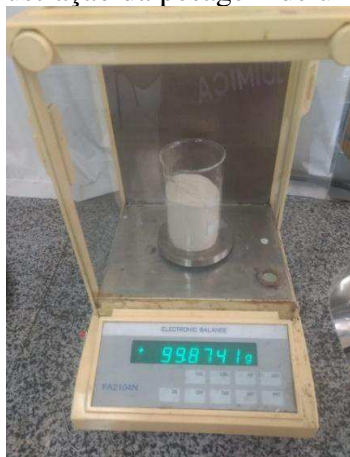
Figura 3 – Fotos do processo de maceração e peneiração para a argila vermelha.



Fonte: O próprio autor (2021).

Em seguida, foi adicionado aos poucos cada argila em um béquer de 50 mL, esse béquer já estava dentro da balança analítica, com o objetivo de pesar 100 g de cada argila, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Ilustração da pesagem de uma das argilas.



Fonte: O próprio autor (2021).

Após a pesagem das amostras, foi acrescentado água deionizada em um béquer de 1000 mL contendo a argila. O objetivo foi adicionar 500 mL de água deionizada para cada 100 g de argila e o sistema foi submetido a agitação por 30 minutos, no agitador magnético com a auxílio de uma barra magnética de 1,0 cm, como mostra a Figura 5. Esse processo foi feito separadamente para os três tipos de argilas.

Figura 5 – Ilustração de uma das argilas no agitador magnético.



Fonte: O próprio autor (2021).

Posterior ao processo de agitação e após as argilas se depositarem totalmente no fundo dos béqueres, o sobrenadante das três amostras foi descartado e o precipitado foi transferido com a ajuda de uma espátula para 8 tubos Falcon, como eram 3 amostras, foram utilizados um total de 24 tubos. Foi adicionado a água deionizada em cada tubo Falcon, e em seguida, realizou-se a centrifuga das amostras (Figura 6).

Figura 6 – Foto das argilas prontas para serem centrifugadas.



Fonte: O próprio autor (2021).

Após a centrifugação das amostras, foi descartado todo o sobrenadante contido nos tubos e adicionado mais água deionizada, repetindo o processo de centrifugação. (Esse procedimento foi realizado três vezes para cada argila). Depois de centrifugado 3 vezes cada argila, as amostras foram passadas para o almofariz e colocadas em um papel alumínio para não correr o risco de sujar as amostras. Feito isso, as amostras foram secas em estufa a temperatura de 115° C (Figura 7). Após a secagem as amostras foram maceradas e peneiradas e em seguida submetidas ao processo de remoção da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio.

Figura 7 – Imagem das argilas secando na estufa.



Fonte: O próprio autor (2021).

4.3.2 Etapa 2: lavagem das argilas com peróxido de hidrogênio

O processo de lavagem das argilas com o peróxido de hidrogênio 30% v/v foi o mesmo para todas as argilas (vermelha, branca e cinza) e será descrito a seguir.

As argilas foram submetidas a um procedimento de remoção da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30% v/v. Primeiramente, foi adicionado com a ajuda de uma pipeta 30 mL de H₂O₂ para cada argila que estavam dentro de béqueres de 1000 mL. Em seguida, o sistema foi submetido a agitação. Os sistemas argila/peróxido de hidrogênio foram mantidos sob agitação magnética com ajuda da barra magnética de 1,0 cm por 12 h em temperatura ambiente.

Após a suspensão da agitação, as amostras foram passadas para os tubos Falcon e adicionou-se água deionizada em cada tubo Falcon, e em seguida, as amostras foram centrifugadas e secas em uma estufa a uma temperatura de 115° C.

Por último, as argilas foram maceradas, peneiradas, armazenadas em novos tubos Falcon e etiquetadas. Nesse momento as amostras já estavam prontas para serem enviadas para a análise (Figura 8).

Figura 8- Foto das argilas vermelha, cinza e branca lavadas e etiquetadas.



Fonte: O próprio autor (2021).

4.4 Caracterização das argilas

Para caracterizar as argilas do tipo vermelha, branca e cinza foram usadas as técnicas de Difração de raio X (DRX) e a Fluorescência de raio X (FRX).

4.4.1 Difração de raio X (DRX)

A realização das medidas de DRX das amostras ocorreram em parceria com Universidade Federal do Piauí (UFPI), no Laboratório de Materiais Avançados. A DRX das amostras foi feita pelo método de pó em um equipamento da Shimadzu, modelo Labx–XRD 600, com fonte de radiação com o elemento cobre (Cu), com tensão = 40 kV, corrente = 30 mA, intervalo de varredura $2\theta = 5^\circ$ a 75° . Com fenda de divergência = 1° ; fenda de dispersão = 1° e fenda de recepção = 0,3 mm. Modo de varredura = varredura contínua; velocidade de varredura = 2 graus/ min; passo de amostragem = 0,02 graus e tempo predefinido = 0,60 seg. Foi utilizado o software Origin 6.0 para plotar os gráficos de Intensidade de reflexão dos raios – X em função de 2θ (grau), como o objetivo de explanar os resultados encontrados nas análises realizadas.

4.4.2 Fluorescência de raio X (FRX)

As análises de FRX nas amostras foi feita no Laboratório de Análises do Instituto Federal do Piauí (IFPI). Para identificação dos componentes químicos das amostras, foi realizada análise química quantitativa por FRX por meio do equipamento da marca Epsilon3-

XL – Panalytical, nesta análise é necessário a utilização da amostra em formato de pó. Nessa etapa só foram feitas as análises de FRX da argila branca e vermelha, devido a alguns atrasos.

4.5 Análise e Interpretação dos dados

Primeiramente, foi analisado os processos de lavagem das amostras, como cada argila se portou nas fases de maceração; peneiração e purificação. Esta parte foi analisada a partir das observações feitas em cada etapa. Em relação aos dados de FRX, foram interpretados através de duas tabelas, uma contendo os resultados da análise de FRX da argila branca, contendo 32 amostras de elementos e compostos químicos e a outra com os resultados da análise de FRX da argila vermelha, contendo 34 amostras de elementos e compostos químicos. A partir dessas tabelas foram interpretados os elementos de maiores composições presentes nas tabelas e dissertado sobre suas funções; características e aplicações.

As interpretações dos dados de DRX ocorreram da seguinte forma, primeiro foi realizado as análises dos dados através do software Origin 6.0. Com os dados de DRX estabelecidos pelo Laboratório de Materiais Avançados e com o programa Origin 6.0 foi possível criar 3 difratogramas (gráficos) para as argilas vermelha, cinza e branca. Esses difratogramas apresentaram picos característicos que foram comparados a partir da identificação das fases presentes, no caso o DRX das argilas vermelha; branca e cinza analisadas com o conjunto de difração padrão coletado e mantido pelo site Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS). Nesta etapa teve como objetivo identificar os picos característicos, onde esses picos apresentaram fases mineralógicas presentes nas 3 amostras e foi identificado a importância dessas fases e suas aplicações.

4.6 Possibilidades de aplicações das amostras

A investigação das possibilidades de aplicação das argilas caracterizadas neste trabalho foi realizada por meio de uma pesquisa bibliográfica a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios impressos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas de web sites. E teve como objetivo reunir e analisar textos publicados sobre aplicações das argilas branca, cinza e vermelha.

Para isso foi feito resgate de artigos no Google Acadêmico e no *Scielo*. No Google Acadêmico foi feita uma vasta pesquisa com o objetivo de fazer uma pesquisa bibliográfica de trabalhos acadêmicos buscando analisar não apenas quantitativamente, mas também qualitativamente essas publicações. A pesquisa foi realizada usando os termos: argila branca; argila cinza; argila vermelha; aplicação da argila branca; aplicação da argila cinza e aplicação

da argila vermelha. Neste primeiro momento buscou-se conhecer a quantidade de trabalhos publicados entre os anos 2011 e 2021 e as diversidades de aplicações que cada argila pode ter, os resultados foram expostos em um Quadro.

No site Scielo foi feita uma pesquisa mais minuciosa, com o objetivo de mostrar quais foram as possibilidades de aplicações encontradas nos artigos sobre as referidas argilas. Foram pesquisados usando as palavras-chave: argila branca; argila cinza; argila vermelha; aplicação da argila branca; aplicação da argila cinza; aplicação da argila vermelha; temas e tipos de aplicações para as 3 argilas estudadas. Nesta etapa foi feito um Quadro para expor todos os resultados encontrados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Observações feitas durante o processo de lavagem das argilas

Para a realização deste trabalho foi necessário fazer a lavagem e a remoção da matéria orgânica das amostras, uma vez que, a matéria orgânica pode interferir nos resultados. De acordo com Nascimento (2018) a presença da matéria orgânica nos argilominerais pode alargar os picos de difração, aumentar a radiação de fundo e inibir a dispersão de outros minerais e sua remoção torna-se necessária.

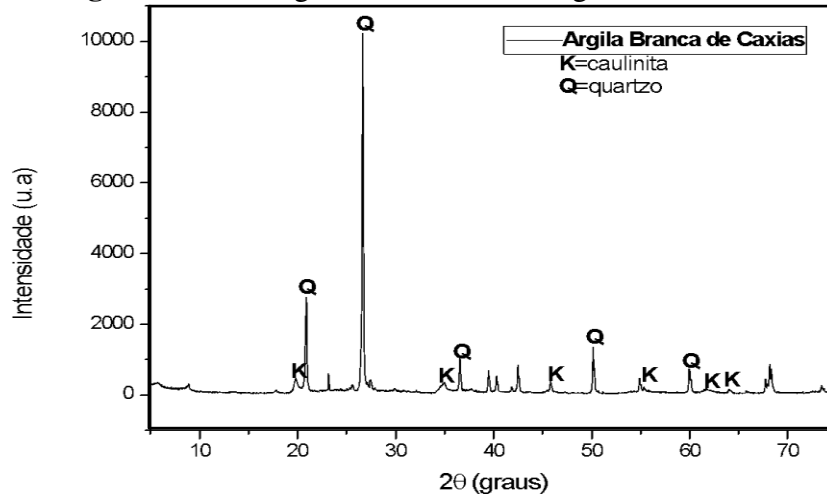
Sobre o processo de maceração ocorreu mais rapidamente com a argila branca, sendo está a amostra que apresentou menor resistência à quebra, diferentemente da vermelha, onde foi necessário exercer mais força durante a etapa. A argila cinza foi a que apresentou maior dificuldade no processo de maceração, pois a mesma veio misturada com vários pedregulhos, requerendo uma separação anterior à maceração.

De modo contrário, a peneiração foi mais rápida para a argila vermelha, uma vez que a argila branca obstruiu a malha diversas vezes. Na argila cinza, o processo de peneiração foi rápido, só houveram muitos momentos em que se teve que retirar alguns pedregulhos contidos na mesma.

