UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA MATÉRIA-PRIMA EXTRAÍDA PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE CEDRO DE SÃO JOÃO, SERGIPE.

Lília Andrade Pinto

Orientadora: Profa. Dra. Aracy Sousa Senra

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão-SE
2015

Lília Andrade Pinto

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA MATÉRIA-PRIMA EXTRAÍDA PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE CEDRO DE SÃO JOÃO, SERGIPE.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Orientadora: Dra. Aracy Sousa Senra

São Cristóvão–SE
2015

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA MATÉRIA-PRIMA EXTRAÍDA PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE CEDRO DE SÃO JOÃO, SERGIPE.

por:

Lília Andrade Pinto
(Geóloga, Universidade Federal de Sergipe – 2011)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

MESTRE EM GEOCIÊNCIAS

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Aracy Sousa Senra [Orientadora – UFS]

Dr. Walter Sydney Dutra Folly [Membro Externo – UFS]

Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade [Membro Interno – UFS]

Data Defesa: 01/07/2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Pinto, Lília Andrade
P659c Caracterização mineralógica da matéria-prima extraída pelas indústrias cerâmicas no município de Cedro de São João, Sergipe / Lília Andrade Pinto ; orientadora Aracy Sousa Senra. – São Cristóvão, 2015.
68 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

1. Argila. 2. Argila – Análise. 3. Cerâmica – Indústria. 4. Sedimentos (Geologia). 5. Cedro de São João (SE). I. Senra, Aracy Sousa, orient. II. Título.

CDU 553.6(813.7)

"... Senhor, tu és o nosso pai; nós somos a argila, e tu és o nosso oleiro; todos nós somos obra de tuas mãos" (Isaías 64, 7).

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais (a eles todos os créditos);

à minha orientadora, professora Aracy;

e aos meus amigos do mestrado.

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus pela vida e pela família que me deu. Depois aos meus pais pela educação, pelo incentivo e por acreditarem que eu poderia chegar até aqui.

Agradeço a minha orientadora, professora Aracy Sousa Senra, por ter aceitado me orientar e por ter me ajudado ao longo desses anos, desde a graduação. Agradeço pela persistência e por ter depositado sua confiança em mim.

Estendo meus agradecimentos ao professor Cristiano Teles de Meneses, do departamento de Física da UFS em Itabaiana; ao professor Euler Araújo dos Santos, do departamento de Engenharia de Materiais da UFS; ao professor Rogério Machado, do departamento de Física da UFS, em São Cristóvão, pela sua generosidade em me receber e me ajudar, quando eu mais precisava. Agradeço a Daniela, sua aluna de doutorado, pela paciência e pelo tempo gasto comigo.

Um agradecimento especial para minha ajudante Vivianne (Vivi), por todas as vezes que me deu a mão e também pela amizade.

Agradeço à minha colega de turma e amiga Tássia, pela preocupação comigo, pela ajuda e pelas tentativas de ajuda, que não deram certo, mas agradeço pelo apoio moral.

E agradeço a todos os professores do Programa de pós-graduação PGAB por todo aprendizado que adquiri nas disciplinas cursadas.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar a mineralogia da matéria-prima utilizadas pelas indústrias cerâmicas do município de Cedro de São João, Sergipe. As áreas trabalhadas são os depósitos aluvionares, constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas; e o Grupo Igreja Nova, cujo interesse está voltado para o Membro Boacica da Formação Batinga, constituído de siltitos laminados, com estratificação cruzada e frequentes gradações para arenitos e folhelhos. A metodologia utilizada iniciou-se com pesquisas bibliográficas a respeito da obtenção de material argiloso no município, junto ao cadastro mineiro do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Foram feitos trabalhos de campo, em que foram coletadas 9 amostras nos depósitos aluvionares e na Formação Batinga. A etapa seguinte foi a de análise em laboratório, em que foi utilizada a técnica de difratometria de raios-x para a identificação de minerais. Os resultados encontraram como fases minerais ilita e caulinita, embora não tão expressivas, em amostras da Formação Batinga e quartzo. Nas amostras dos depósitos aluvionares, os minerais identificados não são argilominerais, porém apresenta clorita e mica (muscovita), além da albita e quartzo. Dados do DNPM mostram que os requerimentos de licenciamento do município estão sobre os depósitos aluvionares, enquanto que os processos de autorização de pesquisa e concessão de lavra referem-se às áreas da Formação Batinga, uma vez que é necessário o conhecimento da área, através da autorização de pesquisa para que passe a fase de concessão de lavra. As conclusões deste trabalho podem subsidiar interesses acadêmicos e comerciais sobre as substâncias extraídas pelas indústrias cerâmicas na região.

Palavras-chave: Argila; mineralogia; indústria cerâmica.

ABSTRACT

This study aimed to identify the mineralogy of the material used by the ceramic industries of Cedro de São João, Sergipe. The geological areas are the alluvial deposits, with gravels, sands, silts and clays; and the Igreja Nova Group, with Member Boacica and Batinga Formation, composed of laminated siltstones, sandstones with cross-bedding and frequent gradations of sandstones and shales. The methodology began with search in obtaining data about the industries, on the mining register in the DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (National Department of Mineral Production). These data show that the municipal licenses are on the alluvial deposits, while the research authorization and mining concession refer to the areas of Batinga Formation, since the mapping studies of the area is required by laws to pass the mining concession phase. Nine samples were selected for studies. In the laboratory analysis was used the technique of diffraction of x-rays for identification of the minerals. The results show illite, kaolinite and quartz in Batinga Formation. In samples of alluvial deposits, the minerals identified are mainly chlorite and mica (muscovite), besides albite and quartz. The findings of this study can subsidize academic and commercial interests on substances extracted by ceramic industries in the region.

Keywords: Clay; mineralogy; ceramics industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Cedro de São João, ao norte do estado, e rodovias de acesso. Fonte dos dados: Atlas Digital de Recursos Hídricos – SRH, 2011. 03

Figura 2: Carta estratigráfica da Bacia de Sergipe (Campos Neto *et al.,* 2007). Destaque para a Formação Batinga, mostrada em quadrícula vermelha. 08

Figura 3: Classificação de argilas para uso cerâmico, baseado na cor após queima a 950ºC, 1250ºC e 1450ºC, em atmosfera oxidante. Fonte: Meira, 2001. 12

Figura 4: Localização dos pontos de coleta de amostras no município de Cedro de São João/SE. 14

Figura 5: Desintegração das amostras a seco 15

Figura 6: Beckers contendo material analisado dos depósitos aluvionares. Em (A) amostra sem ter sido adicionado o peróxido de hidrogênio, e em (B) amostra seca após a adição do peróxido de hidrogênio. 17

Figura 7: Ilustração da estrutura cristalina do NaCl, mostrando arranjo regular dos íons. (Fonte: http://www.ciul.ul.pt). 18

Figura 8: Difração de raios-x e equação de Bragg. Fonte: Kahn, H. 2014 18

Figura 9: Difratômetro de Raios-X. Laboratório de Difração de Raios-X, Departamento de Física, Campus da UFS, em Itabaiana/SE. Fonte: Foto cedida, DFI, UFS, Itabaiana. 20

Figura 10: Requerimentos de processos minerários de argila na região do Baixo São Francisco. Fonte dos dados: DNPM. 22

Figura 11: Unidades geológicas do município de Cedro de São João. Fonte: Atlas Digital de Recursos Hídricos –SRH, 2011. 24

Figura 12: Fases dos processos minerários para a obtenção de argila no município de Cedro de São João. Fonte: SIGMINE – DNPM. 25

Figura 13: Amostra da jazida Batinga, com características de ritmitos, como descrito no membro Boacica. 26

Figura 14: Afloramento da Formação Batinga, mostrando sedimentos finos a muito finos (argila siltosa). 28

Figura 15: Depósitos aluvionares no município de Cedro de São João, de onde é retirado material para a cerâmica Rogi e Amorim e olaria Amorim. 28

Figura 16: Cerâmicas Rogi, Amorim e olaria Amorim, localizadas no município de Propriá, mas que utilizam o material extraído de Cedro de São João. 29

Figura 17: Vista geral da frente de lavra e do método de extração da empresa Pamesa – Povoado Batinga. Consiste em extrair material pertencente ao Grupo Igreja Nova, no município de Cedro de São João. 29

Figura 18: Detalhe da extração de material da empresa Pamesa – Povoado Batinga, Cedro de São João. Extração a céu aberto com desmonte de baixo custo. 30

Figura 19: Difratograma de raios-x do material dos depósitos aluvionares, em Cedro de São João. Ch = clorita; M = muscovita; Q = quartzo. 33

Figura 20: Difratograma de raios-x de argilas sedimentares dos depósitos aluvionares, em Cedro de São João. Ch = clorita; M = muscovita; Q = quartzo; Ab = albita. 34

Figura 21: Difratograma de raios-x de material coletado na cerâmica Rogi, no município de Propriá. Mistura feita da argila dos depósitos aluvionares de Cedro de São João e de material de outras regiões. M = muscovita; K = caulinita; Q = quartzo; Ab = albita. 35

Figura 22: Difratograma de raios-x da amostra AL-06, Formação Batinga. I=ilita; Ch=clorita; Q=quartzo; Ab=albita. 36

Figura 23: Difratograma de raios-x da amostra AL-14. Ch=clorita; M=muscovita; Q=quartzo; Ab=albita. 37

Figura 24: Difratograma de raios-x da amostra AL-18. K=caulinita; Q=quartzo; Ab=albita. 38

Figura 25: Difratograma de raios-x da amostra AL-19, Formação Batinga. M=muscovita; K=caulinita; Q=quartzo; Ab=albita. 39

Figura 26: Difratograma de raios-x da amostra AL-16, Formação Batinga. Indústria Pamesa. I=ilita; Ch=clorita; Q=quartzo; Ab=albita. 40

Figura 27: Difratograma de raios-x da amostra da "mistura Pamesa". I=ilita; K=caulinita; Ab=albita; Q=quartzo. 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos afloramentos visitados no município de Cedro de São João 31

LISTA DE SIGLAS

APL – Arranjo Produtivo Local

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DRX – Difratometria de raios-X

DTA – Análise térmica diferencial

GPS – "*Global Positioning System*". Sistema de posicionamento global.

SIGMINE – Sistema de informação geográfica da mineração

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos

TGA – Análise termogravimétrica

UFS – Universidade Federal de Sergipe

UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

RESUMO ii

ABSTRACT iii

LISTA DE FIGURAS iv

LISTA DE TABELAS vi

LISTA DE SIGLAS vii

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO 01

1.1. ÁREA DE ESTUDO 02

1.2. JUSTIFICATIVA 04

1.3. OBJETIVOS 04

1.3.1. Objetivo Geral 04

1.3.2. Objetivo Específico 04

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 06

2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO 06

2.2. INFLUÊNCIAS DOS MINERAIS NAS MASSAS CERÂMICAS 09

2.3. TÉCNICAS DE ANÁLISES PARA CARACTERIZAÇÃO DE ARGILA 10

CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS 13

3.1. TRABALHOS DE ESCRITÓRIO 13

3.2. TRABALHOS DE CAMPO 13

3.3. ANÁLISES DE LABORATÓRIO 15

3.3.1. Difração de Raios-X 17

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO 21

4.1. CEDRO DE SÃO JOÃO E A PRODUÇÃO DE ARGILA 21

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES ARGILOSOS EM CEDRO DE SÃO JOÃO 27

4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS MINERAIS DE ARGILA UTILIZADOS PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS DO MUNICÍPIO 32

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS 42

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44

ANEXOS 48

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a pesquisa sobre a matéria-prima utilizada nas indústrias cerâmicas do município de Cedro de São João, distribuída entre os depósitos aluvionares e o Grupo Igreja Nova, Formação Batinga (Membro Boacica). A atividade de aproveitamento de matéria-prima para a indústria cerâmica no município tornou-se importante no estado de Sergipe e fora dele, em virtude da grande atividade extrativa na região do Baixo São Francisco.

A Formação Batinga é um importante constituinte da Bacia Sergipe-Alagoas, aflorando desde o povoado Batinga, que deu nome a Formação, até o rio Perucaba, no estado de Alagoas, e tem sua gênese atribuída a depósitos glaciais do Carbonífero. Sua seção-tipo está no trecho de aproximadamente um metro a nordeste da estação de Batinga, ao longo da Estrada de Ferro Leste Brasileiro. A espessura máxima da Formação é de 318m (Santos *et. al.*, 1997).

Os depósitos aluvionares estão localizados nas desembocaduras dos principais afluentes e margens do rio São Francisco e ao longo de alguns outros rios que cortam as formações da Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas.

A pesquisa foi realizada inicialmente com a busca por informações sobre o material extraído no município e dados do Cadastro Mineiro do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM; pela elaboração de mapas temáticos, tais como das unidades geológicas, das áreas oneradas para exploração de sedimentos finos – argila e silte; e visitas a áreas de extração, indústrias cerâmicas locais e áreas ainda não exploradas.