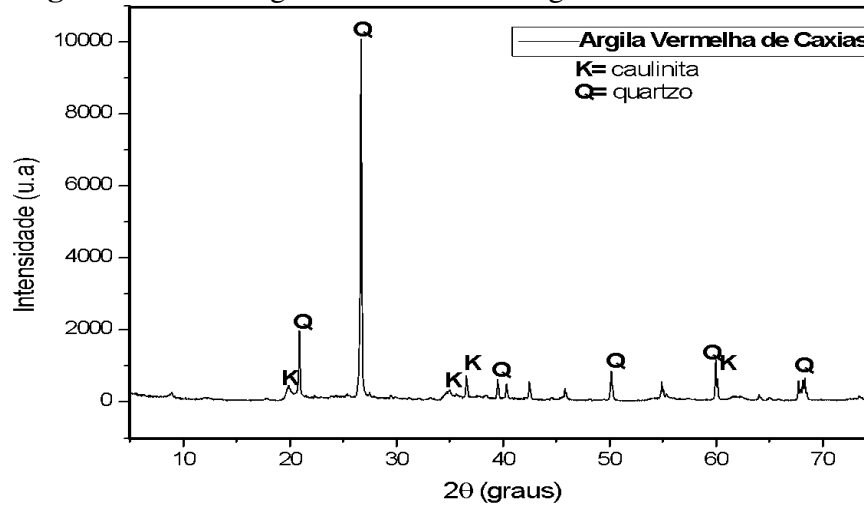
Sobre o processo de lavagem das argilas, todas foram lavadas 3 vezes com água destilada e depois com H_2O_2 a 30% v/v. Observou-se que a argila branca e a vermelha, foram as que se apresentaram em maior quantidade, quando se adicionou 500 mL de água destilada. Já a argila cinza, ao se adicionar 500 mL de água destilada, apresentou-se em menor proporção. Foi preciso pesar mais argila para poder obter-se no final uma quantidade de argila similar a argila cinza e a vermelha. O processo para secar as argilas foi igual para todas, ambas secaram ao mesmo tempo.

5.2 Análises da difração de raio X (DRX)

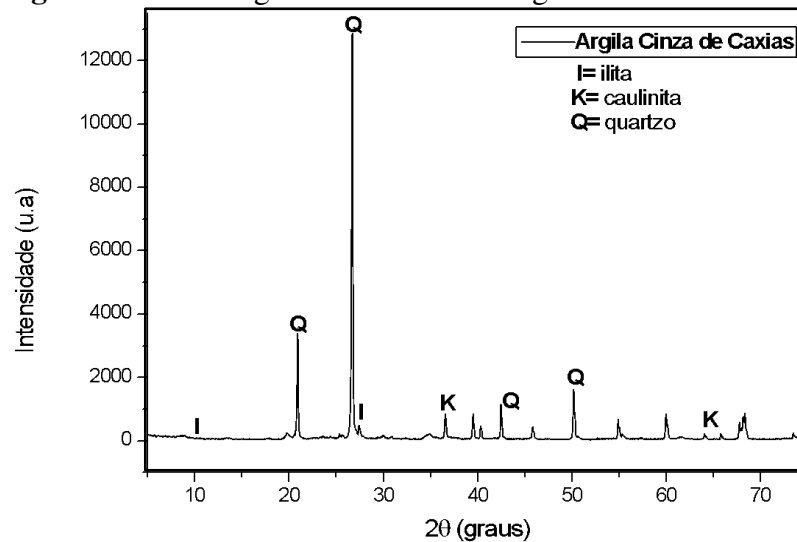
Todas as amostras analisadas por DRX apresentaram mais de uma fase mineral nas diversas frações das amostras analisadas, o que era esperado por se tratar de argilas, pois em sua definição geral é constituída de diversos argilominerais, materiais não argilosos e matéria orgânica. As Figuras 9, 10 e 11 apresentam os difratogramas das argilas branca, vermelha e cinza, é possível através da DRX identificar os minerais presentes no material analisado, bem como o estudo das características cristalográficas destes minerais.

Figura 9 - Difratoograma de raio X da argila branca de Caxias-Ma.

Fonte: O próprio autor (2021).

Figura 10 - Difratoograma de raio X da argila vermelha de Caxias-Ma.

Fonte: O próprio autor (2021).

Figura 11 - Difratoograma de raio X da argila cinza de Caxias-Ma.

Fonte: O próprio autor (2021).

O difratograma da argila branca é mostrado na Figura 9 onde é possível perceber o quartzo (SiO_2) e a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) como picos característicos presentes na amostra. Os picos característicos do SiO_2 das posições a 2θ (graus) são: $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $36,6^\circ$; $50,1^\circ$ e 60° . Os picos característicos de DRX da $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ das posições a 2θ (graus) são: $19,7^\circ$; $34,8^\circ$; $55,1^\circ$; $61,9^\circ$ e $64,1^\circ$.

Na Figura 10 consta o difratograma da argila vermelha coletada no município de Caxias-MA, é possível observar que o quartzo (SiO_2) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) são os principais argilominerais presentes na composição da amostra. Os picos característicos do (SiO_2) das posições a 2θ (grau) são: $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $39,6^\circ$; $50,1^\circ$; $59,9^\circ$ e $68,2^\circ$. Os picos característicos de DRX da ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) das posições a 2θ (graus) são: $19,7^\circ$; $34,8^\circ$; $36,7^\circ$ e $60,2^\circ$.

A Figura 11 mostra o difratograma da argila cinza coletada em Caxias-MA onde é possível verificar que o quartzo (SiO_2); caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$); ilita como os principais minerais em sua composição. Os picos característicos do (SiO_2) das posições 2θ são: $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $42,7^\circ$ e $50,1^\circ$. Os picos característicos de DRX da ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) das posições 2θ são: $36,7^\circ$ e $64,1^\circ$.

Diante dessas observações é possível verificar que nas três amostras analisadas na DRX, há predominância do quartzo (SiO_2) como o principal mineral nas três argilas. De acordo com Queiroz (2009) o quartzo apresenta em sua composição química o dióxido de silício (SiO_2) resistente ao intemperismo e ao desgaste físico se forma a temperaturas menores que 600°C . O quartzo se constitui na principal impureza presente nas argilas, atuando como matéria-prima não plástica e inerte durante a queima.

O segundo mineral mais presente nas 3 argilas é caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Para Queiroz (2009) a caulinita é um argilomineral de silicato de alumínio hidratado, sua cor geralmente é branca, é um argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para fabricação de produtos cerâmicos destinados à construção civil. Este mineral é responsável pelo desenvolvimento de plasticidade e apresenta comportamento de queima refratária.

O difratograma da argila cinza apresenta ainda um argilomineral que não está presente nos difratogramas da argila branca e vermelha, que é o argilomineral de ilita e que apresenta picos característicos nas posições 2θ igual a $10,6^\circ$ e $27,5^\circ$. A fórmula química da ilita é $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$, mas apresenta sempre uma considerável substituição iônica. Apresentam um alto teor de silício, magnésio, ferro, e água e menor teor de alumínio e potássio no espaço de intercamadas. Sua variabilidade de empilhamento está associada com as forças intercamadas, que é baixa, em razão da presença de alguns cátions (BRIGATTI; GALAN; THENG, 2006; SANTOS, 1989). A ilita é monotérmica apresenta

apenas um efeito endotérmico. Apresenta menor capacidade de troca catiônica e menor plasticidade do que das esmectitas. É usada como matéria prima para fabricação de peças e revestimentos cerâmicos (KLEIN e DUTROW, 2012).

5.3 Análises da fluorescência de raio X (FRX)

As análises de FRX foram feitas com o objetivo de quantificar os elementos e dos compostos químicos presentes nas amostras.

A Tabela 1 apresenta o resultado da análise da argila branca, contendo 32 amostras de elementos e compostos químicos, a Tabela 2 mostra os resultados da argila vermelha, onde possui 34 amostras de elementos e compostos químicos, todas as concentrações estão em porcentagem (%) ou partes por milhão (ppm).

Tabela 1- Resultados da análise de FRX da argila branca de Caxias-MA, contendo 32 amostras de elementos e compostos químicos.

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE	COMPOSTOS	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Mg	1,663	%	MgO	1,851	%
Al	15,031	%	Al₂O₃	17,449	%
Si	64,842	%	SiO₂	71,178	%
P	0,271	%	P₂O₅	0,262	%
K	9,057	%	K₂O	4,408	%
Ti	1,708	%	TiO₂	1,073	%
Fe	6,941	%	Fe₂O₃	3,567	%
Zr	0,183	%	ZrO₂	822,1	Ppm
Cr	255,9	ppm	Cr₂O₃	139,3	Ppm
Mn	798,8	ppm	MnO	374,5	Ppm
Ni	92,7	ppm	NiO	39,8	Ppm
Cu	31,2	ppm	CuO	13,2	Ppm
Zn	247,2	ppm	ZnO	103,5	Ppm
Rb	493,7	ppm	Rb₂O	179,9	Ppm
Sr	155,5	ppm	SrO	61,1	Ppm
Ba	957,9	ppm	BaO	390,9	Ppm

Fonte: O próprio autor (2021).

Tabela 2- Resultados da análise de FRX da argila vermelha de Caxias-MA, contendo 34 amostras de elementos e compostos químicos.

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE	COMPOSTOS	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Mg	1,368	%	MgO	1,525	%
Al	16,518	%	Al₂O₃	19,123	%
Si	60,158	%	SiO₂	67,379	%
P	0,398	%	P₂O₅	0,401	%
K	6,925	%	K₂O	3,548	%
Ti	1,421	%	TiO₂	0,951	%
Cr	227,8	ppm	Cr₂O₃	132,7	Ppm
Mn	910,9	ppm	MnO	450,5	Ppm
Fe	12,654	%	Fe₂O₃	6,826	%
Ni	83,3	ppm	NiO	36,4	Ppm
Zn	270,2	ppm	ZnO	115	Ppm
As	163,8	ppm	As₂O₃	73,6	Ppm
Rb	452,9	ppm	Rb₂O	167,7	Ppm
Sr	335,6	ppm	SrO	134,1	Ppm
Y	203,3	ppm	Y₂O₃	87,1	Ppm
Zr	0,145	%	ZrO₂	661,7	Ppm
Ba	0,148	%	BaO	608,7	Ppm

Fonte: O próprio autor (2021).

Verifica-se nas Tabelas 1 e 2 que as caracterizações químicas das argilas são essencialmente constituídas de óxidos de SiO₂; Al₂O₃; K₂O e Fe₂O₃. Onde o dióxido de silício ou sílica (SiO₂) apresenta-se em maior quantidade que os demais, o que já foi comprovado com a DRX. A FRX mostra os dados quantitativos, onde na argila branca a composição de SiO₂ é 71,178% e na argila vermelha é 67,379% de SiO₂. Segundo Beltrán (1996) numa massa cerâmica a sílica diminui a retração de secagem e queima, diminui o tempo de secagem, aumenta o coeficiente de dilatação do corpo cerâmico, diminui a resistência do corpo cerâmico a seco e às vezes pode aumentar a refratariedade.

O óxido de alumínio ou alumina (Al₂O₃) apresenta-se como o segundo maior em termos de quantidades relacionada aos óxidos, onde a argila branca apresenta 17,449% de Al₂O₃ e a argila vermelha 19,123%. De acordo com Palma (2010, p. 13) “a alumina apresenta várias propriedades tais como: alta dureza, resistência química a solventes orgânicos e inorgânicos, alta resistividade elétrica e térmica”.

Murray (2006), afirma que o principal motivo da cor avermelhada da argila é a oxidação do ferro. As argilas que apresentam Fe₂O₃ maior que 5% são apropriadas para dar coloração ao

produto queimado”. Observando as Tabelas 1 e 2, percebemos que a argila branca contém uma composição de Fe_2O_3 de 3,567% e a argila vermelha contém 6,826% de Fe_2O_3 , logo a argila vermelha apresenta uma coloração mais escura, devido à maior composição de Fe_2O_3 . O autor Bitencourt (2004) aponta que o óxido de ferro também reduz a plasticidade, mas também diminui a retração e facilita a secagem, também diminui a resistência mecânica.