A análise mineralógica do material coletado foi realizada por laboratórios dos departamentos de Física, nos campus de Itabaiana e São Cristóvão da UFS. A partir dos quais puderam ser feitas as interpretações devidas para este trabalho. Essas análises, objetivo deste trabalho, possibilitarão maior conhecimento da argila utilizada nas indústrias, subsidiando o interesse comercial, assim como o acadêmico.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Cedro de São João localiza-se na região nordeste do estado de Sergipe, a uma distância de aproximadamente 94 km da capital Aracaju, cujo acesso é feito pela BR 101. Limita-se ao norte com o município de Telha, a oeste com Malhada dos Bois e Aquidabã, ao sul com São Francisco e a leste com Propriá (Figura.1). A área municipal ocupa 73 km^2, inseridos na folha de Propriá SC-24-Z-B-II (Carta Topográfica de Propriá). A extração de argila em Cedro de São João é uma das principais atividades econômicas, uma vez que a leste deste município está a sequência sedimentar representada pelas rochas siliciclásticas da Formação Batinga e os depósitos aluvionares, constituídos por sedimentos argilo-arenosos.

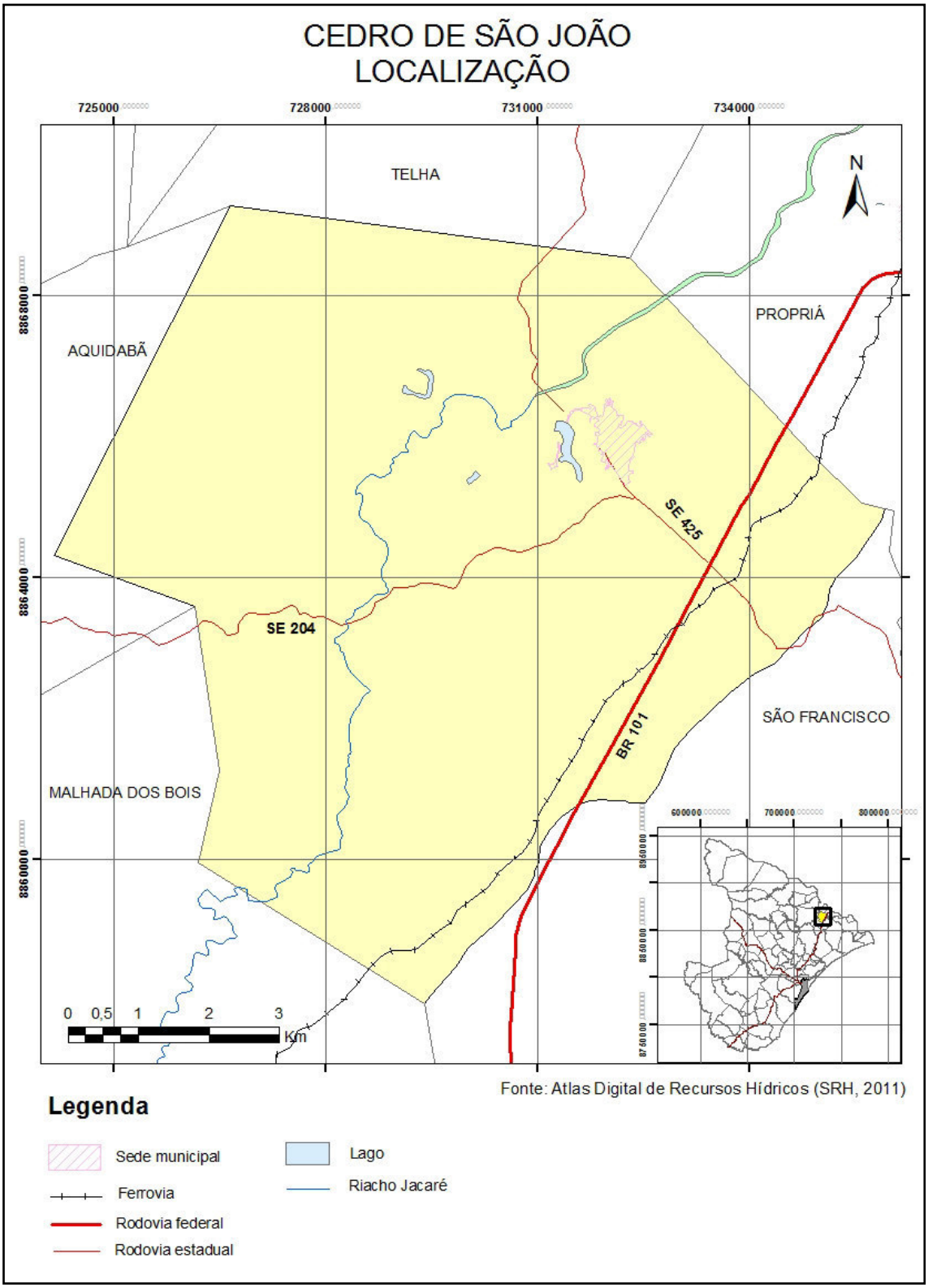

Fig. 1: Localização do município de Cedro de São João, ao norte do estado, e rodovias de acesso. Fonte dos dados: Atlas Digital de Recursos Hídricos – SRH, 2011.

1.2. JUSTIFICATIVA

Em virtude do município de Cedro de São João constituir área de interesse na obtenção de matéria-prima para a indústria cerâmica, de acordo com dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, os dados apresentados neste trabalho poderão fornecer parâmetros norteadores para os empreendedores de mineração atuantes na exploração mineral da argila. A identificação dos minerais permite determinar os comportamentos físico ou químico dos materiais, fator importante para a qualidade dos produtos finais cerâmicos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Conhecer a matéria-prima extraída dos depósitos aluvionares e da Formação Batinga, no município de Cedro de São João para as indústrias cerâmicas da região, subsidiando estudos futuros.

1.3.2. Objetivo Específico

- Identificar a mineralogia da matéria-prima extraída no município de Cedro de São João para as indústrias cerâmicas da região;
- Analisar a situação do setor mineiro do DNPM para extração de matéria-prima para as indústrias cerâmicas;
- Caracterizar os depósitos sedimentares, fonte de matéria-prima para as indústrias cerâmicas;

- Apresentar Cedro de São João como um município de crescente interesse econômico por parte das indústrias cerâmicas da região do Baixo curso do rio São Francisco, assim como por outros estados.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

O contexto geológico do município de Cedro de São João está representado por sedimentos cenozóicos das Formações Superficiais Continentais (depósitos aluvionares e coluvionares) e do Grupo Barreiras (areias finas e grossas com níveis argilosos a conglomeráticos) que se distribuem a norte e a oeste da área. A sudeste afloram sedimentos mesozóicos da Bacia de Sergipe-Alagoas, relacionados ao Grupo Coruripe (Formação Penedo - arcóseos com intercalações de folhelhos e siltitos e Formação Barra de Itiúba - folhelhos com intercalações delgadas de arenitos muito finos e calcilutitos); Grupo Perucaba (Formação Serraria – arcóseos e arenitos e Formação Bananeiras - folhelhos e argilitos); e Grupo Igreja Nova (Formação Aracaré - intercalações de arenitos, folhelhos e calcários associados a sílex e a Formação Batinga - siltitos laminados, arenitos e folhelhos). Rochas do domínio neo a mesoproterozóico da Faixa de Dobramentos Sergipana, pertencentes ao Grupo Macururé (micaxistos granatíferos e metarritmitos finos com lentes de metavulcanitos), ocupam cerca de 60% da área do município, nas suas porções centro e norte (Bomfim *et. al.,* 2002).

2.1.1. Formação Batinga

Na Formação Batinga são individualizados dois membros: o Membro Mulungu e o Membro Boacica. De acordo com Santos *et. al.,* (1997),

> o Membro Boacica é constituído de siltitos laminados, sendo estes ora semelhantes a varvitos, ora irregulares, com estratificação cruzada e frequentes gradações para arenitos e folhelhos; e o Membro Mulungu é constituído de paraconglomerados com seixos, calhaus e matacões,

de tamanho e grau de arredondamento variados, imersos em matriz sílticoarenosa.

A Formação Batinga de idade neocarbonífera está depositada em não-conformidade sobre o embasamento cristalino ou discordantemente sobre o Grupo Estância. (Santos *et. al*., 1997) (Figura 2).

2.1.2. Depósitos aluvionares

Designação que engloba os depósitos de origem fluvial ou lacustre, constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas das planícies de inundação. Os sedimentos argiloarenosos foram depositados na planície de inundação e a presença da matéria orgânica varia localmente (Santos *et al.,* 1997).

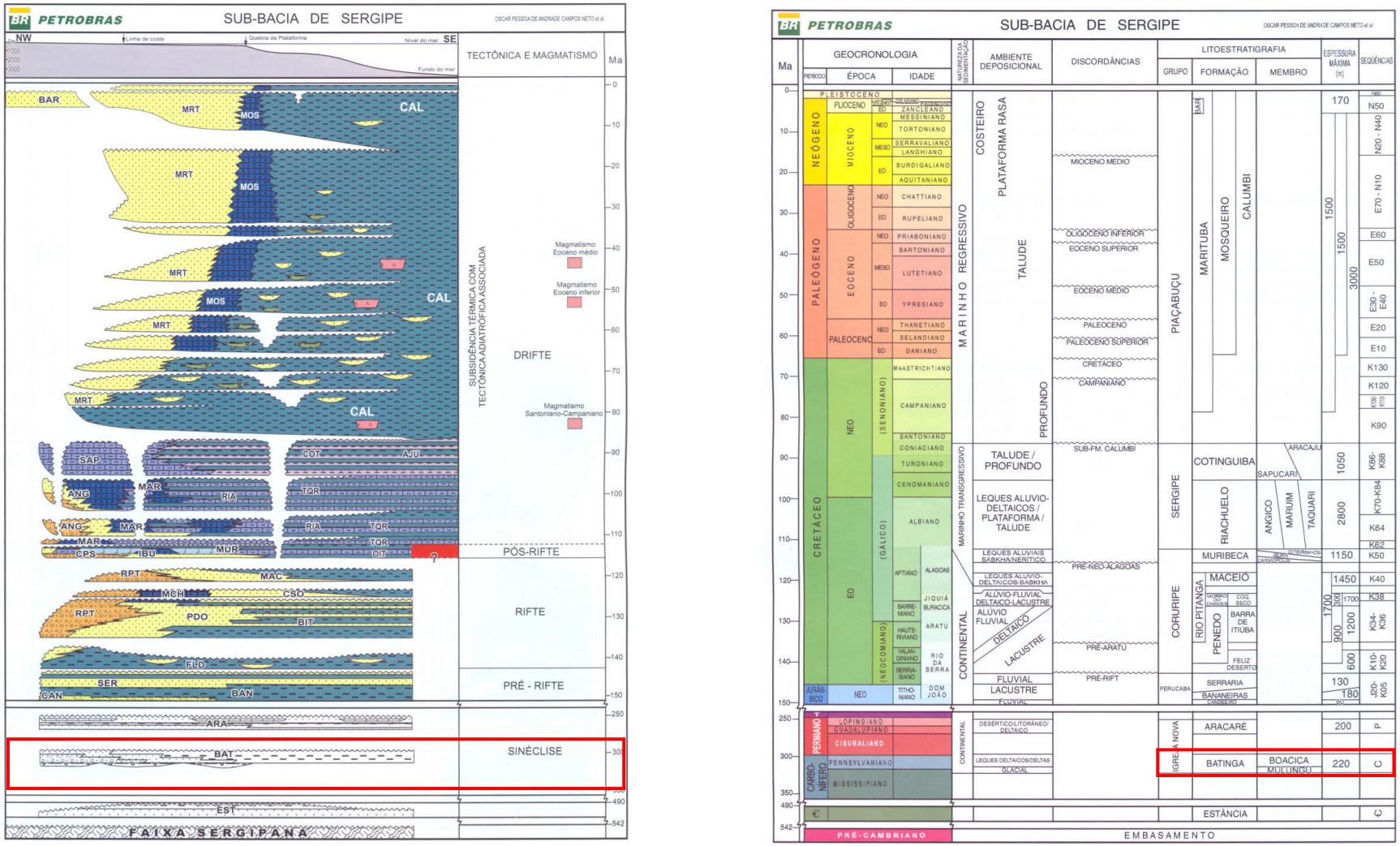

Fig. 2: Carta estratigráfica da Sub-bacia de Sergipe (Campos Neto *et al.,* 2007). Destaque para a Formação Batinga, mostrada em quadrícula vermelha.

2.2. INFLUÊNCIAS DOS MINERAIS NAS MASSAS CERÂMICAS

As massas cerâmicas são denominadas de acordo com características particulares, tais como cor e textura, plasticidade, perda ao fogo, entre outras. A indústria cerâmica possui uma massa para cada produto, sendo necessária a mistura de dois ou mais materiais para a composição da massa.

Dentre os principais argilominerais que podem ser encontrados nas massas cerâmicas estão a caulinita, montmorilonita ou esmectita e ilita, podendo conter outros minerais que não são argilominerais (quartzo, clorita, mica, pirita, hematita, etc), matéria orgânica e outras impurezas.

A caulinita [$Al_2Si_2O_5(OH)_4$] é a matéria prima-básica da indústria cerâmica, para a fabricação da porcelana, louça sanitária, entre outras. Após o cozimento tem a cor clara. Apresenta alta refratariedade, e normalmente apresenta baixa plasticidade (Machado, 2013).

A ilita [$(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,H_2O]]$ apresenta um comportamento mais fundente que a caulinita, com formação de uma fase líquida mais abundante e de forma mais rápida (Sousa, 2008). A importância do uso de materiais fundentes na formulação de massas cerâmicas está relacionada a capacidade de diminuir a temperatura de formação da fase liquida durante a sinterização. A fase liquida tende a preencher os vazios do corpo cerâmico, aumentando a densidade e diminuindo assim a porosidade do material (Durazzo *et al.,* 2002)

A clorita ($(Mg,Al,Fe)_{12}[(Si,Al)_8O_{20}$) é um mineral do grupo das micas. Mineral de alteração, máfico, que proporciona maior valor de perda ao fogo, ou seja diminui a refratariedade das peças cerâmicas (Gaspar Jr. *et al*., 2007).