As concentrações de óxido de potássio (K_2O) mostram-se semelhantes para as duas argilas analisadas. A argila branca apresenta 4,408% de K_2O e a argila vermelha apresenta 3,548% de K_2O . O óxido de potássio (K_2O) está presente geralmente na forma de feldspatos, são fundentes (abaixa o ponto de fusão de outra substância a que é adicionada) e conferem resistência mecânica quando sinterizados entre 950 e 1000° C. (MÁS, 2002).

Alguns estudos contemplam a composição da argila e os tipos existentes. Segundo Machado et al., (2018) “as argilas contêm Silício (Si), Alumínio (Al), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Potássio (K) e Titânio (Ti)”. As Tabelas 1 e 2 apresentam todos esses elementos, menos o Cálcio (Ca). A argila branca apresenta o Si em maior quantidade com concentração de 64,842%; o Al tem concentração de 15,031%; o K com concentração de 9,057%; o Fe 6,941%; o Ti com 1,708%; o Mg com 1,663% e o Zn 247,2 ppm, sendo o único com a unidade em partes por milhões.

A argila vermelha indica também o Si em maior quantidade, com concentração de 60,158%; o Al tem concentração de 16,518%; o Fe 12,654%; o K com concentração de 6,925%; o Ti com 1,421%; o Mg com 1,368% e o Zn 270,2 ppm, sendo o único com a unidade em partes por milhões. Segundo o autor Meira (2001) “cada espécie de argila mineral possui cristais com dimensões, formas próprias e características que são dependentes dos processos de formação”. Cada argila carrega em si propriedades distintas tais como: elevada área superficial, excelente capacidade de troca catiônica, plasticidade dentre outras, isso se dá devido às variadas condições geológicas de formação, o que contribui para o grande número de espécies de argilas (BERGAYA; THENG; LAGALY, 2006). Logo, são diferentes os tipos de metais que compõem as argilas e que contribuem para funções específicas ao uso que se destina.

5.4 Possibilidades de aplicações das argilas branca, vermelhas e cinzas

No Quadro 2 é apresentado os resultados quantitativos encontrados no Google Acadêmico, nele consta a base de dados pesquisada, as palavras-chave e o valor aproximado dos resultados a partir das palavras-chave e o valor aproximado do número de trabalhos publicados que têm algum tipo de aplicação para as três argilas exploradas neste trabalho. A busca foi realizada para publicações referentes ao período de 2011 a 2021.

Quadro 2 - Resultados quantitativos encontrados no Google Acadêmico para argilas, cinzas, vermelhas e brancas.

Base	Palavras-chaves	Número total de trabalhos publicados	Nº de trabalhos publicados que tratam sobre aplicação das argilas
Google Acadêmico	Argila branca	Aproximadamente 15.700 resultados	Aproximadamente 15.200 resultados
	Argila cinza	Aproximadamente 15.600 resultados	Aproximadamente 14.000 resultados
	Argila vermelha	Aproximadamente 15.800 resultados	Aproximadamente 14.300 resultados

Fonte: Google Acadêmico (2011-2021).

A partir dos resultados apresentados no Quadro 2, concluímos que existe uma grande quantidade de trabalhos publicados que versam sobre argilas brancas, cinzas e vermelhas. Em relação à argila branca, percebe-se que há pouca diferença entre o número total de trabalhos publicado e os que tratam especificamente da aplicação da supracitada argila, onde a diferença é de 500 trabalhos. Já os resultados da argila cinza e vermelha há uma diferença bem mais expressiva, onde o da argila cinza apresenta uma diferença de 1.600 trabalhos publicados e a argila vermelha apresenta uma diferença de 1.500 trabalhos publicados.

Se considerarmos o número de publicações no período analisado (2011 a 2021) é notório o interesse dos pesquisadores em desenvolver pesquisas com argilas nos últimos dez anos, bem com a variedade de possibilidades de aplicação para destes materiais em diversos setores: indústrias; cerâmicas; engenharia civil; farmacologia; estética; agrícola etc.

O Quadro 3 apresenta os resultados quantitativos mais detalhados encontrados no site do Scielo, onde expõe: a base de dados, as palavras-chaves utilizadas na busca, o valor total de artigos encontrados e a quantidade de artigos publicados que tratam sobre algum tipo de aplicação para as três argilas estudadas, os temas desses artigos e quais os tipos de aplicações encontrados nesses artigos. Todos os resultados apresentados são atualizados até o ano de 2021.

Quadro 3- Resultados da pesquisa bibliográfica feita no site Scielo para as três amostras de argilas bem como suas possibilidades de aplicações.

Base	Palavras-chaves	Nº total de artigos	Nº Artigos que tratam sobre aplicação das argilas	Temas	Tipos de aplicações

SciELO	Argila branca	11	3	“Caracterização tecnológica de novos depósitos de argilas da região sul do Amapá visando aplicações na indústria Cerâmica”	Procura estabelecer o uso da argila como matéria prima e promover o potencial da indústria cerâmica da região, a partir de análises de retração linear de queima, absorção de água, porosidade aparente e módulo de ruptura à flexão, bem como a evolução mineralógica após queima.
				“Avaliação de novos depósitos de argilas do Estado da Paraíba visando sua aplicação como matérias-primas cerâmicas”	Este trabalho visou estabelecer usos adequados para as cerâmicas a partir das caracterizações física, química, mineralógica e térmica, buscando uma melhor aplicação das argilas estudadas para a indústria cerâmica.
				“Intervenção mecânica e gesso agrícola para mitigar o gradiente vertical de cátions sob sistema de plantio direto”	Estuda a efetividade de uma melhor distribuição de alguns nutrientes no perfil de solos de textura argilosa e em áreas de plantio a partir da aplicação de doses de gesso agrícola.
SciELO	Argila cinza	20	1	“Purificação e Organofilização em Escala Piloto de Argilas Bentoníticas com Tensoativo Não Iônico e Aplicação em Nanocompósitos Poliméricos”	Estudo da purificação e organofilização em escala piloto de dois tipos de argila bentonita (cinza e verde) com tensoativo não iônico e a aplicação destas argilas em nanocompósitos com matriz de Polipropileno (PP).
SciELO	Argila vermelha	68	8	“Caracterização e aproveitamento dos resíduos de argila e argilito provenientes da extração de gipsita no município de Araripina-Brasil como matérias-primas para cerâmica vermelha”	Caracterizou e aproveitou os resíduos de duas argilas para a aplicação em cerâmica vermelha. As amostras foram avaliadas através da absorção de água, retração linear, perda ao fogo, porosidade aparente, massa específica aparente, resistência à flexão em três pontos e microestrutura da superfície de fratura.
				“Caracterização tecnológica de novos depósitos de argilas da região sul do Amapá visando aplicações na indústria Cerâmica”	Procura estabelecer o uso da argila como matéria prima e promover o potencial da indústria cerâmica da região, a partir de análises de retração linear de queima, absorção de água, porosidade aparente e módulo de ruptura à flexão, bem como a evolução mineralógica após queima.
				“Avaliação de novos depósitos de argilas do Estado da Paraíba visando sua aplicação como matérias-primas cerâmicas”	Este trabalho visou estabelecer usos adequados para as cerâmicas a partir das caracterizações física, química, mineralógica e térmica, buscando uma melhor aplicação das argilas estudadas para a indústria cerâmica.

				“Tenacidade à fratura de cerâmicas de carbeto de silício, alumina e argila vermelha pelos métodos IF e SEVNB”	Neste trabalho são mostrados resultados de K_{IC} para três materiais: carbeto de silício, alumina e uma base de argila, uma telha cerâmica. Os resultados mostraram que os valores de K_{IC} são maiores quando é utilizado o método IF, sendo que quanto mais porosa é a cerâmica mais difícil é a aplicação desse método e que o método SEVNB, pode ser aplicado com êxito”.
				“Estudo da viabilidade econômica para produção de agregado sinterizado de argila calcinada”	Buscou possibilidades econômicas para constatar a viabilidade técnica do Agregado Sinterizado de Argila Calcinada (ASAC), na composição de misturas asfálticas destinadas aos pavimentos rodoviários amazônicos, buscando no contexto da produção para a aplicação direta na obra civil.
				“Estudo da potencialidade da aplicação de uma argila contaminada com calcário na produção de placas cerâmicas”	Buscou avaliar a potencialidade de aplicação de uma argila com calcário em um polo em Teresina- Pi na produção de placas de revestimento cerâmico de queima vermelha. Para isso foram caracterizadas uma massa cerâmica usada na produção de revestimento semiporoso e uma argila contaminada com calcário.
				“A geopolimerização como técnica para a aplicação do resíduo de bauxita”	Neste trabalho, buscou o processamento, as propriedades e as possíveis aplicações dos geopolímeros (técnica que caracteriza a elevada alcalinidade e o seu significativo teor de compostos de silício e alumínio produzindo materiais sólidos semelhantes em propriedades às cerâmicas tradicionais) compostos por resíduo de bauxita analisados.
				“Avaliação das fases cristalinas de dióxido de titânio suportado em cerâmica vermelha”	Neste trabalho foi estudado, o dióxido de titânio suportado em cerâmica vermelha produzida com argilas caulinitas da região de Campos dos Goytacazes, RJ. Onde o dióxido de titânio apresenta boas propriedades como um material fotocatalisador para aplicação em processos de degradação fotocatalítica. O uso de cerâmica vermelha como suporte de fotocatalisadores pode ser uma boa alternativa devido ao seu baixo custo e facilidade de fabricação.

Fonte: Scielo (2021).

Foi resgatado no site do Scielo 12 artigos publicados sobre as três argilas (cinza, vermelha e branca), publicados no período de 2011 a 2021, sendo 3 destes artigos referente a argila branca, 1 artigo sobre a argila cinza e 8 artigos versando sobre a argila cinza.

Dentre as aplicações têm-se: os estudos de aplicações na indústria da cerâmica; aplicações em nanocompósitos; aplicações a partir da tenacidade das argilas; estudos econômicos para a aplicação da argila na construção civil; estudo do revestimento cerâmico; possibilidades de aplicação dos geopolímeros e o uso de cerâmicas como fotocatalisadores.

Diante do exposto percebe-se que há um grande número de estudos acerca das propriedades das argilas e suas possíveis aplicações. As argilas contêm diferentes propriedades que fazem delas material geológico com aplicações diversas e importantes, apresentam recursos naturais que têm propriedades físico-químicas ajustáveis, possibilitando seu uso na fabricação de diversos tipos de produtos, que demandam características específicas e estudos detalhados.

5.5 Trabalhos publicados com base nessa pesquisa

A partir dessa pesquisa obteve-se um total de duas publicações, uma publicação foi em um Caderno de Resumos, referente ao evento do XXXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (SEMIC) DA UEMA, com a organização de Rita de Maria Seabra Nogueira, Monica Piccolo Almeida e Eliane Pinheiro de Sousa. Essa publicação se encontra em Apêndices na seção A e apresenta alguns detalhes sobre o que foi publicado.

Outro trabalho publicado foi a coletânea de um artigo publicado em um capítulo de um livro, a partir do trabalho apresentado no XXXII SEMIC. O livro apresenta o Volume 1 e tem como tema “UEMA produzindo conhecimento: Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, Ciência da Saúde, Engenharias, Ciências Exatas e da Terra”, com a organização de Monica Piccolo Almeida e Eliane Pinheiro de Sousa. Essa publicação se encontra em Apêndices na seção B e apresenta alguns detalhes sobre o que foi publicado.