O quartzo (SiO_2) quando submetido a temperatura de 573 ºC, passa por uma inversão polimórfica de α-quartzo para β-quartzo. Esta inversão é acompanhada por uma expansão de volume de 2%, que pode gerar a introdução de defeitos, como a formação de trincas. Porém é adicionado as formulações de massas cerâmicas, com

a finalidade de corrigir a plasticidade e aumentar o coeficiente de dilatação térmica. Além disso, fornece o vidrado endurecedor às peças (Grun, 2007).

A albita (Na[AlSi3.O8]) é aplicada às massas cerâmicas por ser considerada muito fundente (Minerais industriais, 2015).

Os materiais orgânicos são ruins para a cerâmica, pois apesar de aumentar a plasticidade, torna a cerâmica porosa, pois ao aumentar a temperatura, sua queima libera gases, criando espaços vazios no interior das peças. Além disso, confere cor escura à argila antes do cozimento (Leggerine, 2014).

2.3. TÉCNICAS DE ANÁLISES PARA CARACTERIZAÇÃO DE ARGILA

Análises mineralógicas por meio da técnica de difração de raios-x são amplamente utilizadas em trabalhos de caracterização de argilas. De acordo com Grun (2007),

> a constituição do produto cerâmico e as suas características dependem da natureza e da quantidade dos minerais ou compostos químicos presentes e de outros parâmetros próprios da matéria-prima como a granulometria, o comportamento térmico e o comportamento em presença de água.

Souza *et al.*, (2005) utilizaram a técnica de difração de raios-x para identificar a mineralogia de argilas sedimentares da margem direita do rio Paraíba do Sul, no município de Campos de Goytacazes, Rio de Janeiro. Nesse estudo a caulinita aparece como fase mineral principal. Sabe-se, porém, que a grande quantidade de quartzo nas argilas dificulta a identificação de outras fases cristalinas.

Vieira *et al.,* (2008a), também utilizaram a técnica de difratometria de raios-x para caracterizar as propriedades de cerâmicas de construção, também no Rio de Janeiro, em que a caulinita predomina, apresentando alta porosidade após a queima.

Albers *et al.*, (2002), utilizaram a técnica de difratometria de raios-x, baseando-se no princípio da sedimentação para minimizar a presença do quartzo das

amostras. Sendo que ao primeiro experimento foi utilizado o glicerol, uma vez que alguns argilominerais admitem em sua estrutura ligações com alcoóis, e estes por sua vez, com a água, aumentando a distância interplanar. O segundo experimento foi baseado no aquecimento da amostra, buscando-se eliminar as moléculas de água adsorvidas nos argilominerais, resultando na redução da distância interplanar.

A análise térmica diferencial (ATD) tem como principal função indicar através de picos endotérmicos ou exotérmicos a comprovação da existência de minerais essenciais às argilas e que influenciam as propriedades dos produtos finais, como a cor, por exemplo (Figura 3). No Brasil, segundo Grun (2007), esse método é utilizado principalmente para a identificação de argilominerais presentes na amostra.

Outra técnica bastante utilizada é a análise termogravimétrica (TG) que determina a perda ou ganho de massa que uma amostra sofre em função da temperatura e /ou tempo. Serve de complemento para a análise térmica diferencial (DTA).

Para Albers *et al.*, (2002), a semelhança do comportamento térmico dos argilominerais também descarta a utilização isolada das técnicas termodiferenciais, que também são mais dispendiosas e demoradas.

O método mais simples de caracterização e utilizado neste trabalho é a difratometria de raios-x. É uma técnica rápida e requer pouca quantidade de amostra.

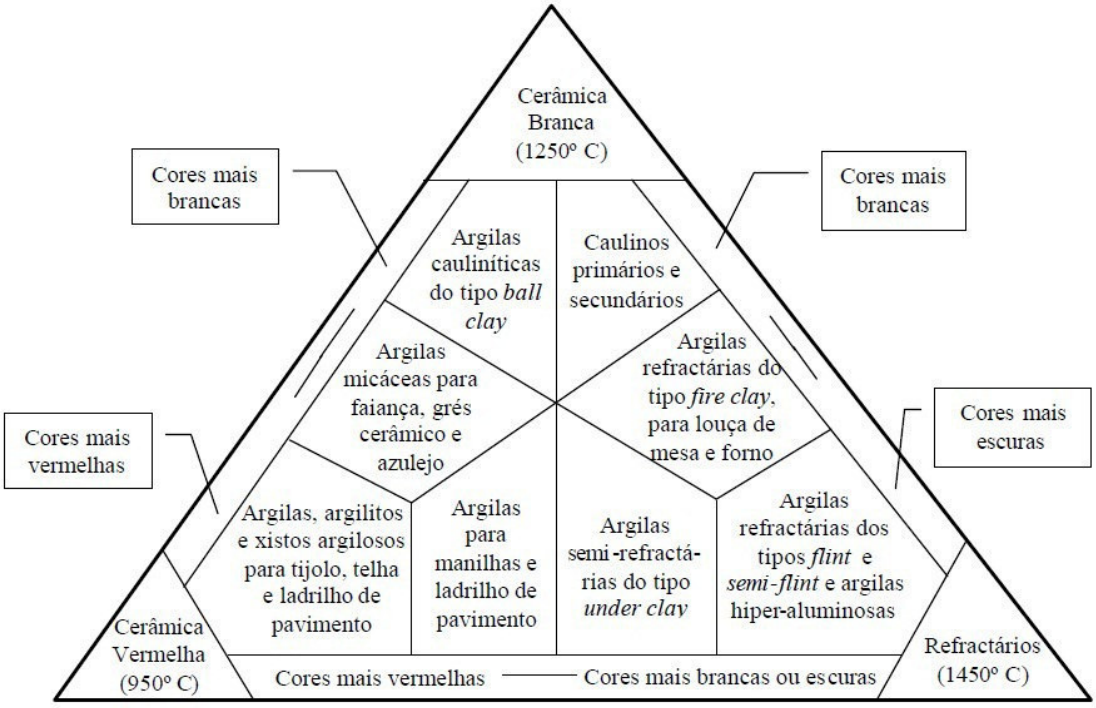

Fig. 3: Classificação de argilas para uso cerâmico, baseado na cor após queima a 950ºC, 1250ºC e 1450ºC, em atmosfera oxidante. Fonte: Meira (2001).

CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos de investigação utilizados para este trabalho foram sumarizados da seguinte forma:

3.1. TRABALHOS DE ESCRITÓRIO

Foram feitos levantamentos bibliográficos sobre o acervo de dados do município de Cedro de São João, assim como da Formação Batinga, bem como a elaboração de banco de dados sobre a explotação de argila no município.

Foram feitos também estudos e interpretações dos dados pesquisados no site do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, confecção de gráficos, assim como a compilação de dados do Atlas digital de Recursos hídricos para a elaboração de mapas temáticos, tais como unidades geológicas no município de Cedro de São João, através do *software* ArcGis 9.3, e a compilação de dados do DNPM para mapas, como o das áreas oneradas de argila. Além da elaboração de tabelas, resumos e artigos científicos e a redação da qualificação e dissertação de mestrado.

3.2. TRABALHOS DE CAMPO

Foram realizadas duas etapas de campo nos dias 28 e 31 de janeiro e 01 de fevereiro de 2014, contemplando a área estudada, como observado no mapa de localização dos pontos de coleta de material (Figura 4).

Do total das amostras coletadas, 9 foram selecionadas para a análise de difratometria de raios-x, de acordo com o local de onde estão sendo feitas extrações de matéria-prima para as indústrias: os depósitos aluvionares e o Grupo Igreja Nova (Membro Boacica, da Formação Batinga).

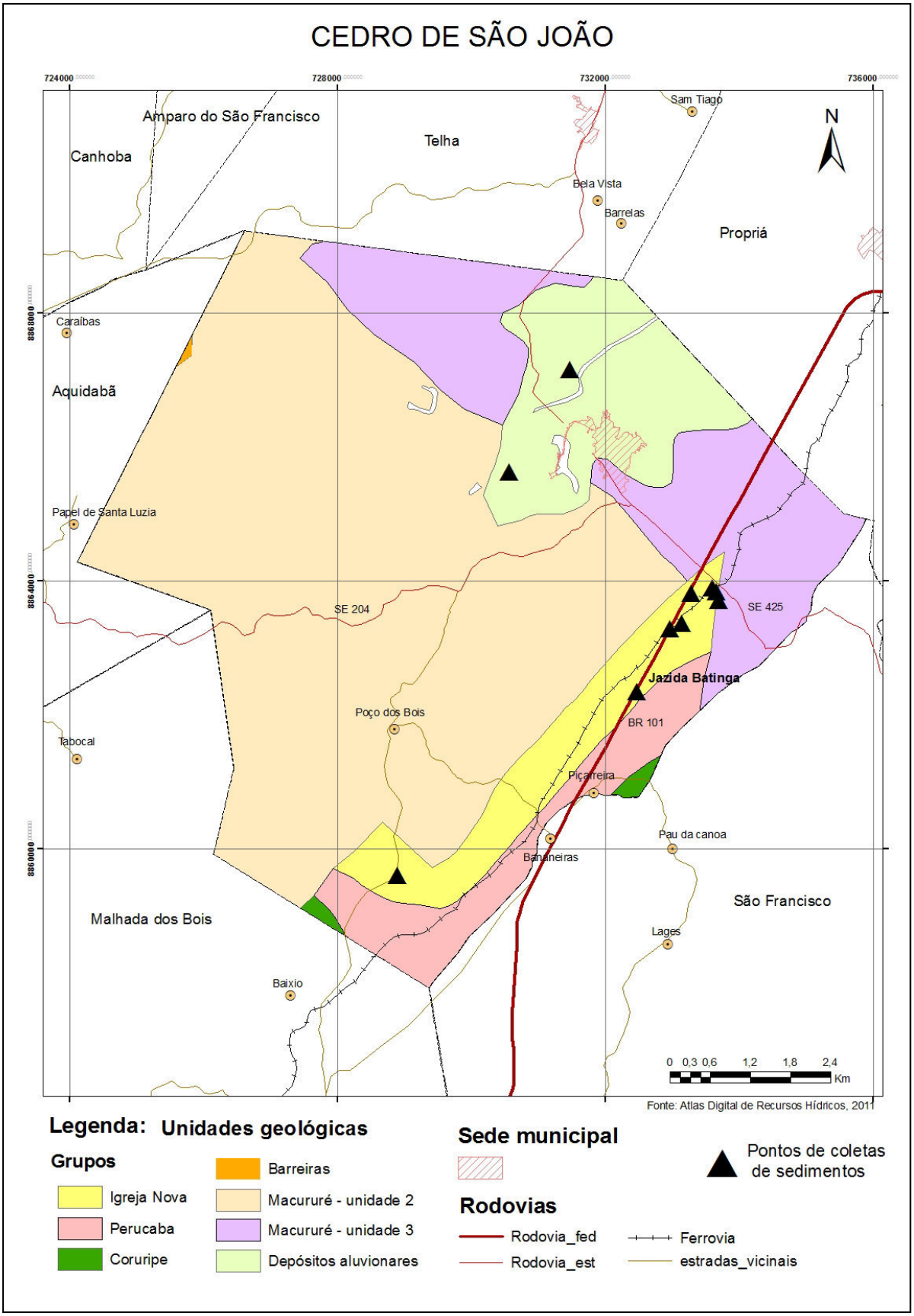

Fig. 4: Localização dos pontos de coleta de amostras no município de Cedro de São João/SE.

3.3. ANÁLISES DE LABORATÓRIO

As características dos produtos cerâmicos dependem de fatores, tais como a natureza e a quantidade dos minerais, granulometria, comportamento térmico, comportamento em presença de água, entre outros. Algumas técnicas são utilizadas para a caracterização de argilas. Neste trabalho foram realizadas análises mineralógicas.

Com vistas à obtenção de parâmetros físicos básicos, as amostras da Formação Batinga coletadas foram inicialmente passadas por um processo de cominuição manual a seco (Figura 5). Em seguida, passaram por um processo de peneiramento, com o intuito de uniformizar a granulometria do material e, partir daí, serem analisadas em relação às características mineralógicas, por meio da técnica de difração de raios-x.

Fig. 5: Desintegração das amostras a seco.

Já as amostras dos depósitos aluvionares foram secadas em estufa a 60°C e, posteriormente foram trituradas e acondicionadas em recipientes plásticos para análise. Cerca de 5 g desse material foi acondicionado em *becker* e pesado. Em seguida adicionou-se cerca de 15 ml de H_2O_2 (água oxigenada), agitando o material e deixando-o em repouso, até cessar a reação. Depois de cessada a reação, o *becker* foi levado para secar em placa aquecedora, com os *beckers* em banho-maria, até a completa secagem do material. E em seguida, foi pesado novamente. Para a obtenção do teor de CO_2 perdido foi feita uma comparação entre os valores pesados antes e após a utilização do óxido, obtendo-se um valor de 1,3% de perda de material. A figura 6 mostra os materiais antes e depois desse procedimento. Em (A), material escuro, devido a presença de matéria-orgânica e em (B), material claro.

A indústria cerâmica utiliza material com teor de matéria orgânica, embora seja adicionado outro material para diminuir a plasticidade, uma vez que de acordo com Ribeiro *et al.*, (2004), a matéria orgânica pode afetar a plasticidade das massas cerâmicas. Segundo Sousa (2008), o teor de matéria-orgânica recomendado nas massas cerâmicas depende do tipo de peça e do tempo de queima, uma vez que pode ocorrer um tipo de defeito denominado de "coração negro", que são fases vítreas de coloração que varia de verde escuro a negra.

Fig. 6: Beckers contendo material analisado dos depósitos aluvionares. Em (A) amostra sem ter sido adicionado o peróxido de hidrogênio, e em (B) amostra seca após a adição do peróxido de hidrogênio.

3.3.1. Difração de Raios-X

> Ao se caracterizar argilominerais ou substâncias de granulometria fina, a utilização da técnica de difração de raios-X torna-se a mais indicada, pois uma análise química reportaria os elementos químicos presentes no material, mas não a forma como eles estão ligados (Albers *et al.*, 2002).

A difratometria de Raios-X (DRX) atualmente corresponde a uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos. Isto é possível porque a DRX utiliza o caráter ondulatório dos raios-X e a regularidade do espaçamento entre planos de um cristal para a identificação da fase cristalina. Cada átomo de um cristal difrata em todas as direções o feixe incidente. A posição do feixe difratado depende do tamanho e da forma da unidade repetitiva de um cristal e do comprimento de onda do feixe incidente de raios-X. A intensidade depende dos átomos presentes no cristal e sua localização na unidade fundamental repetitiva (Senna, 2003) (Figura 7).

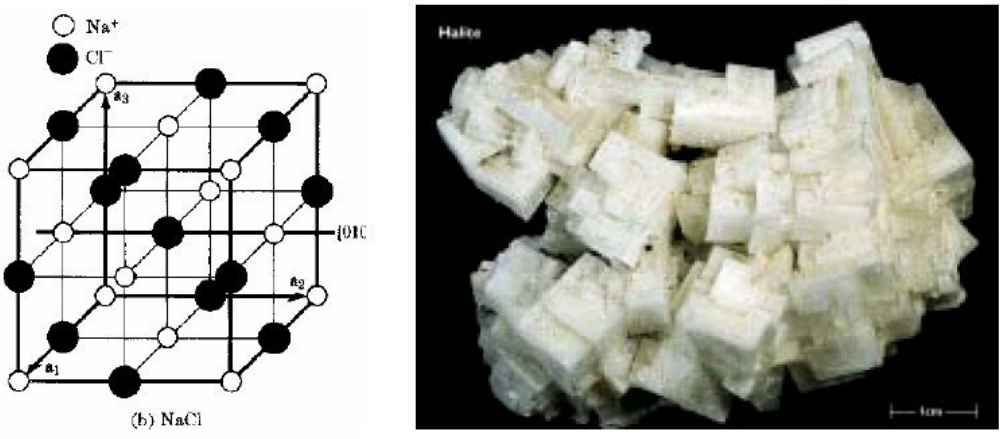

Fig. 7: Ilustração da estrutura cristalina do NaCl, mostrando arranjo regular dos íons. (Fonte: http://www.ciul.ul.pt).

A difração ocorre segundo a lei de Bragg, $n\lambda=2d\text{sen}\theta$, na qual: n = número inteiro positivo (geralmente igual a 1); λ = comprimento de onda do raio-X; d = distância entre camadas adjacentes de átomos; θ = ângulo entre raio incidente e os planos refletidos (Figura 8).

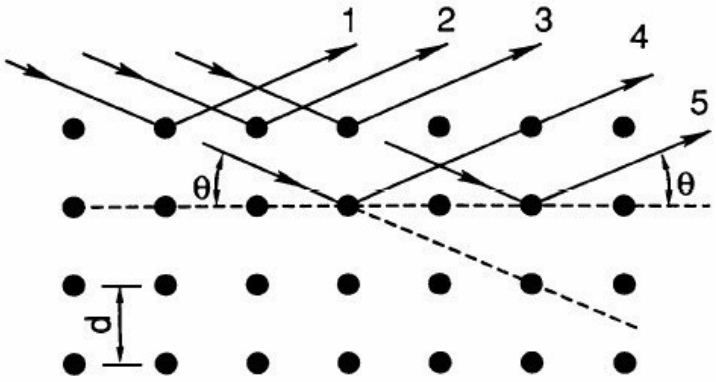

Fig. 8: Difração de raios-x e equação de Bragg. Fonte: Kahn, 2014.

Para estudos analíticos, a amostra cristalina deve ser moída, formando um pó fino e homogêneo. Desta forma, o grande número de cristais estará orientado em todas as direções possíveis. Quando o feixe de raios-X atravessar o material, um número significativo de partículas deve estar orientado de forma a cumprir a

condição de Bragg para a reflexão para todos os espaçamentos interplanares possíveis (Senna, 2003).

O ângulo de difração "2θ" é função do espaçamento dos planos, que possui distância "d" calculada usando o comprimento de onda da fonte e da medida do ângulo.

Cerca de 9 amostras foram analisadas no Laboratório de Difração de Raios-X, pertencente ao Departamento de Física, no Campus da UFS, em Itabaiana. O equipamento é da marca Panalytical, com radiação Kα do Cu (1,54 angstrons) (Figura 9). Os dados foram coletados no modo contínuo com passo de 0,013° e intervalo angular "2θ" de 10 a 60. Entretanto, para a identificação das fases cristalinas foi necessária a conversão dos dados brutos em arquivos raw para difratômetro de raios-x de marca Bruker, através do *software* PowDLL Converter, para que fosse utilizado o *software* Diffrac Suite Eva para a identificação das fases dos minerais. Essa fase do trabalho foi realizada no laboratório de difratometria de raios-x, do departamento de Física da UFS, no Campus de São Cristóvão.

Fig. 9: Difratômetro de Raios-X. Laboratório de Difração de Raios-X, Departamento de Física, Campus da UFS, em Itabaiana/SE. Fonte: Foto cedida, DFI, UFS, Itabaiana.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CEDRO DE SÃO JOÃO E A PRODUÇÃO DE ARGILA

As modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais no Brasil são 4, a saber: Regime de Autorização de pesquisa e Concessão de lavra, Regime de Licenciamento, Regime de Permissão de Lavra Garimpeira e Regime de Extração. O Regime de Autorização de pesquisa e concessão de lavra pode ser utilizado para todas as substâncias minerais, com exceção daquelas protegidas por monopólio (petróleo, gás natural e substâncias minerais radioativas), sendo a concessão de lavra feita após a pesquisa. O Regime de Licenciamento é destinado a substâncias de emprego imediato na construção civil, como a argila vermelha, e exige uma tramitação bem mais rápida para obter o título, já que a realização de trabalhos de pesquisa não é obrigatória. O Regime de Permissão de Lavra Garimpeira é aplicado a substâncias minerais garimpáveis. O Regime de Extração é restrito a substâncias de emprego imediato na construção civil, por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente (DNPM, 2014b).

De acordo com o APL(2008), no estado de Sergipe, três territórios apresentam aglomerações de empresas de base mineral, constituindo o Arranjo Produtivo Local de Cerâmica Vermelha: Agreste (nos municípios de Itabaiana, Campo do Brito e Areia Branca), Sul (nos municípios de Itabaianinha, Estância, Tomar do Geru e Umbaúba), e Baixo São Francisco (nos municípios de Santana do São Francisco, Propriá e Telha). Essas aglomerações se devem a um aspecto notável que é o fator geológico, ou seja, existência de jazidas nas proximidades das empresas, como é o caso do município de Cedro de São João, onde existem jazidas e áreas ainda não exploradas economicamente.

Atualmente, no município de Cedro de São João há 17 processos minerários ativos (Anexo I), entre os quais se destaca o requerimento para o regime de

autorização de pesquisa e concessão de lavra. A partir deste processo, se o DNPM aprovar o relatório, a existência da jazida e a adequação da lavra à condução técnico-econômica dos trabalhos de extração e beneficiamento, a pessoa jurídica, titular do alvará, poderá requerer concessão de lavra (DNPM, 2014b). Dentre os municípios da região do Baixo São Francisco (Figura 10), 9 apresentam requerimentos de pesquisa ou o regime de licenciamento, sendo Cedro de São João, o que se destaca, pela maior quantidade de requerimentos, representando 31,5% do total.

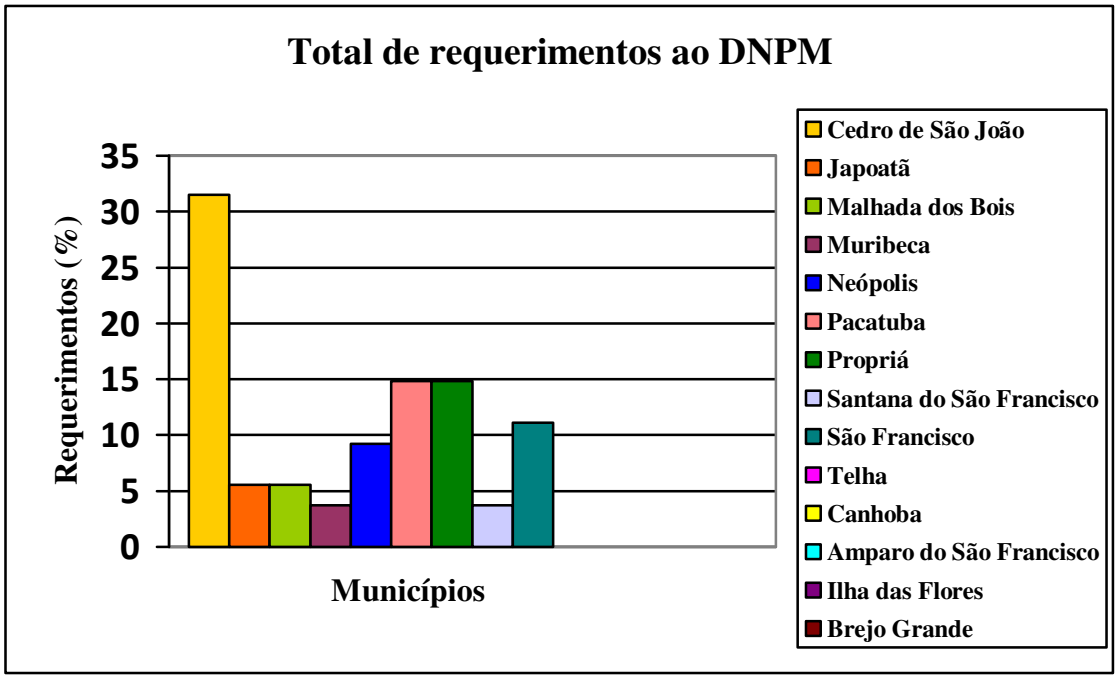

Fig. 10: Requerimentos de processos minerários de argila na região do Baixo São Francisco. Fonte dos dados: DNPM.

Comparando-se as figuras 11 (contexto geológico da área de estudo) e 12 (fases dos processos minerários ativos), pode-se observar que as áreas que estão sob autorização de pesquisa em sua maioria estão a leste, onde estão também os depósitos aluvionares e o Grupo Igreja Nova. As áreas de concessão de lavra situam-se no Grupo Igreja Nova, mais precisamente, próximo a estrada de ferro, povoado Batinga, as quais são alvo de crescente interesse por parte de empresas de outros estados, como a Pamesa, cuja fase atual é a de concessão de lavra, concedida em

2004, após a fase de autorização de pesquisa. Já as áreas sob licenciamento, estão localizadas nos depósitos aluvionares, de onde é extraído material para as indústrias cerâmicas da região, como a Cerâmica Santa Luzia, fase atual de licenciamento, concedida em 2011 (DNPM, 2014a).

Segundo Farias (2013), "a exploração de argila para uso comercial nas regiões de Cedro de São João, em Sergipe, e Igreja Nova, em Alagoas, favoreceu o surgimento de novos afloramentos do Membro Boacica, da Formação Batinga". A essa Formação é associado o período Carbonífero. É dividida em dois Membros: o Mulungu e o Boacica.