Essas publicações oportunizam a divulgação do trabalho para que a comunidade acadêmica e o público em geral conheçam; leiam e estudem o que foi publicado. De modo que todos possam estabelecer contato com determinado autor e sua pesquisa.

6 CONCLUSÃO

Com aplicação das técnicas de difração de raios X (DRX) e fluorescência de raios X (FRX), foi possível realizar a caracterização das argilas coletadas no Município de Caxias - MA e com isso fazer a determinação da composição mineralógica das 3 argilas estudadas. Os minerais predominantes foram o quartzo (SiO_2) e os argilominerais alumina (Al_2O_3) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Também foi constatado a presença de outra fase de menor importância correspondente a illita, presente na composição da argila cinza.

Através dessas técnicas foi possível encontrar a presença de vários elementos químicos nas 3 argilas, principalmente constituintes de óxidos como o SiO_2 ; Al_2O_3 ; K_2O e Fe_2O_3 , onde se teve mais uma evidência da presença do mineral quartzo (SiO_2).

Apesar da argila cinza não apresentar o resultado de FRX, ainda sim, foi possível determinar através do DRX, a presença de 3 argilominerais característicos, o quartzo (SiO_2); a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e illita ($(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$).

No que se refere às análises realizadas e dados obtidos, percebe-se a importância dos diferentes tipos de métodos de análises de materiais e sua gama de aplicações, desde a análise de propriedades físicas de materiais cerâmicos, diretamente relacionada com a determinação de que uma argila pode ser usado na fabricação de telhas e tijolos; identificar suas microestruturas, seus usos e possíveis motivos de falha, até o uso de diferentes tipos de análises combinadas a fim de se obter uma análise completa de uma amostra.

Pode-se concluir que Caxias - MA é uma cidade rica em argila, e as composições e concentrações dos compostos e argilominerais presentes nas três argilas são de fundamental importância e destaque na produção e fornecimento de materiais derivados deste minério para a produção dos derivados de argila e também para a construção. Não podemos deixar de destacar a possibilidade de aplicação desta matéria-prima abundante, natural e de custo relativamente baixo no desenvolvimento de novos materiais.

REFERÊNCIAS

- ABCERAM. Associação Brasileira de Cerâmica. **Matérias Primas Naturais**. Disponível em: <https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/> Acesso em: 03 mar 2021.
- ALBERS, A. P. F. et al. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raio x. **Cerâmica**, ed. 48, 2002 p. 34-37.
- AMORIM, M. I. **Uso das argilas na estética facial e corporal**. Artigo científico (Pós-graduação em Estética Corporal e Facial) - Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, 2012.
- ANFACER. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. **História da Cerâmica**. 2021. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/historia-da-ceramica> Acesso em: 05 mar 2021.
- ANICER. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. **Dados do Setor**. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/> Acesso em 31 mar 2021.
- ARAÚJO, F. A. S. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias – Ma**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.
- BARROS. A. **Mito e Ciência - Quântica e a ciência dos materiais**. Física Moderna, 2005 Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica12.htm> Acesso em: 22 de abril 2021.
- BELTRÁN, V. **Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Baldosas de Pasta Blanca en España**. Tecnica Cerámica. ed. 196, p. 578- 585, 1996.
- BERGAYA, F.; THENG, B.C.G.; LAGALY, G. Handbook of clay science. **General introduction: Clay, clays minerals and clay science**. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- BITENCOURT, E. R. **Utilização de Matéria-Prima Alternativa na Fabricação de Tijolos de Argila Vermelha e Branca**. 2004. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2004.
- BNB- BANCO DO NORDESTE. ETENE. **Pesquisa do Setor de Cerâmica Vermelha no Nordeste**. Fortaleza: [s.n.], 2010.
- BONA, I. A. T. et al. Análise arqueométrica de cerâmica tupiguarani da região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, usando fluorescência de raios x por dispersão de energia (EDXRF). **Química Nova**, vol. 30, nº. 4, p.785-790, 2007.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, **Anuário Estatístico do Setor Transformação de Não Metálicos**. 2012. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1865684/Anuario_Setor_Transformacao_Nao_Metalicos_2012_base_2011.pdf/0a0c955c-1144-480e-9470-e1ee00d0d19c Acesso em: 22 abril 2021.

BRIGATTI, M. F.; GALAN, E.; THENG, B. K. G. **Handbook of clay science - Structures and Mineralogy of Clay Minerals**. Developments in Clay Science. Brigatti, ed. [s.l: s.n.]. v. 1, p. 19–86, 2006.

BURITI, B. M. A. B. et al. **Estudo das propriedades estruturais, térmicas, químicas e granulométricas de argilas com perspectivas em tratamentos medicinais, terapêuticos e estéticos**. OBI, 5 ed, Maresias – SP, 2017.

BUSTAMANTE, G.M., BRESSAIANI, J.C. **A indústria cerâmica brasileira**. Cerâmica Industrial. São Paulo, 2000, p. 31 – 36.

CABRAL JÚNIOR, M et al. **Argilas para Cerâmica Vermelha**. In: Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005, cap. 28, p. 583-606.

CALZA, C. **Fluorescência de raios x aplicada à análise de bens culturais**. Boletim Eletrônico da ABRACOR, nº 1, p.20-26, 2010.

CENOL- Cerâmica do Nordeste. **A Cerâmica CENOL**. Disponível em: <http://ceramicacenol.com.br/empresa> Acesso em: 05 mar 2021.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 606 p.

CIVAN, F. **Reservoir formation damage: fundamentals, modeling, assessment, and mitigation**. Gulf Publishing Company, Houston, Texas, USA, 2000).

CORDEIRO, M. B. S. SOUSA, A. C. **Caracterização das matérias primas usadas na cosmetologia para argila facial**. Paraíba: Conapesc, 2019.

CORDEIRO, M. B. S. SOUSA, A. C. **Estudos comparativos de rejeitos industriais de granitos com argila facial aplicadas na cosmetologia**. Paraíba: Conapesc, 2019.

COSTA, A. C. **Encontro do nordeste ocorre em São Luís do Maranhão**. Revista NovaCer, ed. 77, 2016 p. 23. Disponível em: <http://novacer.com.br/edicao-77- setembro-2016> Acesso em 22 de abril 2021.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro (2010)** - 1. Economia mineral – estatística – Brasil; 2. Mineração – Estatística. V.35, p. 804. Brasília – BRASIL.

DIAS, B. L. N., OLIVEIRA, D. F. **A utilização e a relevância multidisciplinar da fluorescência de raios X**. Revista Brasileira de Ensino de Física. vol. 39, nº 4, 2017.

DINNEBIER, R. E., BILLINGE, S. J. L. **Powder diffraction: Theory and Practice**. Royal Society of Chemistry, p. 604, 2008.

EVELINE, Claudia. **Máscaras: as estrelas da cosmetologia**. São Paulo: Bel Col, n. 52, p. 22-24, mar/abr, 2010.

FIEMA, Federação das Indústrias do Estado do Maranhão. **A indústria do Maranhão: um novo ciclo**. 1. ed. Brasília: IEL, 2008.

FRIGOLA, D. R. I. **Cerâmica**. Lisboa: Editorial Estampa, 2002.

GOLDSMITH, C.C. et al. **Semiconductores: Integrated Circuit Manufactures**. Industrial Applications of X-Ray Diffraction. New York: Marcel Dekker, 2000, p.55-88.

GOPINATH, T. R. et al. **Estudo comparativo da composição química e as variedades de argilas bentoníticas da região de Boa Vista, Paraíba**. Paraíba: Revista de Geologia, vol. 16, n. 1, 2003, p. 35-48.

GUGGENHEIM, S. et al. **Summary of recommendations of Nomenclature Committees relevant to clay mineralogy: Report of the association Internationale pour l'Etude des Argiles (AIPEA) Nomenclature Committee for 2006**. Clays Clay Miner. ed.54, 2006.

HENKE, S. **Estrutura Cristalina**. Nota de aula. UFPR. Curitiba, 2012. Disponível em: [ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM336/Notas/aula%203-%20Estrutura%20cristalina%20\[Modo%20de%20Compatibilidade\]%20%20C%F3pia.pdf](ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM336/Notas/aula%203-%20Estrutura%20cristalina%20[Modo%20de%20Compatibilidade]%20%20C%F3pia.pdf) Acesso em: 28 mar 2021.

HUARD, L. **A argila ao serviço do corpo**. Portugal: Europa-America, 2007.

IYENGAR, S.S. **Petroleum Exploration and Production**. Industrial Applications of X-Ray Diffraction. New York: Marcel Dekker, 2000 p. 193-205.

JENKINS, R. **X-Ray Fluorescence Spectrometry**. Second edition. New York: Wiley, 1999.

KLEIN, C. DUTROW, B. **Manual de Ciências dos Minerais**. Tradução e revisão Menegat, Editora: Bookman, 23ª edição, Porto Alegre, Brasil, 2012, 716 p.

KLUGG, H.P. ALEXANDER, L.E. **X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials**. New York: John Wiley, 1974, 417 p.

MACHADO, M. C. P. et al. **Estudo do comportamento e caracterização de argilas bentoníticas após processo de liofilização**. Cerâmica [online]. v.64, n.370, p.207- 213, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132018643702324> Acesso em: 03 jun 2021.

MAIA, F. S. **Avaliação de massas cerâmicas, processamento e propriedades dos produtos de cerâmica vermelha do pólo cerâmico de Campos dos Goytacazes**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

MÁS, E. **Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha**. Editora: Pólo Produções Ltda, São Paulo, 2002.

MATOS NETO, F. J. **Processo de fabricação e qualidade dos blocos de cerâmicos nas olarias da cidade Groaíras-CE**. 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2012.

MEDEIROS, G. M. S. **O poder da argila medicinal: princípios teóricos, procedimentos terapêuticos e relatos de experiências clínicas.** Blumenau: Nova Letra, 2013.

MEIRA, J. M. L. Argilas: o que são, suas propriedades e classificações. **Visa Consultores:** comunicações técnicas, 2001.

MELO JÚNIOR, A. S. **Análise quantitativa do material particulado na região de Campinas através das técnicas de microfluorescência de raios-X e reflexão total usando radiação síncrotron.** 2007. Tese (Doutorado em Química) - Unicamp, Campinas, São Paulo, 2007.

MENEZES, R. R. **Caracterização de argilas plásticas do tipo “Ball Clay” do litoral paraibano.** Cerâmica 49, 2003.

MOTTA, J. F. M. et al. **Argilas plásticas para cerâmica branca no estado de São Paulo-potencialidade geológica.** Revista Brasileira de Geociências, v. 23, p. 158-173, 1993.

MOTTA, J. F. M. et al. **As matérias-primas cerâmicas- parte I:** O perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. Cerâmica Industria, ano II, v. 6, 2001.

MURRAY, H. H. **Developments in Clay Science:** Applied Clay Mineralogy. Amsterdam: Elsevier Science, v. 2, p. 141-145, 2006.

NAGATA, N. et al. Métodos Matemáticos para Correção de Interferências Espectrais e Efeitos Interelementos na Análise Quantitativa por Fluorescência de Raios-X. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 531-539, 2001.

NASCIMENTO, R. A. **Caracterização de argilomineral proveniente da região sudeste do estado de São Paulo por difração de raios X:** cristais orientados. 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia dos Materiais) - Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, 2018.

NEIVA, A. C. et al. **Cuidados com picos espúrios no uso de espectroscopia de fluorescência de raios X para a análise de peças metálicas pré-hispânicas do museu de arqueologia e etnologia da USP.** Revista Brasileira de Arqueometria Restauração Conservação. AERPA, edição especial n. 1, março, 2006.