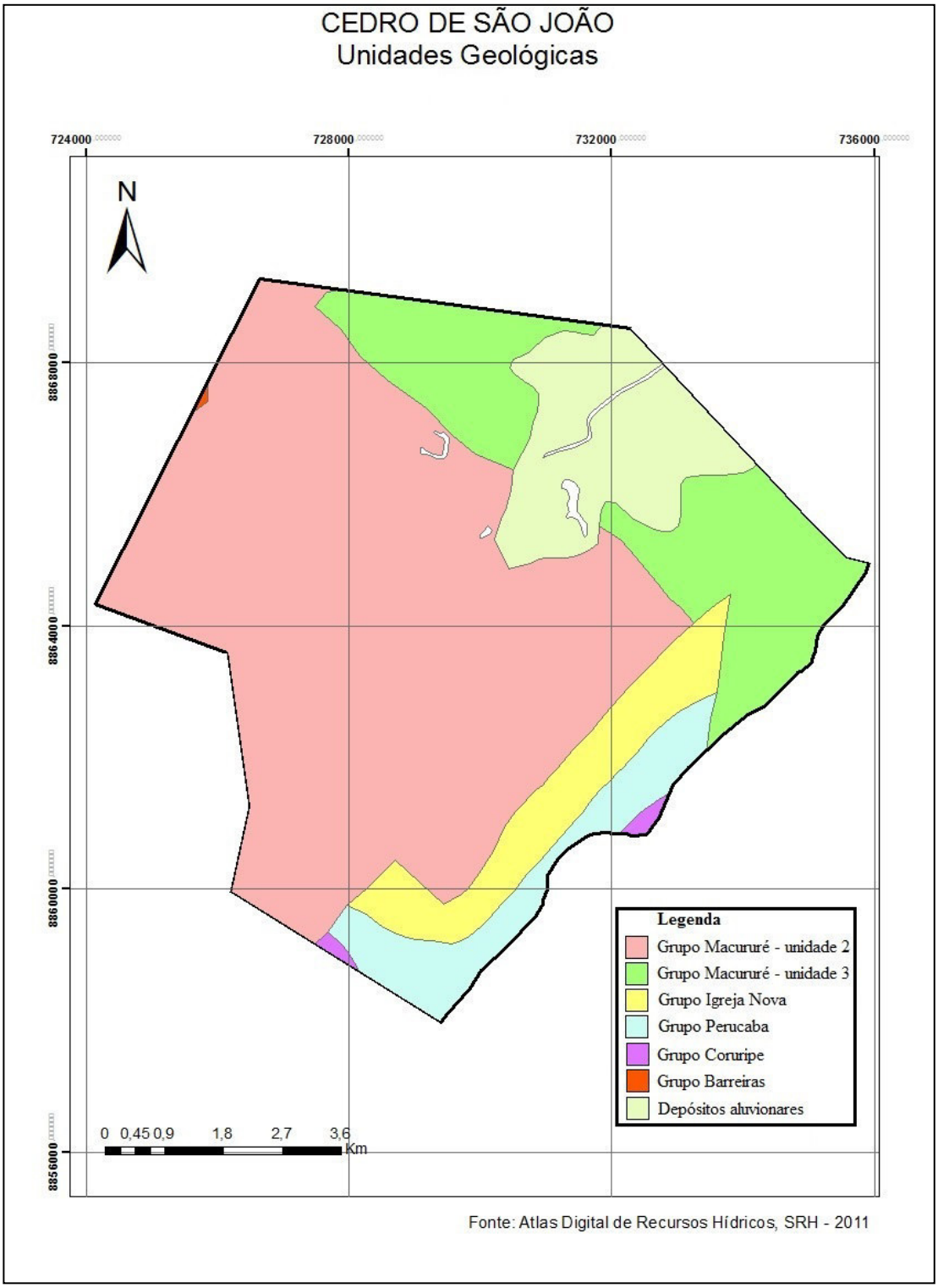

Fig. 11: Unidades geológicas do município de Cedro de São João. Fonte: Atlas Digital de Recursos Hídricos –SRH, 2011.

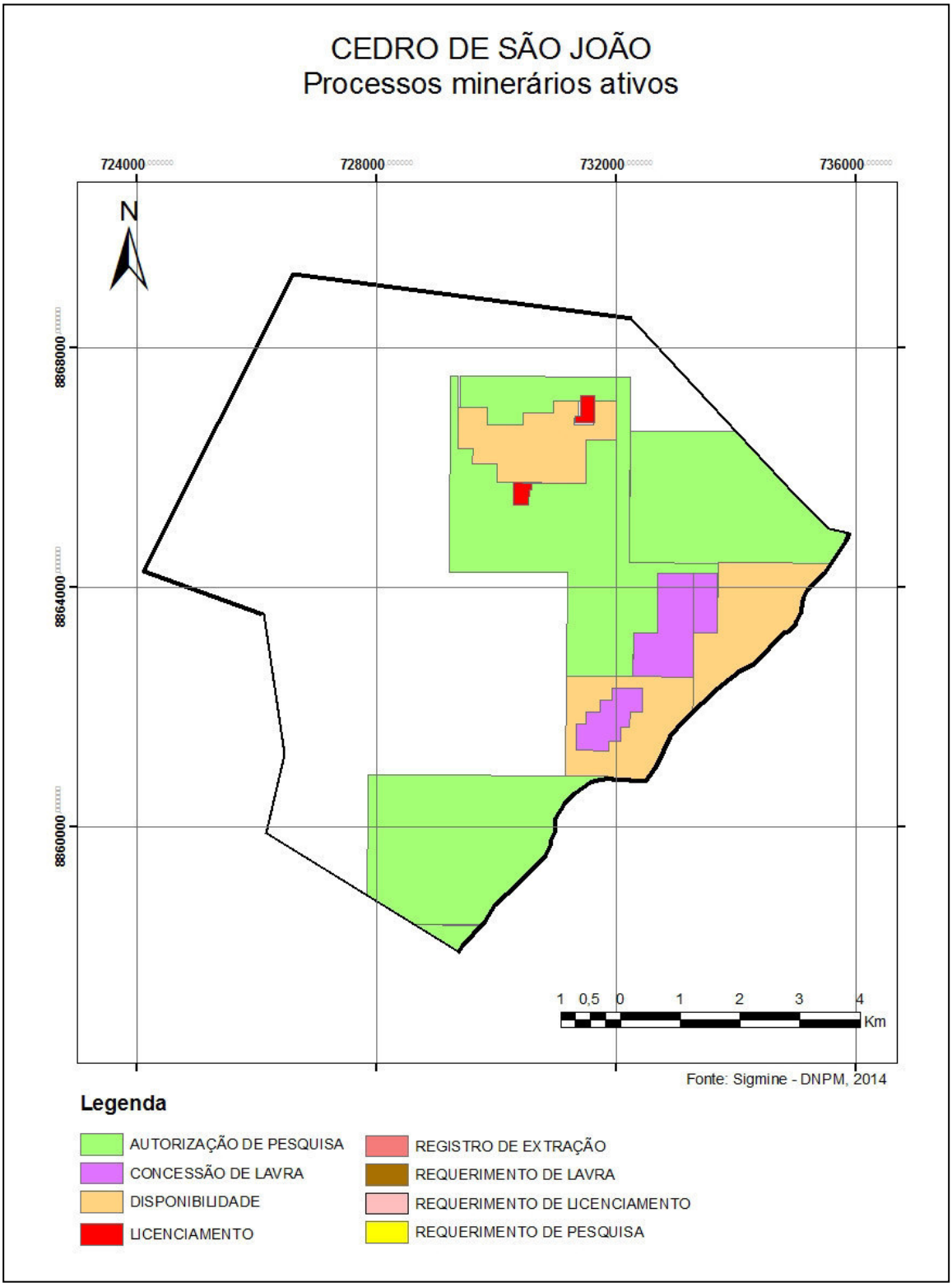

Fig. 12: Fases dos processos minerários para a obtenção de argila no município de Cedro de São João. Fonte: DNPM, 2014.

> Os melhores afloramentos desta unidade são encontrados em torno do Domo de Igreja Nova, em Alagoas, e ao longo da estrada de ferro próximo à Estação Ferroviária de Batinga, em Sergipe (Souza-Lima *et al.*, 2002, segundo Farias, 2013).

A única jazida encontrada no município, de grande importância econômica para o estado e que exporta para o estado de Pernambuco, é a Batinga, indústria Pamesa, pertencente ao Membro Boacica. De acordo com Prado (2011), nos sedimentos da indústria Pamesa há maior teor de silte (Figura 13).

O estudo do material extraído no município, tanto da formação Batinga como dos depósitos aluvionares, devem passar pela caracterização da matéria-prima. Para Gaspar Jr. *et al.,* (1999), durante a caracterização da matéria-prima, a identificação dos minerais presentes nas argilas, assim como a sua caracterização física, química e térmica, são pontos críticos na determinação e entendimento do comportamento físico ou físico-químico dos materiais, fatores fundamentais para o controle de qualidade e informação de possível exploração racional.

Fig. 13: Amostra da jazida Batinga, com características de ritmitos, como descrito no membro Boacica

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES ARGILOSOS EM CEDRO DE SÃO JOÃO

A descrição dos afloramentos visitados está representada na tabela 1. Dentre os afloramentos, estão os inseridos no Grupo Igreja Nova, com destaque para a jazida Batinga, pertencente a indústria Pamesa, no povoado Batinga. Ao longo da estrada de ferro, também no mesmo povoado, foram coletadas amostras de granulometria mais fina do que as dos sedimentos da jazida Batinga, como no afloramento AL-19 (Figura 14). Além desses, foram visitadas duas áreas de extração de argila nos depósitos aluvionares, que fornecem material para as indústrias Rogi e Amorim.

A figura 15 mostra a área de onde é extraído material escuro, localizado nos depósitos aluvionares. Esse material é utilizado para o fabrico de tijolos nas indústrias da região. As cerâmicas Rogi e Amorim e a olaria Amorim, no município de Propriá, são três empresas pertencentes ao mesmo dono, onde é utilizado o material escuro argiloso dos depósitos aluvionares, misturado a materiais de outras regiões, para se obter o tipo de massa cerâmica desejada. São produzidos 75 mil blocos por dia (Figura 16).

A área da indústria Pamesa, em Cedro de São João, já está há 15 anos no mercado e o material extraído dela é utilizado para a fabricação de piso. Segundo informações do responsável pela jazida, são extraídas 4 mil toneladas desse material por mês, o qual é exportado para o estado de Pernambuco (Figuras. 17 e 18).

Fig. 14: Afloramento da Formação Batinga, mostrando sedimentos finos a muito finos (argila siltosa).

Fig. 15: Depósitos aluvionares no município de Cedro de São João, de onde é retirado material para a cerâmica Rogi e Amorim e olaria Amorim.

Fig. 16: Cerâmica Rogi, localizada no município de Propriá, mas que utiliza o material extraído no município de Cedro de São João.

Fig. 17: Vista geral da frente de lavra e do método de extração da jazida Batinga. Consiste em extrair material pertencente ao Membro Boacica, no município de Cedro de São João.

Fig. 18: Detalhe da extração de material da jazida Batinga, Cedro de São João. Extração a céu aberto com desmonte de baixo custo.

Tabela 1: Descrição dos afloramentos visitados no município de Cedro de São João

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Características	Grupo
3	731466	8867152	Argila de várzea, cor escura.	Depósitos aluvionares
4	730160	8865620	Argila de várzea, cor escura.	Depósitos aluvionares
5	736272	8866740	Cerâmica Rogi/Amorim/Olaria Amorim (Propriá)	_____
6	733608	8863890	Argila siltosa, cor clara.	Grupo Igreja Nova
11	728897	8859592	Arenito com níveis conglomeráticos.	Grupo Igreja Nova
13	733691	8863708	Siltito laminado, com característica de ritmitos.	Grupo Igreja Nova
14	733665	8863840	Silte, cor clara.	Grupo Igreja Nova
15	733284	8863812	Filito. Espessura de aproximadamente 10m.	Grupo Igreja Nova
16	732470	8862344	Argila sitosa, com característica de ritmitos, cor clara/Jazida Batinga.	Grupo Igreja Nova
18	733149	8863362	Silte, granulometria fina e cor clara.	Grupo Igreja Nova
19	732966	8863286	Argila siltosa, granulometria fina a muito fina e cor clara.	Grupo Igreja Nova

4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS MINERAIS DE ARGILA UTILIZADOS PELAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS DO MUNICÍPIO

As argilas sedimentares apresentam composição mineralógica semelhantes nas amostras AL–03 e AL–04, uma vez que pertencem aos depósitos aluvionares (Figuras 19 e 20). As seguintes fases mineralógicas foram encontradas: clorita, muscovita e quartzo, com o acréscimo de albita na amostra AL-04. A presença da sílica livre na forma de quartzo é comum em massas cerâmicas. É muitas vezes utilizado para corrigir a plasticidade da argila. A clorita e a muscovita também tiveram picos bem delimitados. A muscovita ($K_2O.3Al_2O3.6SiO_2.2H_2O$) é um mineral com textura lamelar que pode ocasionar o aparecimento de defeitos nas peças cerâmicas. Desde que apresente tamanho de partícula reduzido, a mica muscovita pode atuar como fundente devido à presença de óxidos alcalinos como K_2O e Na_2O (Vieira *et al.*, 2008b). A clorita tende a diminuir a refratariedade das peças cerâmicas. O teor de matéria orgânica nessas amostras confere ao material cor escura antes do cozimento. Foi encontrado na proporção de 1,3%. Esse teor não interfere na qualidade do produto final, já que é adicionado a massa material para correção da plasticidade.

A amostra AL–05 foi proveniente dos depósitos aluvionares, no município de Cedro de São João, porém foi adquirida na indústria cerâmica Rogi, no município de Propriá (Figura 21). As fases identificadas nessa amostra foram muscovita, caulinita, quartzo e albita. Trata-se de mistura elaborada na indústria com material de outras regiões para corrigir a plasticidade. Os picos de maior intensidade são os de quartzo. Podem ser identificados também, ainda que em menor intensidade, picos de caulinita, que apareceu depois da mistura.

As amostras AL–06, AL–14, AL–16, AL–18 e AL–19 foram coletadas em áreas da Formação Batinga (Membro Boacica), a leste da estrada de ferro, sendo a "mistura Pamesa", a amostra AL–16, misturada com outro material.

Na amostra AL 06 foram identificadas as seguintes fases: clorita, ilita, albita e quartzo (Figura 22). Na amostra AL 14 foram identificadas as fases: clorita, albita, muscovita e quartzo (Figura 23). Na amostra AL 18 foram identificadas as fases:

caulinita, albita e quartzo (Figura 24). Na amostra AL 19 foram identificadas as fases: muscovita, caulinita, albita e quartzo (Figura 25).

A ilita aparece como fase mineral nas amostras AL-06, AL-16 e na mistura Pamesa. É muito utilizada na cerâmica vermelha e apresenta um comportamento mais fundente que a caulinita. A albita presente em algumas amostras também importante fundente. A presença de materiais fundentes, pode diminuir a temperatura de formação da fase liquida durante a sinterização. Isso contribui para que a fase líquida preencha os vazios do corpo cerâmico, aumentando a densidade e diminuindo assim, a porosidade do material.

Na amostra AL 16 foram identificadas como fase: clorita, ilita, albita e quartzo (Figura 26). Na amostra da mistura Pamesa os picos identificados foram ilita, albita, caulinita e quartzo, em que, embora pouco expressiva identificou-se o aparecimento da caulinita. As misturas são feitas com material da própria jazida, de níveis com mineralogia diferenciada (Figura 27).

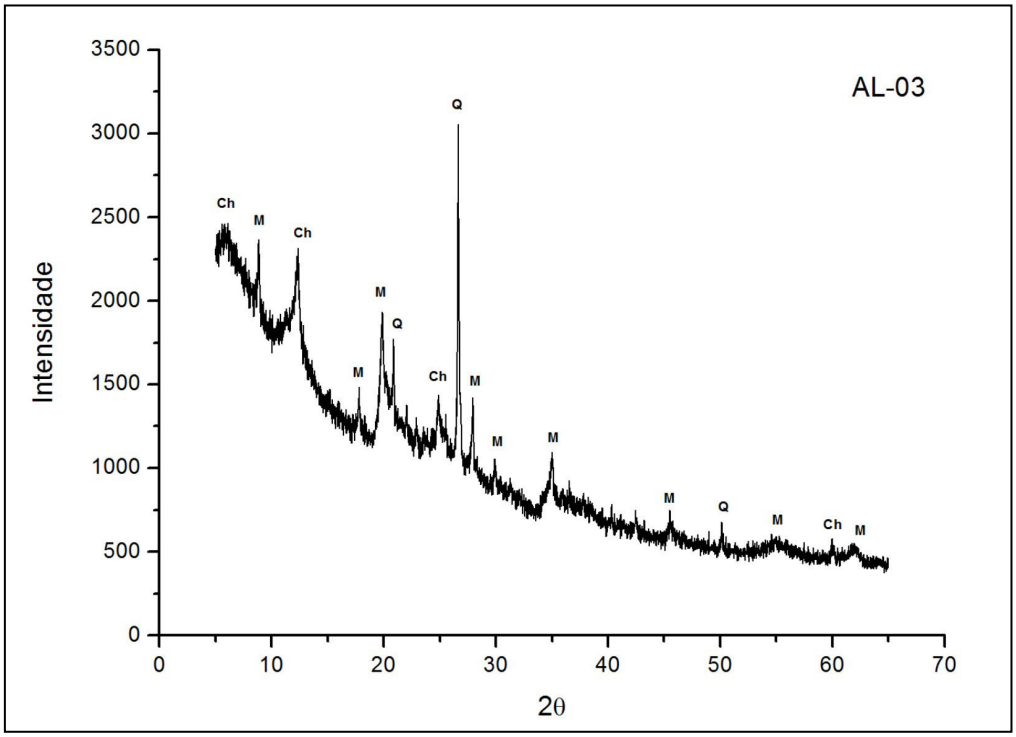

Fig.19: Difratograma de raios-x do material dos depósitos aluvionares, em Cedro de São João. Ch = clorita; M = muscovita; Q = quartzo.

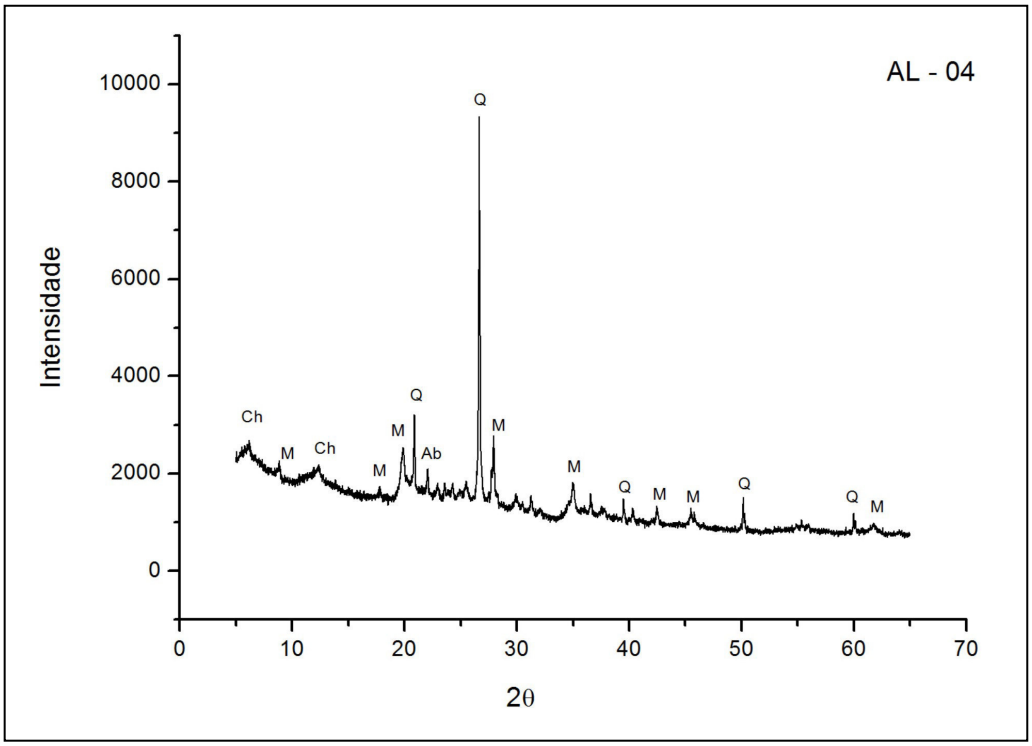

Fig.20: Difratograma de raios-x de argilas sedimentares dos depósitos aluvionares, em Cedro de São João. Ch = clorita; M = muscovita; Q = quartzo; Ab = albita.

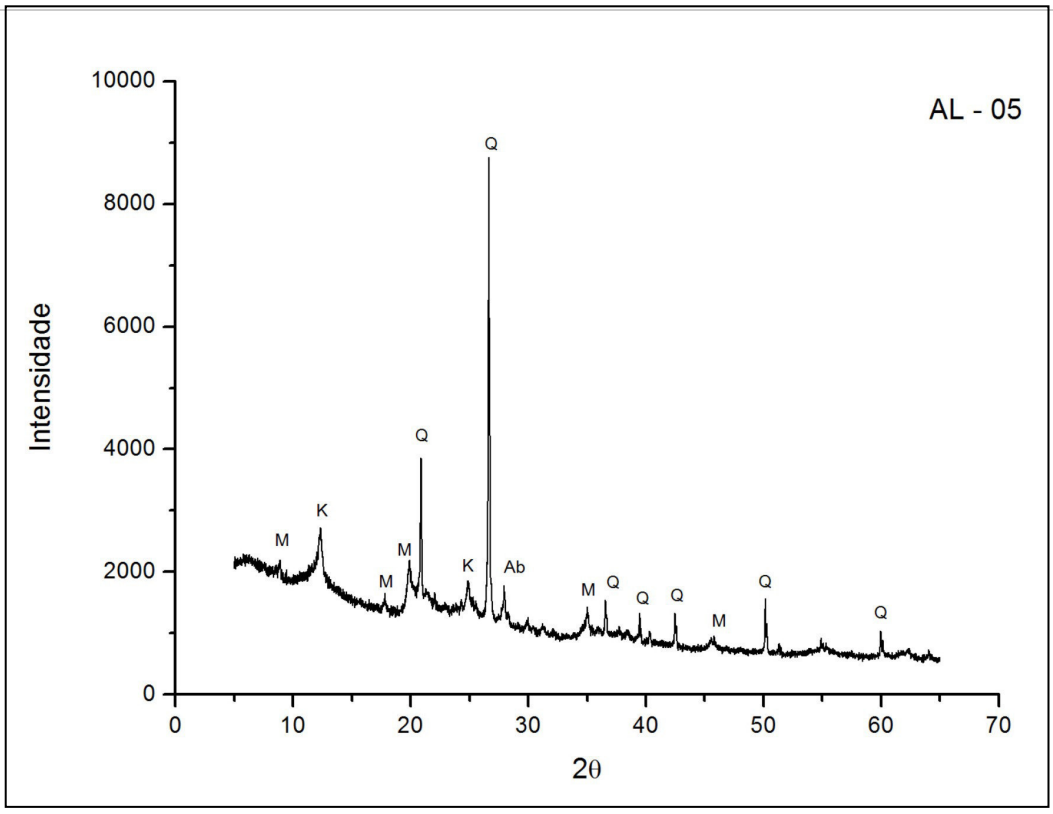

Fig. 21: Difratograma de raios-x de material coletado na cerâmica Rogi, no município de Propriá. Mistura feita da argila dos depósitos aluvionares de Cedro de São João e de material de outras regiões. M = muscovita; K = caulinita; Q = quartzo; Ab = albita.

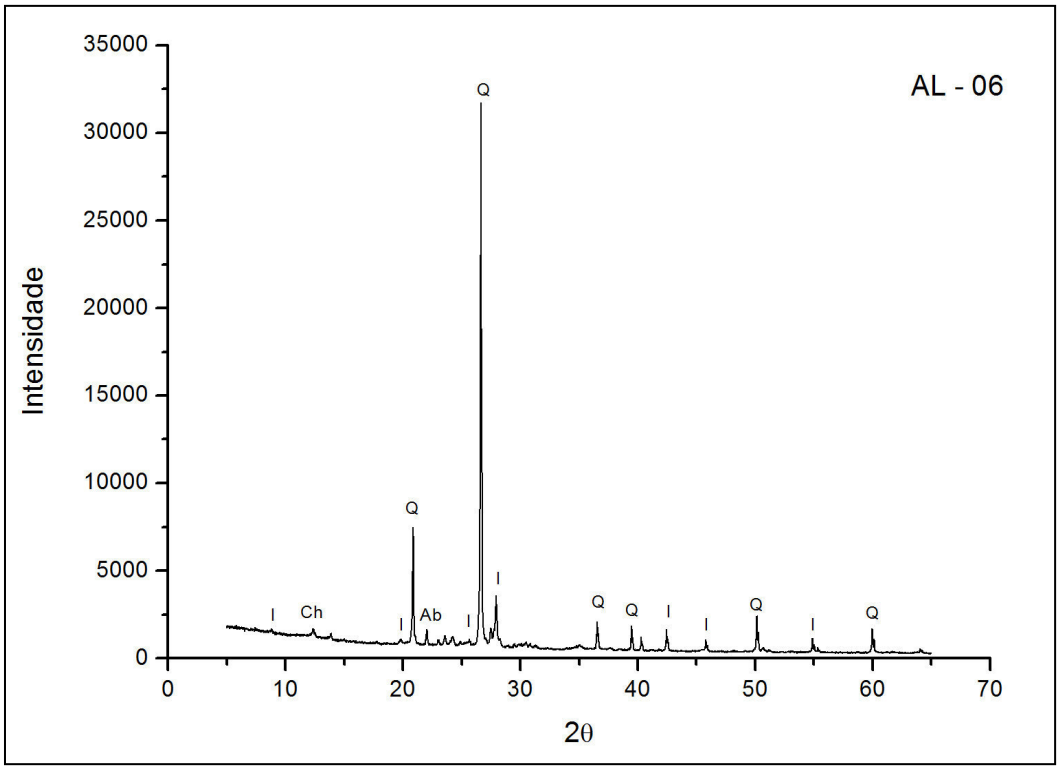

Fig. 22: Difratograma de raios-x da amostra AL-06, Formação Batinga. I = ilita; Ch = clorita; Q = quartzo; Ab = albita.