NEUMANN, R. **Caracterização Tecnológica de Minérios, in:** Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro, 2004, Cap. 3, p.55-109.

OLIVEIRA, E. A. **Confiabilidade metrológica na determinação de espécies químicas em materiais siderúrgicos por espectrometria de fluorescência de raios-X.** 2011. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F B. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos.** São Paulo: CETESB, 2006.

PALMA, A. J. R. **Adição de chamote de velas de ignição inservíveis na obtenção de cerâmica branca a base de alumina.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2010.

QUEIROZ, E. T. **Geologia das Argilas**. In: Schobbenhaus C. Principais Depósitos Minerais do Brasil- DNPM, Brasília: Rochas e Minerais Industriais, vol. 6, p. 93-98, 1994.

QUEIROZ, Luiz F. T. **Efeito Da Quantidade de Areia Quartzosa no Processamento, Microestrutura e Propriedades da Cerâmica Vermelha Para Telhas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2009.

RIBEIRO, C. J. **Cosmetologia aplicada a dermoestética**. 2 ed. São Paulo: Phamabooks, 2010.

RIBEIRO, J. L. B. **Estudo das interações rocha-fluido em arenitos inconsolidados com simuladores físicos utilizando tomografia computadorizada e microfluorescência de raios-X por luz síncrotron**. 2006. Tese (Doutorado em Química) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ROCHA, A. C. C. et al. **Caracterização da extração mineral de argila no município de Caxias-MA**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Fortaleza, Ceará, 2015. Disponível em: <http://ptdocz.com/doc/1342513/caracteriza%C3%A7%C3%A3o-da-extra%C3%A7%C3%A3o-mineral-de> Acesso em: 03 mar 2021.

RODRIGUES, J. A. **Raios-X: difração e espectroscopia**. São Carlos: EDUFSCAR, 2005.

SAMPAIO, J. A. et al. **Manganês: comunicação técnica elaborada para o livro rochas minerais industriais: usos e especificações, parte 2 – rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Centro de Tecnologia Mineral. Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro, cap. 28, p.633- 648, 2008.

SANTOS, J. O. et al. **The archaeometry study of the chemical and mineral composition of pottery from Brazil's northeast**. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2009.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. ed. São Paulo: Ed Edgard Blücher, 1989.

SASAKI, J. M., & BLEICHER, L. **Introdução à difração de raios-X em cristais**. Apostila de raios-X, 2000.

SAÚDE E BELEZA. **A argila e seus benefícios para a pele**. Disponível em: <https://belezaesauade.com/argila/> Acesso em: 22 maio 2011.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cerâmica Vermelha para Construção: Telhas, Tijolos e Tubos**. 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2786168-Ceramica-vermelha-estudos-de-mercado-sebrae-espm-2008-relatorio-completo.html> Acesso em: 03 mar 2021.

SILVA, C. R. et al. Decomposição de argilas em forno de microondas e determinação simultânea dos seus constituintes principais por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado. **Química Nova**, vol.28, n.1, São Paulo, 2005.

SILVA, R. P. **Simulação e análise do desempenho de um laboratório analítico em um cenário autossustentável**. 2007. Dissertação (Mestrado em Química) - PUC-RIO. Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, V. M. F. **Cerâmica com pó de osso bovino: inovação na produção cerâmica maranhense**. 2011. 47 f. Monografia (Graduação em Desenho Industrial) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SOUZA, A. A., BITTENCOURT, M. A. A Contribuição da Difração de Raios-X para Configuração Molecular. **Ensino e Pesquisa**. v. 1. n. 5. 2008.

SOUZA, M. V.; JÚNIOR, D. A. **Ativos dermatológicos**: guia de ativos dermatológicos utilizados na farmácia de manipulação para médicos e farmacêuticos. São Paulo: Pharmabooks, 2008. v.4.

SOUZA, V. M. **Ativos dermatológicos**. v. 2, 1º ed. São Paulo: Phamabooks, 2005.

STARIOLO, D. **Introdução a Física da Matéria Condensada**. Departamento de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

TEIXEIRA-NETO, E; TEIXEIRA-NETO, A. A. Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado. **Química Nova**, São Paulo, vol.32, n.3, 2009.

TOMAZETTI, R. R. **Análise de produção de cerâmica vermelha da região central do estado do Rio Grande do Sul**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Santa Maria, RS, 2003, 190 p.

VALICHESKI, R. R.; MARCIANO, C. R.; POCIANO, N. J. Avaliação econômica da reutilização de áreas degradadas pela extração de argila em Campos dos Goytacazes – RJ. **Revista Ceres**. ISSN 0034-737X 56(1): 001-008, 2009.

VILA Y CAMPANYA, M. **Manual de geoterapia aplicada**. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Programa Nacional de Medicina Complementária. Peru. Textos completos, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE - A

Publicação do resumo do trabalho “COLETA, REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E CARATERIZAÇÃO DE ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA”



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



SEMIC
XXXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UEMA

07 a 11 de dezembro de 2020

CADERNO DE RESUMOS



ISSN: 2595-7023

Comissão organizadora:
Rita de Maria Seabra Nogueira
Monica Piccolo Almeida
Eliane Pinheiro de Sousa



FAPEMA
Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Maranhão

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FAPESP
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Sumário

CIÊNCIAS AGRÁRIAS	
Agronomia.....	1
Engenharia de Pesca.....	165
Medicina Veterinária.....	237
Zootecnia.....	401
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.....	436
CIÊNCIAS DA SAÚDE.....	682
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	
Física.....	769
Matemática.....	788
Química.....	818
CIÊNCIAS HUMANAS	
Educação.....	863
Filosofia.....	1029
Geografia.....	1048
História.....	1182
CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS	
Administração.....	1309
Arquitetura e urbanismo.....	1330
Ciências Sociais.....	1464
Direito.....	1615
ENGENHARIAS	
Engenharia Civil.....	1667
Engenharia da Computação.....	1692
Engenharia Mecânica e de Produção.....	1722
LINGÜÍSTICA, LETRAS E ARTES.....	1787
PIBITI.....	1878

COLETA, REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA

BOLSISTA: Alana de Oliveira Rodrigues. Bolsista **PIBIC/FAPEMA**. Graduada em Licenciatura em Química/UEMA.

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a Maura Célia Cunha e Silva. Departamento de Química e Biologia, CESC/UEMA.

INTRODUÇÃO

Argila é um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais, matéria orgânica e outras impurezas. As argilas apresentam uma enorme gama de aplicações, tanto na área de cerâmica como em outras áreas tecnológicas. (ABCERAM 2019). O município de Caxias-MA apresenta uma grande diversidade de argilas, mas as mesmas apresentam poucas pesquisas. A caracterização de argilas nesse município, pode resultar em uma nova possibilidade de uso para esse recurso, com menor custo-benefício e maior valor agregado. Este trabalho objetivou coletar, remover a matéria orgânica e caracterizar os três tipos de argilas coletadas.

METODOLOGIA

Amostras foram coletadas na antiga Fábrica de Cerâmica Terra Boa, na cidade de Caxias MA e foram encaminhadas ao Laboratório de Química, do Centro de Estudos Superiores de Caxias da Universidade Estadual do Maranhão. Foi feita a lavagem para retirada da matéria orgânica. Foram lavadas com água destilada e secadas em estufa a 388 K. Em seguida, 10 gramas das argilas foram umedecidas com água destilada e adicionado 30 mL de peróxido de hidrogênio 30% v/v em cada uma. O sistema foi mantido em agitação por 12 horas em temperatura ambiente, após a suspensão, as argilas foram centrifugadas e o precipitado lavado com água deionizada e seca em estufa. Após a lavagem as argilas foram maceradas, peneiradas e encaminhadas para o Laboratório de Materiais Avançados da Universidade Federal do Piauí para a realização das medidas de Difração de Raios X (DRX) e para o Laboratório de Análises do Instituto Federal do Piauí para a realização da Fluorescência de Raio X (FRX).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figuras 1 apresenta respectivamente o DRX da argila branca; vermelha e cinza, ambas apresentam o quartzo (SiO_2) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) como os principais minerais em suas composições. O DRX da argila cinza apresenta também outro mineral que é a illita ($\text{Al}_2[(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$). As illitas possui maior teor de silício, magnésio, ferro e água. Sua variabilidade de empilhamento está associada com as forças intercadas, que é baixa, em razão da presença de alguns cátions (BRIGATTI et al, 2006). O quartzo é um dos minerais mais comuns e resistentes que existem nas rochas. Ele se constitui na principal impureza presente nas argilas, atuando como matéria-prima não plástica e inerte durante a queima. A caulinita é utilizada na fabricação de produtos cerâmicos destinados à construção civil. É responsável pelo desenvolvimento de plasticidade e apresenta comportamento de queima refratário (QUEIROZ, 2009). As Tabelas 1 e 2 apresentam respectivamente o resultado de FRX das argilas branca e vermelha. As argilas são essencialmente constituídas de óxidos de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O e

Fe_2O_3 . O dióxido de silício (SiO_2) apresenta-se em maior quantidade. Na argila branca a composição de SiO_2 é 71,178% e na argila vermelha é 67,379%. O óxido de alumínio (Al_2O_3) na argila branca mostra 17,449% e a argila vermelha mostra 19,123%. As tabelas 1 e 2 mostram que a argila branca contém uma composição de óxido de ferro (Fe_2O_3) de 3,567%; a argila vermelha contém 6,826%. Segundo Casagrande (2002) a coloração do material cerâmico depende da quantidade de óxidos existentes na composição, principalmente os Fe_2O_3 , que resultam em uma cor avermelhada após a queima. O Fe_2O_3 também age como fundente, baixando o ponto de fusão. Por conta disso a argila branca apresenta uma coloração mais clara, devido a menor composição de Fe_2O_3 . As concentrações de óxido de potássio (K_2O) mostram-se semelhante para as duas argilas analisadas. A argila branca apresenta 4,408% de K_2O e a vermelha apresenta 3,548% de K_2O . A argila branca apresenta o Si com concentração de 64,842%; o Al tem concentração de 15,031%; o K 9,057%; o Fe 6,941%; o Ti 1,708%; o Mg 1,663% e o Zn 247,2 ppm (partes por milhões). A argila vermelha indica também o Si em maior quantidade, com concentração de 60,158%; o Al 16,518%; o Fe 12,654%; o K 6,925%; o Ti 1,421%; o Mg 1,368% e o Zn 270,2 ppm (partes por milhões). São esses diferentes tipos de metais que compõem a argila, que contribuem para funções específicas ao uso que se destina. Assim cada argila carrega em si propriedades distintas tais como: elevada área superficial, excelente capacidade de troca catiônica, plasticidade dentre outras, isso se dá devido às variadas condições geológicas de formação, o que contribui para o grande número de espécies de argilas (MEIRA, 2001; BERGAYA, THENG, LAGALY, 2006).

Tabela 1: Análise de FRX da argila branca de Caxias-MA.

Elem	Conc	Unid	Comp	Conc	Unid
Mg	1,663	%	MgO	1,851	%
Al	15,031	%	Al_2O_3	17,449	%
Si	64,842	%	SiO_2	71,178	%
P	0,271	%	P_2O_5	0,262	%
K	9,057	%	K_2O	4,408	%
Ti	1,708	%	TiO_2	1,073	%
Fe	6,941	%	Fe_2O_3	3,567	%
Zr	0,183	%	ZrO_2	822,1	ppm
Cr	255,9	ppm	Cr_2O_3	139,3	ppm
Mn	798,8	ppm	MnO	374,5	ppm
Ni	92,7	ppm	NiO	39,8	ppm
Cu	31,2	ppm	CuO	13,2	ppm
Zn	247,2	ppm	ZnO	103,5	ppm
Rb	493,7	ppm	Rb_2O	179,9	ppm
Sr	155,5	ppm	SrO	61,1	ppm
Ba	957,9	ppm	BaO	390,9	ppm

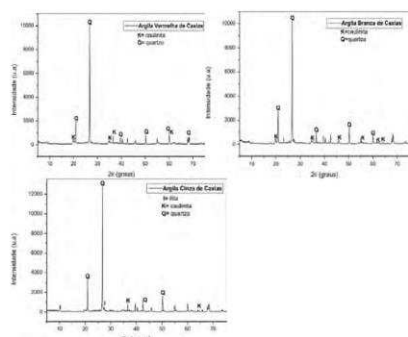
Fonte: RODRIGUES, 2020.

Tabela 2: Análise de FRX da argila vermelha de Caxias-MA.

Elem	Conc	Unid	Comp	Conc	Unid
Mg	1,368	%	MgO	1,525	%
Al	16,518	%	Al ₂ O ₃	19,123	%
Si	60,158	%	SiO ₂	67,379	%
P	0,398	%	P ₂ O ₅	0,401	%
K	6,925	%	K ₂ O	3,548	%
Ti	1,421	%	TiO ₂	0,951	%
Cr	227,8	ppm	Cr ₂ O ₃	132,7	ppm
Mn	910,9	ppm	MnO	450,5	ppm
Fe	12,654	%	Fe ₂ O ₃	6,826	%
Ni	83,3	ppm	NiO	36,4	ppm
Zn	270,2	ppm	ZnO	115	ppm
As	163,8	ppm	As ₂ O ₃	73,6	ppm
Rb	452,9	ppm	Rb ₂ O	167,7	ppm
Sr	335,6	ppm	SrO	134,1	ppm
Y	203,3	ppm	Y ₂ O ₃	87,1	ppm
Zr	0,145	%	ZrO ₂	661,7	ppm
Ba	0,148	%	BaO	608,7	ppm

Fonte: RODRIGUES, 2020.

Figura 1: Difração de Raio-X (DRX) das argilas branca; vermelha e cinza.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das técnicas foi possível caracterizar as argilas. As 3 argilas contêm minerais predominantes: quartzo, alumina e caulinita. A argila cinza apresentou também a illita. No que se refere as análises, percebe-se a importância dos diferentes tipos de métodos

de análises de materiais e sua gama de aplicações, desde a análise de propriedades físicas, até o uso de diferentes tipos de análises combinadas. Concluir-se que Caxias-Ma é uma cidade rica em argilas, e as composições e concentrações dos compostos e argilominerais presentes nas três argilas são de fundamental importância e destaque na produção e fornecimento de materiais derivados deste minério para a produção dos derivados de argila e também para a construção.

PALAVRAS-CHAVE: Argila. Caracterização. Caxias-MA.

AGRADECIMENTOS

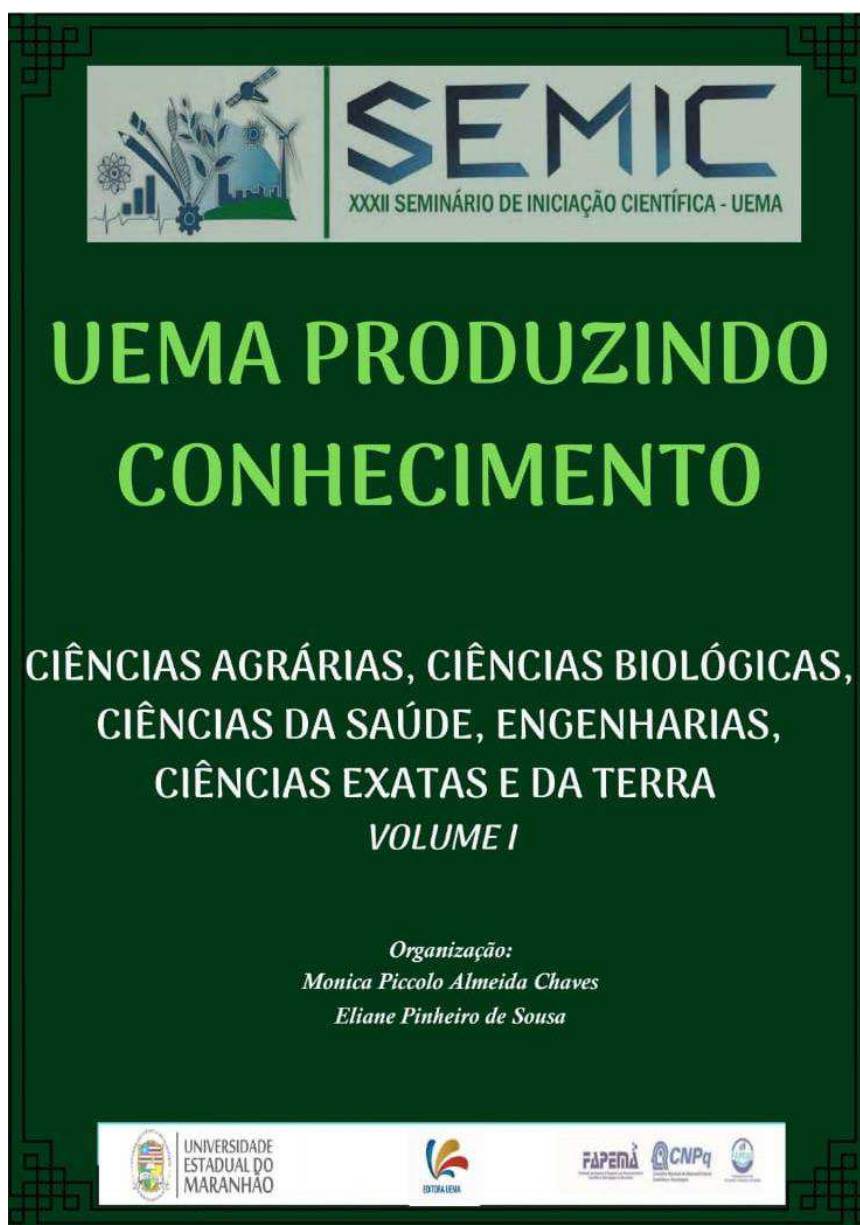
Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA); UEMA; Maura Celia Cunha e Silva.

REFERÊNCIAS

- ABCEAM. Associação Brasileira de Cerâmica. **Matérias Primas Naturais**. Disponível em: <https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>. Acesso em: 06/12/2019.
- BERGAYA, F.; THENG, B.C.G.; LAGALY, G. Handbook of clay science. **General introduction: Clay, clays minerals and clay science**. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- BRIGATTI, M. F.; GALAN, E.; THENG, B. K. G. **Handbook of clay science - Structures and Mineralogy of Clay Minerals**. In: S. E. (Ed.). Developments in Clay Science. Brigatti, ed. [s.l.: s.n.], v. 1p. 19–86.
- CASAGRANDE.M.N., **Efeito da adição de chamote semi-gresificado no comportamento físico de massa cerâmica para pavimento**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- MEIRA, J.M.L. **Argilas: o que são, suas propriedades e classificações**. VISA Consultores: comunicações técnicas, 2001.
- QUEIROZ, Luiz F. T. **Efeito Da Quantidade de Areia Quartzosa no Processamento, Microestrutura e Propriedades da Cerâmica Vermelha Para Telhas**. Dissertação de Mestrado do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro do Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais. Campos dos Goytacazes – RJ, 2009.

APÊNDICE – B

Publicação de um artigo publicado em um capítulo de um livro CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA com o tema “COLETA, REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA”.



Sumário

APRESENTAÇÃO	10
CIÊNCIAS AGRÁRIAS.....	13
ANÁLISE CITOPATOLÓGICA DE ANIMAIS ACOMETIDOS POR	
NEOPLASIAS DE CÉLULAS REDONDAS ATENDIDOS NO	
HOSPITAL VETERINÁRIO DA UEMA.	
	14
Wendel Fragoso de Freitas Moreira	
Isabel Silva Oliveira	
Allana Freitas Barros	
Orestes Luiz de Souza Neto	
Emilly de Souza Moraes	
Rafael Jerfferson dos Santos Costa	
Sandra Alves de Araújo	
Ana Lúcia Abreu Silva	
Fábio Henrique Evangelista de Andrade	
ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA E ALTERAÇÕES DA MATRIZ	
EXTRACELULAR EM PELE DE CAMUNDONGOS C ₅₇ BL/6	
INFECTADOS POR <i>Leishmania amazonensis</i> E TRATADOS COM	
ANTIMONIATO DE MEGLUMINA	
	31
Ailésio Rocha Mendonça Filho	
Adryan Adam Batalha de Miranda	
Allana Freitas Barros	
Wendel Fragoso de Freitas Moreira	
Fernando Almeida-Souza	
ATIVIDADE IN VITRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE LIPPIA ALBA E	
CYMBOPOGON CITRATUS SOBRE LEISHMANIA AMAZONENSIS	
.....	
	50
Suelem Maria Araújo Pereira	
Sandra Alves de Araújo	
Yuri Nascimento Fróes	
Joicy Cortez de Sá Sousa	
Ana Lucia Abreu Silva	
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	403
CLASSIFICAÇÃO DE MEL POR DIVERSAS REGIÕES DO BRASIL:	
uma avaliação de métodos estatísticos multivariado	
	404
Tatiane de Freitas Gomes	
Jeovana Thaynara Oliveira Martins	
Raquel Maria Trindade Fernandes	
Alamgir Khan	
COLETA, REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E	
CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO	
MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA.....	
	426
Alana de Oliveira Rodrigues	
Maura Célia Cunha e Silva	

**COLETA, REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E
CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS DE OCORRÊNCIA NO
MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA**Alana de Oliveira Rodrigues¹
Maura Célia Cunha e Silva²**INTRODUÇÃO**

As argilas são, em sua maioria, misturas de minerais aluminossilicatos hidratados que formam a fração argila ($<2 \mu\text{m}$) e encontrados em solos e sedimentos de fundo de igarapés, rios, lagos, mares e oceanos. Quimicamente, os aluminossilicatos hidratados são mais conhecidos como argilominerais, podendo conter também impurezas em sua estrutura cristalina como calcita, dolomita, quartzo, pirita e matéria orgânica (SPARKS, 2003; SILVA; SANTANA, 2013).

Devido serem materiais naturais, de baixo custo e abundante na superfície da Terra e com diversas possibilidades de uso, têm impulsionado pesquisas científicas visando aplicações que vão desde a indústria automobilística até a farmacêutica. Os autores Teixeira-Neto e Teixeira-Neto (2009) destacam várias aplicações das argilas, dentre elas:

[...]Pode-se destacar o uso com adsorventes em processos de clareamento na indústria têxtil e de alimentos, em processos de remediação de solos e em

¹ Graduanda do Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão.

² Professora Doutora do Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão.

426

possuindo o Brasil uma reserva na ordem de seis trilhões de toneladas. Com relação ao Nordeste, o Banco do Nordeste destaca que “a produção está localizada principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Pernambuco, Maranhão e Piauí” (BNB, 2010, p. 4).