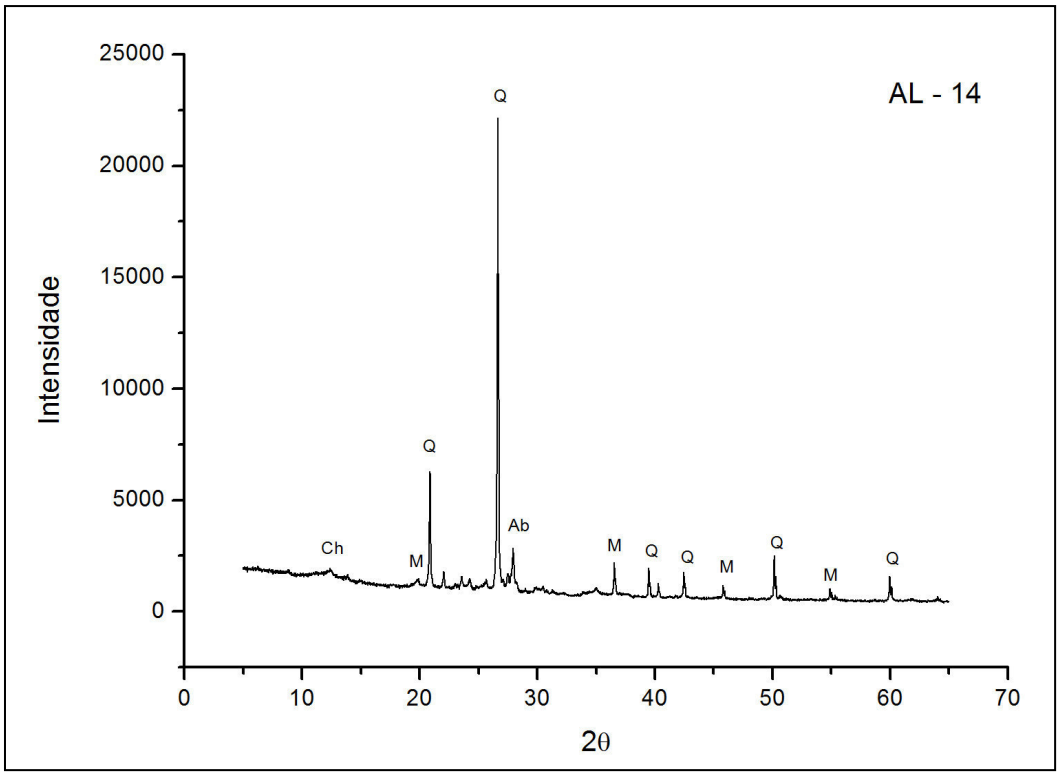

Fig. 23: Difratograma de raios-x da amostra AL-14. Ch= clorita; M = muscovita; Q = quartzo; Ab = albita.

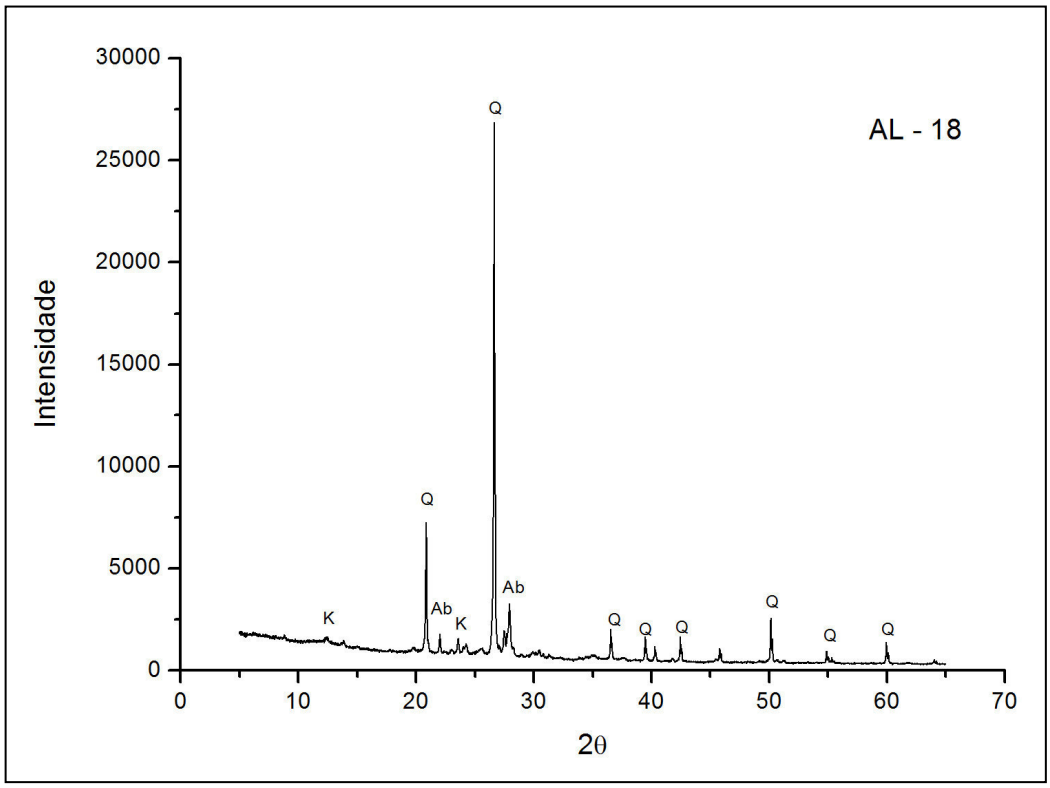

Fig. 24: Difratograma de raios-x da amostra AL-18. K = caulinita; Q = quartzo; Ab = albita.

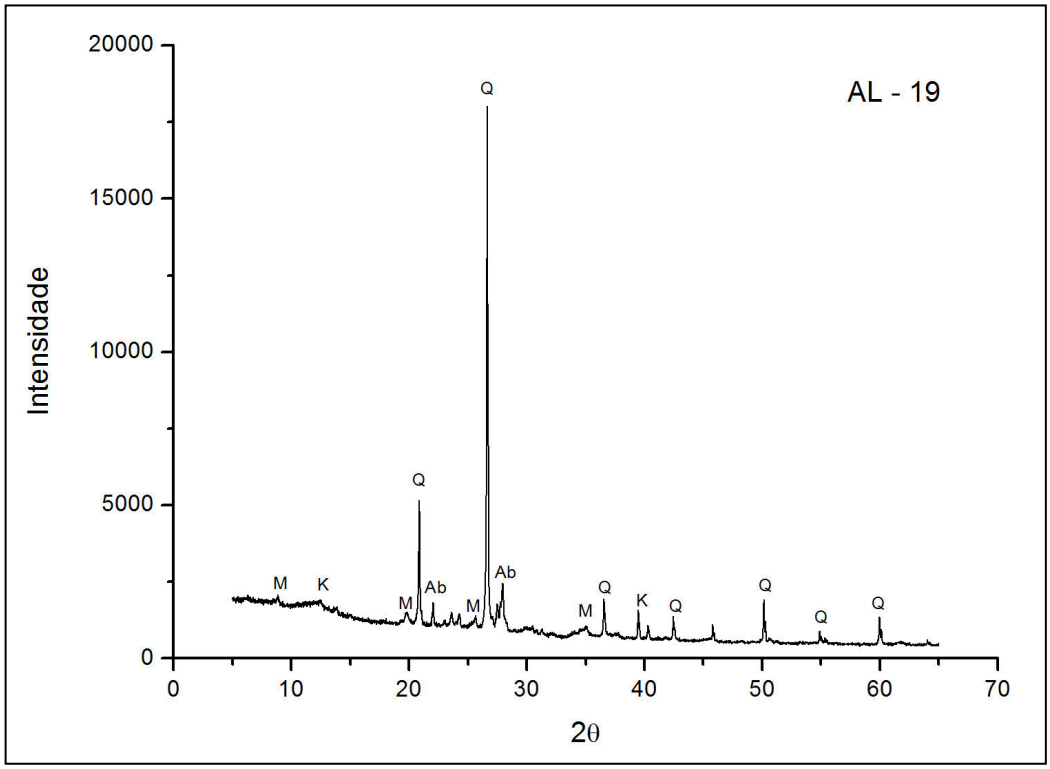

Fig. 25: Difratograma de raios-x da amostra AL-19, Formação Batinga. M = muscovita; K = caulinita; Q = quartzo; Ab = albita.

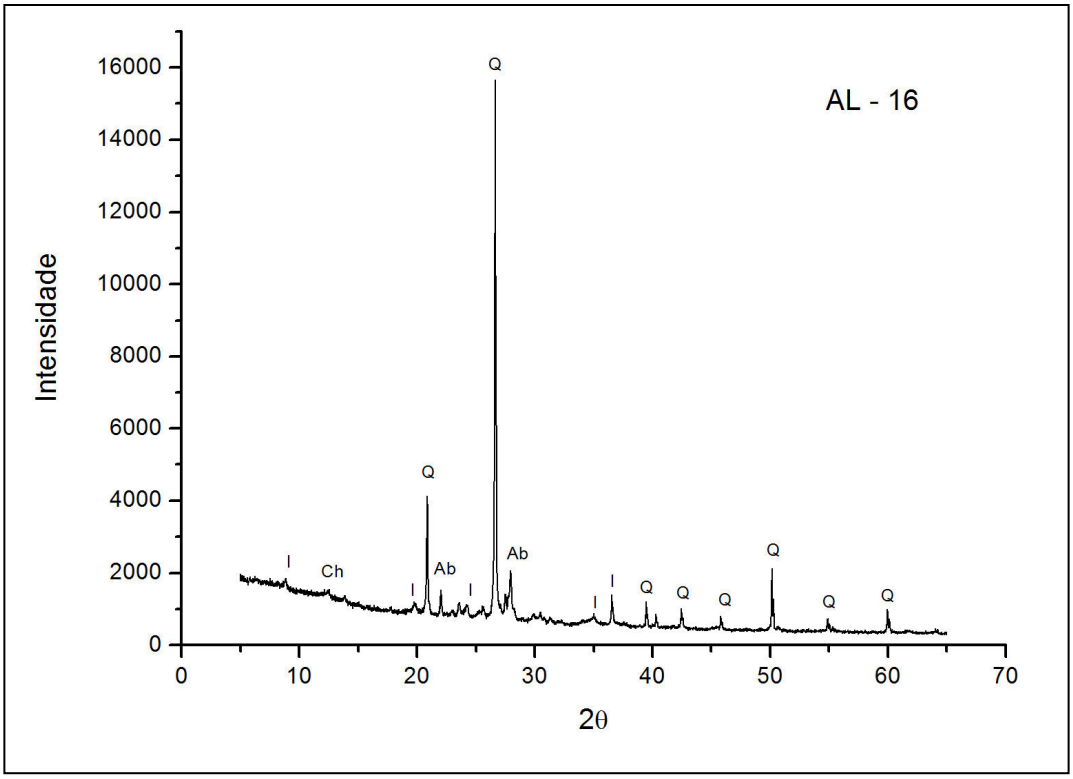

Fig. 26: Difratograma de raios-x da amostra AL-16, Membro Boacica. Jazida Batinga. I = ilita; Ch = clorita; Q = quartzo; Ab = albita.

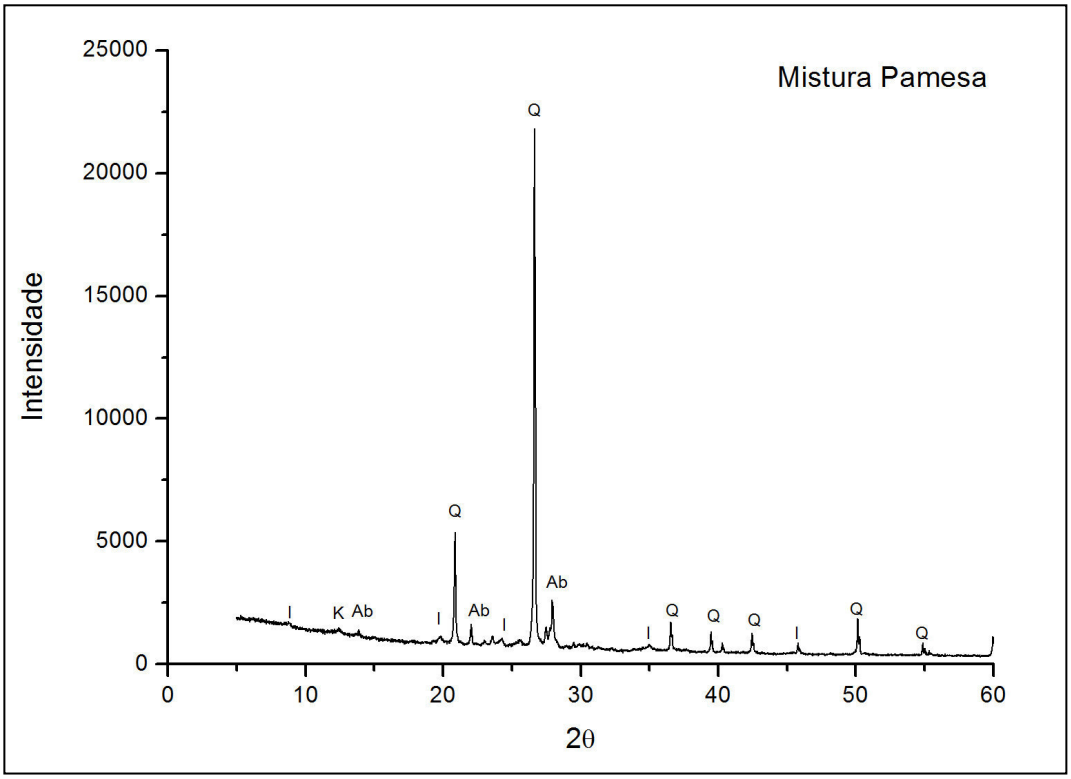

Fig. 27: Difratograma de raios-x da amostra da "mistura Pamesa". I = ilita; K = caulinita; Ab= albita; Q = quartzo.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho visou identificar a mineralogia dos depósitos de materiais argilosos no município de Cedro de São João, em Sergipe, tanto os depósitos aluvionares, como os depósitos da Formação Batinga. Essa temática é justificada pela crescente importância do município no tocante ao aproveitamento de material para as indústrias cerâmicas, evidenciada pelos requerimentos de licenciamento e autorização de pesquisa e concessão de lavra, se comparado a outros municípios da região do Baixo São Francisco.