Diante do exposto, nota-se que a caracterização de argilas de ocorrência no Município de Caxias – MA, pode resultar em uma nova possibilidade de uso para esse recurso natural abundante na região, com menor custo-benefício e maior valor agregado. Este trabalho teve como objetivo coletar e caracterizar argilas de ocorrência em Caxias-MA, onde as caracterizações das argilas foram feitas pelas técnicas de Fluorescência de Raio X (FRX) e Difração de Raio X (DRX).

METODOLOGIA**Coleta das amostras**

Foram coletadas amostras de argilas do tipo branca, cinza e vermelha na antiga Fábrica de Cerâmica Terra Boa, situada na cidade de Caxias Maranhão. As amostras foram armazenadas em recipientes de plásticos, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Química, do Centro de Estudos Superiores de Caxias (CESC) da Universidade Estadual do Maranhão, onde foi feita a lavagem para retirada da matéria orgânica. Após a lavagem, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Materiais Avançados da Universidade

428

aterros sanitários. São usadas para ajustar as propriedades reológicas de fluidos de perfuração de petróleo e de tintas, como carreadoras de moléculas orgânicas em cosméticos e fármacos e como suporte para catalisadores[...]” (TEIXEIRA-NETO; TEIXEIRA-NETO, 2009, p.1).

De acordo com informações do site do governo do estado do Maranhão a indústria de argila (cerâmica vermelha) produz o suficiente para atender o mercado interno no referido estado. Há produção em quase todos os municípios, seja artesanalmente para uso próprio, seja por indústrias de todos os portes. O município de Caxias-MA está entre os que se destacam produzindo tijolos, telha canal, telha colonial, blocos cerâmicos e lajotas.

Segundo ROCHA *et al*, (2015, p. 4) “o município de Caxias - MA é rico em argila, e tem grande potencial para a produção e fornecimento de materiais derivados deste minério para a construção civil”. Na cidade de Caxias-MA todos os projetos sobre mineração tinham por finalidade a extração de argila para a fabricação de tijolos e telhas para abastecer a construção civil na cidade e região. Para a Federação das Indústrias do Estado do Maranhão (FIEMA, 2008, p. 20) “existe um crescimento importante na exploração de minerais não metálicos, como calcário, argila e outros, sinalizando para utilizações industriais importantes na área da construção civil”.

Conforme o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2010) as argilas extraídas no subsolo brasileiro são classificadas em argilas comuns, argilas plásticas e argilas refratárias,

427

Federal do Piauí para a realização das medidas de DRX e para o Laboratório de Análises do Instituto Federal do Piauí para a realização da técnica de FRX.

Lavagem da argila

Primeiramente, foi feito o processo de maceração e peneiração das argilas. Em seguida, pesou-se 100 g de cada argila, acrescentou-se 500 mL de água deionizada para cada 100 g de cada argila, cada argila foi colocada para agitar por 30 minutos. Depois de agitado, os sistemas foram deixados em repouso o tempo suficiente para que os constituintes sólidos se depositassem totalmente no fundo do béquer, após, o sobrenadante foi descartado e foi feita a lavagem do precipitado. A lavagem foi feita com auxílio de uma centrífuga, a secagem foi realizada em estufa a uma temperatura de 115° C. Após a secagem as argilas foram maceradas, peneiradas e armazenadas para posterior remoção da matéria orgânica.

Remoção da matéria orgânica

Após a lavagem das amostras, as argilas foram submetidas a um procedimento de remoção da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio. Foi adicionado 30 mL de peróxido de hidrogênio com volume de 30% para cada argila. Os sistemas argila/peróxido de hidrogênio foram mantidos sob agitação magnética por 12 h em temperatura ambiente. Após a suspensão foram centrifugadas e o

429

precipitado foi lavado com água deionizada e seco em estufa. Por último, as argilas foram maceradas e peneiradas e armazenadas em tubos Falcon para posterior análise.

Caracterização das argilas

As caracterizações das argilas foram feitas por meio das técnicas de Difração de Raios X (DRX) e Fluorescência de Raio X (FRX).

Difração de Raio X- DRX

A realização das medidas de DRX das amostras ocorreram no Laboratório de Materiais Avançados da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Para efetuar DRX dos três tipos de argilas, foram realizadas no material a radiação com Cu, com tensão = 40 kV, corrente = 30 mA, intervalo de varredura $2\theta = 5^\circ$ a 75° . Com fenda de divergência = 1° ; fenda de dispersão = 1° e fenda de recepção = 0,3 mm. Modo de varredura = varredura contínua; velocidade de varredura = 2 graus/ min; passo de amostragem = 0,02° e tempo predefinido = 0,60 seg. Utilizou-se o software Origin 6.0 para plotar os gráficos de Intensidade de reflexão dos raios - X em função de 2θ (grau).

430

Técnicas (ABNT) “o método para análise de granulométrica de solos, é realizado por peneiramento ou por combinação de sedimentos e peneiração” (NBR 7181, 1984, p. 1).

Sobre o processo de lavagem das argilas, todas foram lavadas 3 vezes com água destilada e depois com H_2O_2 30% v/v. Observou-se que a argila branca e a vermelha, foram as que se apresentaram em maior quantidade, quando se adicionou 500 mL de água destilada. Já a argila cinza, ao se adicionar 500 mL de água destilada, apresentou-se em menor proporção. Foi preciso pesar mais argila para poder obter-se no final uma quantidade de argila similar à argila cinza e à vermelha. O processo para secar as argilas foi igual para todas, que secaram ao mesmo tempo.

Difração de Raio X- DRX

A identificação de fases presentes é baseada na comparação de um perfil desconhecido (DRX das argilas vermelha, branca e cinza analisadas nesta pesquisa) com o conjunto de difração padrão coletado e mantido pelo JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*). Sobre as vantagens da técnica de DRX para a caracterização de fases (ALBERS *et al*, 2002, p.34) destaca “a simplicidade e rapidez do método; a confiabilidade dos resultados obtidos; a possibilidade de análise de materiais compostos por uma mistura de fases e uma análise quantitativa destas fases”.

432

Fluorescência de raio X - FRX

As amostras de FRX foram analisadas no Laboratório de Análises do Instituto Federal do Piauí (IFPI) e teve como objetivo a identificação qualitativa e a determinação quantitativa da composição de amostras sólidas, nessa etapa só foi possível analisar duas das amostras, foram elas: o FRX da argila branca e o da argila vermelha, faltando assim o FRX da argila cinza.

RESULTADOS

Durante a maceração, peneiração e purificação foi possível observar que o processo de maceração ocorreu mais rapidamente com a argila branca, pois esta imprime pouca resistência à quebra, diferentemente da vermelha, sendo necessário exercer mais força durante a etapa. A argila cinza foi a que apresentou maior dificuldade no processo de maceração, pois veio misturada com vários pedregulhos. Este fato está ligado a um termo importante chamado tenacidade. Segundo (KLEIN & DUTROW, 2012, p. 57) a tenacidade é a resistência de um mineral a romper-se ou deformar-se, ou ocorrer sua coesão.

De modo contrário, a peneiração foi mais rápida para a argila vermelha, uma vez que a argila branca obstruiu a malha diversas vezes. Na argila cinza, o processo de peneiração foi rápido, só houve muitos momentos em que se teve que retirar alguns pedregulhos contidos na mesma. Segundo a Associação Brasileira de Normas

431

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam os difratogramas das argilas branca, vermelha e cinza respectivamente.

Figura 1- Difração de Raio-X (DRX) da argila branca de Caxias-MA.

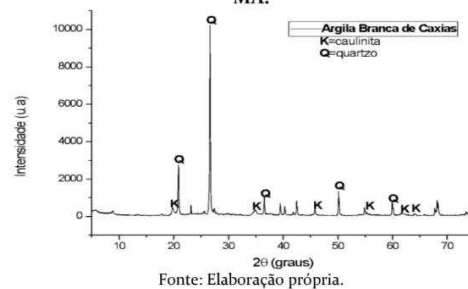
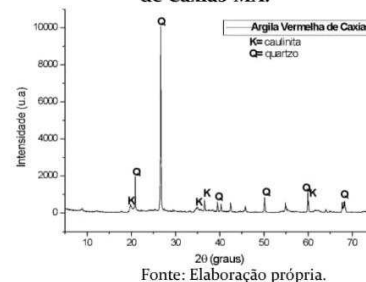
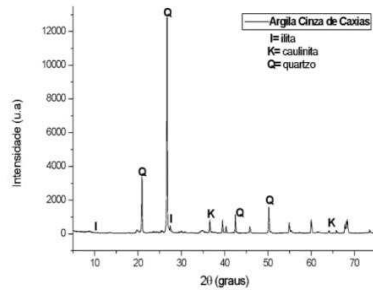


Figura 2- Difração de Raio-X (DRX) da argila vermelha de Caxias-MA.



433

Figura 3- Difração de Raio-X (DRX) da argila cinza de Caxias-Ma.

Fonte: Elaboração própria.

É possível observar que nas três amostras analisadas na difração de raios-X, há predominância do quartzo (SiO_2) como o principal mineral nas três argilas, seguido do mineral argiloso caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). O quartzo é um dos minerais mais comuns e resistentes que existem nas rochas sedimentares, ígneas e nas metamórficas, em sua composição química apresenta o dióxido de silício (SiO_2) resistente ao intemperismo e ao desgaste físico se forma a temperaturas menores que 600° . Segundo (QUEIROZ, 2009, p. 57) “o quartzo se constitui na principal impureza presente nas argilas, atuando como matéria-prima não plástica e inerte durante a queima”. A caulinita é um argilomineral de silicato de alumínio hidratado, principal componente do caulim, sua estrutura química é $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, sua cor geralmente é branca que varia de acordo com

434

As illitas, $\text{Al}_2[(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ pertencem ao grupo das micas e apresentam uma estrutura similar à moscovita, constituída por duas folhas interna tetragonal de sílica, com uma folha central octaédrica. Ainda, possui maior teor de silício, magnésio, ferro, e água e menor de alumínio e potássio no espaço de intercarnadas, que a moscovita. Sua variabilidade de empilhamento está associada com as forças intercarnadas, que é baixa, em razão da presença de alguns cátions (BRIGATTI et al, 2006; SANTOS, 1989 apud NASCIMENTO, 2018, p. 39).

Fluorescência de raio X - FRX

A Tabela 1 apresenta o resultado da análise da argila branca, contendo 32 amostras de elementos e compostos químicos, a Tabela 2 mostra os resultados da argila vermelha, onde possui 34 amostras de elementos e compostos químicos, todas as concentrações estão em porcentagem (%) ou partes por milhão (ppm).

Tabela 1- Resultados da análise de FRX da argila branca de Caxias-MA, contendo 32 amostras de elementos e compostos químicos.

ELEMEN TO	CONCENTRA ÇÃO	UNIDA DE	COMPOS TOS	CONCENTRA ÇÃO	UNIDA DE
Mg	1,663	%	MgO	1,851	%
Al	15,031	%	Al_2O_3	17,449	%
Si	64,842	%	SiO_2	71,178	%
P	0,271	%	P_2O_5	0,262	%
K	9,057	%	K_2O	4,408	%
Ti	1,708	%	TiO_2	1,073	%
Fe	6,941	%	Fe_2O_3	3,567	%
Zr	0,183	%	ZrO_2	822,1	Ppm
Cr	255,9	ppm	Cr_2O_3	139,3	Ppm
Mn	798,8	ppm	MnO	374,5	Ppm
Ni	92,7	ppm	NiO	39,8	Ppm

436

o grau de impurezas. Sobre as características da caulinita, (QUEIROZ, 2009, p.57) afirma que “é o argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para fabricação de produtos cerâmicos e é responsável pelo desenvolvimento de plasticidade”.

O difratograma da argila branca é mostrado na Figura 1, na qual se percebe o quartzo (SiO_2) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) como os principais minerais em sua composição. Os picos característicos do (SiO_2) das posições 2θ são: $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $36,6^\circ$; $50,1^\circ$ e 60° . Os picos característicos da ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) das posições 2θ são: $19,7^\circ$; $34,8^\circ$; $55,1^\circ$; $61,9^\circ$ e $64,1^\circ$.

Na Figura 2 consta o difratograma da argila vermelha de Caxias-MA, em que se observa que o quartzo (SiO_2) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) são os principais minerais em sua composição. Os picos característicos do (SiO_2) das posições 2θ são: $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $39,6^\circ$; $50,1^\circ$; $59,9^\circ$ e $68,2^\circ$. Os picos característicos de ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) das posições 2θ são: $19,7^\circ$; $34,8^\circ$; $36,7^\circ$ e $60,2^\circ$.

O difratograma da argila cinza de Caxias-MA é mostrado na Figura 3, na qual é possível verificar que o quartzo (SiO_2); caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$); illita como os principais minerais em sua composição. Os picos característicos do (SiO_2) das posições 2θ são: $20,9^\circ$; $26,6^\circ$; $42,7^\circ$ e $50,1^\circ$. Os picos característicos de DRX da ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) das posições 2θ são: $36,7^\circ$ e $64,1^\circ$ e o pico característico da illita das posições 2θ é $10,6^\circ$ e $27,5^\circ$. Segundo os autores BRIGATTI et al (2006) e SANTOS (1989):

435

Cu	31,2	ppm	CuO	13,2	Ppm
Zn	247,2	ppm	ZnO	103,5	Ppm
Rb	493,7	ppm	Rb_2O	179,9	Ppm
Sr	155,5	ppm	SrO	61,1	Ppm
Ba	957,9	Ppm	BaO	390,9	Ppm

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2- Resultados da análise de FRX da argila vermelha de Caxias-MA, contendo 34 amostras de elementos e compostos químicos.

ELEMEN TO	CONCENTRA ÇÃO	UNIDA DE	COMPOS TOS	CONCENTRA ÇÃO	UNIDA DE
Mg	1,368	%	MgO	1,525	%
Al	16,518	%	Al_2O_3	19,123	%
Si	60,158	%	SiO_2	67,379	%
P	0,398	%	P_2O_5	0,401	%
K	6,925	%	K_2O	3,548	%
Ti	1,421	%	TiO_2	0,951	%
Cr	227,8	ppm	Cr_2O_3	132,7	Ppm
Mn	910,9	ppm	MnO	450,5	Ppm
Fe	12,654	%	Fe_2O_3	6,826	%
Ni	83,3	ppm	NiO	36,4	Ppm
Zn	270,2	ppm	ZnO	115	Ppm
As	163,8	ppm	As_2O_3	73,6	Ppm
Rb	452,9	ppm	Rb_2O	167,7	Ppm
Sr	335,6	ppm	SrO	134,1	Ppm
Y	203,3	ppm	Y_2O_3	87,1	Ppm
Zr	0,145	%	ZrO_2	661,7	Ppm
Ba	0,148	%	BaO	608,7	Ppm

Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se nas Tabelas 1 e 2 que as caracterizações químicas das argilas são essencialmente constituídas de óxidos de SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O e Fe_2O_3 . Onde o dióxido de silício ou sílica (SiO_2) apresenta-se em

437

maior quantidade que os demais. Na argila branca a composição de SiO_2 é 71,178% e na argila vermelha é 67,379% de SiO_2 . Segundo (BELTRÁN, 1996 *apud* SOUSA, 2008, p. 12) “numa massa cerâmica a sílica diminui a retração de secagem e queima, diminui o tempo de secagem, aumenta o coeficiente de dilatação do corpo cerâmico”.

O óxido de alumínio ou alumina (Al_2O_3) apresenta-se como o segundo maior em termos de quantidades relacionada aos óxidos, onde a argila branca mostra 17,449% de Al_2O_3 e a argila vermelha mostra 19,123%. De acordo com (PALMA, 2010, p. 13) “a alumina apresenta várias propriedades tais como: alta dureza, resistência química a solventes orgânicos e inorgânicos, alta resistividade elétrica e térmica”, observar-se que o Al_2O_3 é um dos elementos principais na composição da argila.

Segundo (MURRAY, 2006, p. 143-144) “o principal motivo da cor avermelhada da argila é a oxidação do ferro. Argilas que apresentam Fe_2O_3 maior que 5% são apropriadas para dá coloração ao produto queimado”. Na Tabela 1 a argila branca contém uma composição de Fe_2O_3 de 3,567%; na Tabela 2 a argila vermelha contém 6,826% de Fe_2O_3 . Por conta disso a argila vermelha apresenta uma coloração mais escura, devido à maior composição de Fe_2O_3 .

As concentrações de óxido de potássio (K_2O) mostram-se semelhantes para as duas argilas analisadas. A argila branca apresenta 4,408% de K_2O e a argila vermelha apresenta 3,548% de K_2O . Alguns estudos contemplam a composição da argila e os tipos

438

X e fluorescência de raios X, foi possível a determinação da composição mineralógica das 3 argilas estudadas. Os minerais predominantes foram o quartzo (SiO_2), argilomineral predominante, a alumina (Al_2O_3) e a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Outra fase de menor importância, que também estava presente, foi a illita $\text{Al}_2[(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$.

Apesar da argila cinza não apresentar o resultado de FRX, ainda sim, foi possível obter por meio do DRX, os argilominerais característicos, onde o quartzo (SiO_2) é o argilomineral predominante; a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e illita $\text{Al}_2[(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ também compõem a argila cinza.

No que se refere às análises realizadas e dados obtidos, percebe-se a importância dos diferentes tipos de métodos de análises de materiais e sua gama de aplicações, desde a análise de propriedades físicas de materiais cerâmicos, diretamente relacionada com a determinação se um dado solo argiloso pode ser usado na fabricação de telhas e tijolos, a utilização de uma técnica como a metalografia a fim de se examinar uma peça metálica específica, identificar suas microestruturas, seus usos e possíveis motivos de falha, até o uso de diferentes tipos de análises combinadas a fim de se obter uma análise completa de uma amostra. Pode-se concluir que Caxias-Ma é uma cidade rica em argila, e as composições e concentrações dos compostos e argilominerais presentes nas três argilas são de fundamental importância e destaque na produção e

440

existentes. Segundo (MACHADO *et al.*, 2018, p.208) “as argilas contêm Silício (Si), Alumínio (Al), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Potássio (K) e Titânio (Ti)”. Os gráficos 1 e 2 apresentam todos esses elementos, menos o Cálcio (Ca). A argila branca apresenta o Si em maior quantidade com concentração de 64,842%; o Al tem concentração de 15,031%; o K com concentração de 9,057%; o Fe 6,941%; o Ti com 1,708%; o Mg com 1,663% e o Zn 247,2 ppm, sendo o único com a unidade em partes por milhões.

A argila vermelha indica também o Si em maior quantidade, com concentração de 60,158%; o Al tem concentração de 16,518%; o Fe 12,654%; o K com concentração de 6,925%; o Ti com 1,421%; o Mg com 1,368% e o Zn 270,2 ppm, sendo o único com a unidade em partes por milhões. Segundo os autores (MEIRA, 2001, p. 7) “cada espécie de argila mineral possui cristais com dimensão, hábito e formas próprias, características que são dependentes dos processos de formação”. Logo, são diferentes os tipos de metais que compõem as argilas e que contribuem para funções específicas ao uso que se destina.

CONCLUSÕES

As atividades da pesquisa, cujo o foco foi coletar, remover a matéria orgânica e caracterizar as argilas de ocorrência no estado do Maranhão, mais especificamente no Município de Caxias, foram todas desenvolvidas. Pela aplicação das técnicas de difração de raios

439

fornecimento de materiais derivados deste minério para a produção dos derivados de argila e, também, para a construção. Não podemos deixar de destacar a possibilidade de aplicação desta matéria-prima abundante, natural e de custo relativamente baixo no desenvolvimento de novos materiais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela Bolsa.

Ao Laboratório de Materiais Avançados da Universidade Federal do Piauí pela realização das medidas de DRX.

Ao Laboratório de Análises do Instituto Federal do Piauí (IFPI) pela realização das medidas de FRX.

À Universidade Estadual do Maranhão.

REFERÊNCIAS

- ALBERS, A. P. F. *et al.* Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. **Cerâmica**. n. 48. p.34-37, 2002.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise granulométrica de solos: Método de ensaio** - NBR 7181, Rio de Janeiro, p. 1-13, 1984.
- BNB- BANCO DO NORDESTE. ETENE. **Pesquisa do Setor de Cerâmica Vermelha no Nordeste**. Fortaleza: [s.n.], 2010.

441

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro (2010)** - 1. Economia mineral – estatística – Brasil; 2. Mineração – Estatística. V.35, p. 804. Brasília – BRASIL.

FIEMA, Federação das Indústrias do Estado do Maranhão. **A indústria do Maranhão: um novo ciclo**. 1. ed. Brasília: IEL, 2008.

KLEIN, C. & DUTROW, B. **Manual de Ciências dos Minerais**. 23ª ed, Porto Alegre: Bookman, 2012, 716p.

MACHADO, M. C. P. *et al.* Estudo do comportamento e caracterização de argilas bentoníticas após processo de liofilização. **Cerâmica [online]**. v.64, n.370, p.207- 213, 2018.

MURRAY, H. H. **Developments in Clay Science: Applied Clay Mineralogy**. Amsterdam: Elsevier Science, 2006, v. 2, p. 141-145.

NASCIMENTO, R. A. **Caracterização de argilomineral proveniente da região sudeste do estado de São Paulo por difração de raios x: cristais orientados**. Exame de qualificação do trabalho de conclusão de Curso – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

PALMA, A. J. R. **Adição de chamote de velas de ignição inservíveis na obtenção de cerâmica branca a base de alumina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2010.

QUEIROZ, L. F. T. **Efeito Da Quantidade de Areia Quartzosa no Processamento, Microestrutura e Propriedades da Cerâmica Vermelha Para Telhas**. Dissertação (Mestrado do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro do Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais). Campos dos Goytacazes – RJ, 2009.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

ROCHA, A. C. C. *et al.* Caracterização da extração mineral de argila no município de Caxias-MA. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Fortaleza, Ceará, 2015. Disponível em: <http://ptdocz.com/doc/1342513/caracteriza%C3%A7%C3%A3o-da-extra%C3%A7%C3%A3o-mineral-de> Acesso em: 29 de dez. de 2019.

SILVA, M. S. SANTANA, G. P. CAULINITA: ESTRUTURA CRISTALINA, TÉCNICAS FÍSICAS DE ESTUDO E ADSORÇÃO. **Scientia Amazonia**, v. 2, n.3, p. 54-79, 2013.

SOUSA, S. J. G. **Desenvolvimento de massas cerâmicas processadas por via seca com matérias-primas do norte fluminense visando aplicação em revestimento poroso**. Tese (doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ, 2008.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. 2 ed. San Diego: Elsevier Science, 2003.

TEIXEIRA-NETO, E; TEIXEIRA-NETO, A. A. Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado. **Química Nova**, vol.32, n.3, São Paulo, 2009.