A mineralogia das argilas apresenta como argilominerais a caulinita e a ilita, com a presença de outros minerais, como quartzo, clorita, albita e muscovita, também importantes constituintes das massas cerâmicas. Sendo que a caulinita e a ilita, embora com picos modestos, são identificadas somente nas amostras da Formação Batinga.

Os outros minerais identificados, conjuntamente, também apresentam sua importância, como nos depósitos aluvionares, levando-se em consideração também os teores de matéria orgânica, que não interferem na qualidade do produto.

Entretanto, nos dois depósitos de material argiloso: aluvionares e Formação Batinga, ressalta-se a necessidade de misturas com outros tipos de material, de acordo com o tipo de uso. O material extraído dos depósitos aluvionares é utilizado para a fabricação de tijolos, como visto nas cerâmicas Rogi e Amorim. Ao serem analisados os resultados somente das amostras coletadas, concluiu-se que somente este material não é suficiente para o atendimento da fabricação cerâmica daquelas indústrias, sendo de grande importância a adição de componentes (caulinita, principalmente) para a obtenção da massa cerâmica. O material da Formação Batinga, que é utilizado para a fabricação de pisos e revestimentos, como na indústria Pamesa, também necessitam de adição e/ou mistura de componentes para o material final. Neste caso as misturas são efetuadas com material proveniente da própria jazida, de um nível com a mineralogia diferenciada.

Em virtude da importância do município no setor mineiro de argila na região

e também em outros estados, recomenda-se maior estudo, no tocante a análise térmica do material, além de propriedades como plasticidade e comportamentos como densidade, absorção de água e resistência a flexão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albers, A. P. F.; Melchiades, F. G.; Machado, R.; Baldo, J. B.; Boschi, A. O. 2002. *Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. Revista Cerâmica,* **48** (305). Disponível em: <http://www.scielo.br> Acesso em mai. 2013.

Alcântara, A. C. S.; Beltrão, M. S. S.; Oliveira, H. A.; Gimenez, I. F.; Barreto, L. S. 2008. *Characterization of ceramic tiles prepared from two clays from Sergipe-Brazil. Applied Clay Science,* **39**: 160-165.

Andrade, F. A.; Al-Qureshi, H. A; Hotza, D. 2011. *Measuring the plasticity of clays: A review. Applied Clay Science*, **51**: 1-7.

APL – Arranjos Produtivos Locais. 2008. *Plano de Desenvolvimento do Arranjo Produtivo de Cerâmica Vermelha Sergipana.* Aracaju, 32 pp.

Bomfim, L. F. C.; Costa, I. V. G. da; Benvenuti, S. M. P. 2002. Diagnóstico do Município de Cedro de São João. *In: Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe.* Aracaju: CPRM, 21 pp.

Campos Neto, O. P. de A.; Souza-Lima, W. & Cruz, F. E. G. 2007. Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás,* **15** (2): 405-415 p.

Denari, G. B.; Cavalheiro, E. T. G. 2012. Princípios e Aplicações de Análise Térmica. Apostila da Universidade de São Paulo, 48 pp. Disponível em: <http://www.teses.usp.br> Acesso em ago. 2014.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Cadastro Mineiro. Disponível em <www.dnpm.gov.br> Acesso em nov. 2014a.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Guia do minerador. Disponível em <www.dnpm.gov.br> Acesso em nov. 3013.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Sigmine. Disponível em <www.dnpm.gov.br> Acesso em nov. 2014b.

Durazzo, M; Riella, H.G.; Franjndlich, E.U. de C. 2002. *Caracterização e Utilização de Fundentes em Massas Cerâmicas*. Cerâmica industrial. **7:** 33-36.

Farias, R. M. 2013. Caracterização litoestratigráfica e paleontológica do Membro Boacica da Formação Batinga, Neocarbonífero da bacia de Sergipe-Alagoas. Dissertação Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências e Análise de Bacias, Universidade Federal de Sergipe, 2 p.

Freitas, J. C. C. [20--]. Princípios e Aplicações. *Laboratório de Materiais Carbonosos e Cerâmicos (LMC)*. Disponível em: <www.cce.ufes.br> Acesso em mai. 2013.

Garzón, E.; Sánchez-Soto, P. J.; Romero, E. 2010. *Physical and geotechnical properties of clay phyllites. Applied Clay Science,* **48**: 307–318.

Gaspar Jr., L. A.; Souza, M. H. O.; Valarelli, J. V; Moreno, M. M. T. 1999. A Importância da Caracterização Mineralógica, Química e Térmica das Matérias-Primas Cerâmicas. *In*: *Anais SBG* - Núcleos SP, RJ e ES, Simpósio de Geologia do Sudeste VI, São Paulo: Boletim de Resumos. 137 p.

Gaspar Júnior, L. A.; Moreno, M. T.; Souza, M. H. de O. 2007. *Estudo Comparativo dos efeitos de aditivos naturais sobre uma massa para pavimentos cerâmicos por via seca. Rio Claro: Revista Cerâmica Industrial*, **12** (1/2), IGCE/UNESP. Disponível em <http://www.ceramicaindustrial.org.br> Acesso em abr 2014.

Gomes, C. F. 1986. Argilas: o que são e para que servem. Lisboa: Edição da Fundação Calouste Gulbenkian.

Grun, E. 2007. Caracterização de Argilas Provenientes de Canelinha/SC e Estudo de Formulações de Massas Cerâmicas. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, 15-17. Disponível em <www.tede.udesc.br> Acesso em ago. 2013.

Imagem. Ilustração da estrutura cristalina do NaCl, mostrando arranjo regular dos íons. Disponível em: <www.ciul.ul.pt> Acesso em nov. 2013.

Kahn, H. 2014. PMI 2201: Difração de Raios X. [20--]. Disponível em: <www.uspdigital.usp.br> Acesso em abr 2014.

Leggerini, M. R. C. 2014. Materiais cerâmicos. Materiais Técnicas e Estruturas I. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Disponível em <http://www.feng.pucrs.br> Acesso em mar 2014.

Lucas, E. F. A.; Caranassios, A.; Borlini, M. C. 2007. Estudos preliminares de caracterização da argila do vale do Mulembá – ES. *In*: XV Jornada de Iniciação Científica – CETEM.

Machado, F. B. Rochas Sedimentares. Museu de minerais e rochas. Disponível em <www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares> Acesso em jun. 2013

Materiais cerâmicos. Universidade Tecnológica do Paraná. Disponível em <www.uftpr.edu.br> Acesso em out. 2014.

Meira, J. M. L. 2001. Argilas: o que são, suas propriedades e classificações. Comunicações técnicas. Visa consultores.

Minerais industriais. 2015. Disponível em <http://www.marcmineracao.com.br/produtos> acesso em jan. 2015.

Ministério de Minas e Energia. 1997. Mapa geológico de Sergipe.

Ministério do exército. 1994. Carta topográfica Propriá - SC-24-Z-B-II.

Prado, C. M. de O. 2011. Caracterização química e mineralógica das argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha no estado de Sergipe. Dissertação de mestrado em Química, Universidade Federal de Sergipe, 54 p.

Press, F.; Grotzinger, J.; Siever, R.; Jordan, T. H. 2006. *Para entender a Terra*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman.

Ribeiro, Clara G.; Correia, Márcia G.; Ferreira, Luís G.; Gonçalves, Ana Margarida; Ribeiro, Manuel J.P.; Ferreira, António A. Labrincha. 2004. Estudo sobre a Influência da Matéria Orgânica na Plasticidade e no Comportamento Térmico de uma Argila. *Cerâmica Industrial*, **9**, 4 p.

Rossi, M. A. P. 2003.As argilas. Disponível em <http://www.portorossi.art.br/as_argilas.htm> Acesso em jun. 2013.

Santos, R. A. dos; Martins, A. A. M.; Neves, J. P. das; Leal, R. A. 1997. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe*. Brasília: CPRM/CODISE.

SBG – Sociedade Brasileira de Geologia (Núcleo São Paulo). 1982. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. *Jornal do Geólogo.* Suplemento especial. Edição preliminar. São Paulo.

Senna, J. A. de 2003. Caracterização de argilas de utilização na indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância. Dissertação de mestrado. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas/SP.

Silva, A. J. de C. L. P. da; Aragão, M. A. N. F. de; Magalhães, A. J. C. (organizadores). 2008. *Ambientes de Sedimentação siliciclástica do Brasil.* São Paulo: Beca-BALL.

Sousa, S. J. G. 2008. Desenvolvimento de massas cerâmicas processadas por via seca com matérias-primas do norte fluminense visando aplicação em revestimento poroso. Tese de doutorado. Campos dos Goytacazes – RJ: Universidade estadual do norte fluminense – UENF.

Souza G.P., Sousa S.J.G., Terrones L.A.H., Holanda J.N.F. 2005. Mineralogical analysis of Brazilian ceramic sedimentary clays used in red ceramic. *Cerâmica*. **51**: 381-386 p.

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos. 2011. Atlas Digital de Recursos Hídricos. CD – ROM.

Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo. Edgard Blücher, pp. 400.

Teixeira, W.; Toledo, M. C. M. de; Fairchild, T. R.; Taioli, F. 2000. *Decifrando a Terra.* São Paulo: Oficina de textos.

Vieira, C.M.F., Sánchez, R., Monteiro, S.N. 2008a. Characteristics of clays and properties of building ceramics in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Construction and Building Materials,* **22**: 781–787 p.

Vieira, C. M. F., Soares, J. B., Monteiro, S. N. 2008b. Desenvolvimento de massas de revestimento cerâmico com argila caulinítica e nefelina sienito. *Cerâmica,* vol.**54**, 330. São Paulo.

ANEXO - Requerimentos para obtenção de argila no município de Cedro de São João.

Processo	Tipo de requerimento	Fase atual	CPF/CNPJ do titular	Nome do titular	Municípios	Substâncias	Tipos de uso	Situação
878.032/2013	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	15.104.383/0001-15	Cerâmica Sergipe indústria e comércio Ltda	Cedro de São João/SE Propriá/SE São Francisco/SE	Argila	Industrial	Ativo
878.139/2012	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	00.889.943/0001-17	Minérios Brasil argilas industriais Ltda me	Cedro de São João/SE Propriá/SE São Francisco/SE	Argila	Industrial	Ativo
878.075/2012	Requerimento de cessão parcial	Requerimento de pesquisa	04.857.234/0001-00	Cerâmica Paraíso Ltda me	**Cedro de São João/SE**	Argila Argila	Cerâmica vermelha industrial	Ativo
878.130/2011	Requerimento de disponibilidade para pesquisa	Autorização de pesquisa	15.104.383/0001-15	Cerâmica Sergipe indústria e comércio Ltda	Cedro de São João/SE São Francisco/SE	Argila	Industrial	Ativo
878.054/2011	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	15.104.383/0001-15	Cerâmica Sergipe indústria e comércio Ltda	**Cedro de São João/SE**	Argila	Industrial	Ativo
878.053/2011	Requerimento de registro de licença	Licenciamento	09.136.597/0001-70	Cerâmica Santa Luzia Ltda	**Cedro de São João/SE**	Argila	Cerâmica vermelha	Ativo
878.202/2010	Requerimento de autorização de pesquisa	Disponibilidade	07.704.706/0001-83	Instituto pró Cerâmica	**Cedro de São João/SE**	Argila Argila	Cerâmica vermelha industrial	Ativo
878.185/2010	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	09.136.597/0001-70	Cerâmica Santa Luzia Ltda	Cedro de São João/SE Propriá/SE	Argila	Industrial	Ativo

878.152/2010	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	07.378.783/0001-90	Cerâmica Serra Azul Ltda	Cedro de São João/SE Malhada dos bois/SE São Francisco/SE	Folhelho	Industrial	Ativo
878.150/2010	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	07.378.783/0001-90	Cerâmica Serra Azul Ltda	Cedro de São João/SE malhada dos bois/SE São Francisco/SE	Folhelho	Industrial	Ativo
878.089/2009	Requerimento de registro de licença	Licenciamento	03.012.650/0001-45	Cerâmica Amorim Ltda	**Cedro de São João/SE**	Argila	Cerâmica vermelha	Ativo
878.090/2007	Requerimento de autorização de pesquisa	Disponibilidade	27.184.936/0001-76	CBE companhia brasileira de equipamento	Cedro de São João/SE São Francisco/SE	Argila	Industrial	Ativo
878.009/2007	Requerimento de autorização de pesquisa	Autorização de pesquisa	07.378.783/0001-90	Cerâmica Serra Azul Ltda	**Cedro de São João/SE**	Folhelho	Industrial	Ativo
878.029/2004	Requerimento de autorização de pesquisa	Disponibilidade	96.283.452/0001-05	Esmaltec indústria e comércio Ltda.	**Cedro de São João/SE**	Argila	Industrial	Ativo
878.012/2000	Requerimento de autorização de pesquisa	Concessão de lavra	04.631.291/0002-58	Marcus Maimone Ramos de Sena Pereira me	**Cedro de São João/SE**	Argila	Industrial	Ativo
878.030/1997	Requerimento de autorização de pesquisa	Concessão de lavra	70.237.185/0001-38	Cerâmica Porto Rico Ltda	**Cedro de São João/SE**	Argila refratária	Não informado	Ativo

878.008/1997	Requerimento de autorização de pesquisa	Concessão de lavra	70.237.185/0001-38	Cerâmica Porto Rico Ltda	**Cedro de São João/SE**	Argila refratária	Não informado	Ativo

Fonte: DNPM, (Jan. 2014)