



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA

GABRIEL DA SILVA GOMES

**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DO CHAMOTE EM ARGILAS PARA A
PRODUÇÃO DE CERÂMICAS UTILITÁRIAS NO DISTRITO DE
ICOARACI, BELÉM - PA.**

Ananindeua - PA

2018

GABRIEL DA SILVA GOMES

**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DO CHAMOTE EM ARGILAS PARA
A PRODUÇÃO DE CERÂMICAS UTILITÁRIAS NO DISTRITO DE
ICOARACI, BELÉM - PA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciência e Tecnologia com ênfase em tecnologia mineral da Universidade Federal do Pará como requisito da obtenção do título do grau Bacharel em Ciência e Tecnologia com ênfase em Tecnologia Mineral

Orientador: Prof. Dr. Daniel José Lima de Sousa

Ananindeua - PA

2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de
acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade
Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados
fornecidos pelo(a) autor(a)**

G633e

Gomes, Gabriel da Silva.

Efeito da incorporação do chamote em argilas para a produção de cerâmicas
utilitárias no distrito de Icoarací, Belém - PA. / Gabriel da Silva Gomes. — 2018.
64 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Daniel José Lima de Sousa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia,
Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

1. : argila, cerâmica, chamote, incorporação.. I. Título.

CDD 666.3

TERMO DE APROVAÇÃO

GABRIEL DA SILVA GOMES

EFEITO DA INCORPORAÇÃO DO CHAMOTE EM ARGILAS PARA A PRODUÇÃO DE CERÂMICAS UTILITÁRIAS NO DISTRITO DE ICOARACI, BELÉM - PA.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciência e tecnologia com Ênfase e Tecnologia Mineral da Universidade Federal do Pará como parte do requisito à obtenção do título do grau Bacharel em Ciência e Tecnologia com Ênfase em Tecnologia Mineral, e aprovado pela seguinte banca orientadora.

Data de aprovação: ___/___/___ CONCEITO: _____

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Daniel José Lima de Sousa

Membro Interno: Prof. Dr. Silvio Bispo do Vale

Membro Externo: Prof. MSc. Alacid do Socorro Siqueira Neves

Ananindeua, PA.

2018

Este trabalho dedico a minha Mãe
Margareth do Rosário da Silva
Gomes, que sempre esteve no meu
lado como verdadeira amiga.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter concedido o caminho que estou percorrendo. E em segundo lugar agradeço a minha família em especial minha mãe Margareth do Rosário da Silva Gomes e o meu irmão mais velho Marcelo Luiz da Silva Gomes que se dispuseram a me manter nessa caminhada com apoio sentimental e financeiro.

Agradeço também a:

- ✓ À Profa. Dra. Eliene Souza Lopes e ao Prof. Dr. Daniel José Lima de Souza, pelo acompanhamento, orientação, e paciência que teve comigo e com outros orientados. Se não fosse as personalidades carismática, e de intelectualidade extrema não teria apresentado a referente pesquisa.
- ✓ Aos meus amigos e em especial a Rafaela de Jesus Barros Costas e Dayana Rosy Souza dos Santos que sempre estiveram presente como companheiras e dispostas a me ajudar no que fosse possível.
- ✓ Aos professores, técnicos e gestores do *campus* de Ananindeua, que se sempre dispuseram de minha disponibilidade em especial ao:
- ✓ Prof. Dr. Silvio Bispo do Vale, diretor e professor do curso, que sempre me aconselhou a seguir determinados caminhos devido sua fortíssima experiência acadêmica.
- ✓ Josivan Barros de França, secretário da Faculdade de Ciência e Tecnologia que sempre me ajudou nas questões burocráticas.

*Não cruze os braços diante de uma
dificuldade, pois o maior homem do mundo
morreu de braços abertos!*

Autor: Desconhecido.

RESUMO

Visando a obtenção de painéis refratários no polo cerâmico de Icoaraci, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da incorporação de chamote à argila utilizada pelos artesãos locais, avaliando o possível aumento da resistência nas peças a temperaturas superiores a 400 °C para possível cozimento de alimentos. O chamote foi obtido do rejeito de artefatos cerâmicos, danificados pós queima, tais como vasos, pratos, dentre outros; o rejeito foi triturado manualmente, a fim de se obter granulometria similar à utilizada por artesãos de Bragança, onde peças refratárias com adição de chamote são tradicionalmente produzidas e até exportadas. Na argila empregada para fabricação das peças foram determinados os teores de ferro total e matéria orgânica, além da composição granulométrica e mineralógica; através de difração de raios-x foram determinados os minerais em amostra total e na fração argila (lâminas orientadas). Após essas análises foi adicionado chamote à argila, em porcentagens de 5, 10, 15 e 20%, preparando-se corpos de prova com cada uma dessas misturas, para serem submetidos à queima, em forno de um artesão do polo de Icoaraci. Nessas peças com chamote também foi determinado algumas propriedades tecnológicas, a fim de identificar as modificações decorrentes da queima. Além disso, foram feitas análises em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), para estudo microtextural, e por *Energy Dispersive x-ray Detector* (EDS), para a determinação da composição química (sobretudo os constituintes maiores) da cerâmica atualmente produzida em Icoaraci. Todas as amostras de argilas consideradas apresentaram composições que englobam características de matérias primas atualmente utilizadas nos produtos cerâmicos brasileiros. Com os ensaios tecnológicos, objetivou que a composição de 15% de chamote seria mais adequada, devido valores de retração linear, perda de massa ao fogo, absorção de água e porosidade aparente serem menores que as demais composições e sua trabalhabilidade não foi alterada. Entretanto, ocorre também uma redução da resistência. Este comportamento é atribuído à maior presença de quartzo, fato que foi comprovado em trabalhos que sustentou essa pesquisa.

Palavras-chaves: argila, cerâmica, chamote, incorporação.

ABSTRACT

Aiming to obtain refractory pans in the ceramic pole of Icoaraci, this work had the effect of improving the incorporation of singe for a high value of 400 °C for the possible cooking of foods. The chamote was obtained from the tailings of ceramic artifacts, such as burners, such as vases, plates, others; The waste was manually ground, obtaining a granulometry similar to that used by Bragança artisans, where the refractory pieces with the addition of chamote are traditionally produced and even exported. This is the use of the quantum of heavy metal and organic organic organic organic piggies; through X-ray diffraction were the minerals in total and in the clay fraction. In addition, the clay titre was added in 5, 10, 15 and 20%, by preparing clay samples for each of the mixtures to be burned in an artisan kiln of the Icoaraci. In these pieces with chamote also were eliminated in some technological conditions. In addition, they were analyzed in Scanning Electron Microscope (SEM), for the study of microtextures, and by X-ray Detector by Dispersive Energy (EDS). All samples of clays have the same compositions that encompass the characteristics of the ingredients and are made in Brazilian ceramic products. With the technology of the tests, pointed out the composition of 15% of chamote would be more suitable, due to the linearity of linear retraction, loss of mass to the fire, water absorption and apparent porosity were smaller than the other compositions and their ratio of work was not changed. However, there was also a reduction in resistance. This behavior is attributed to the greater presence of quartz, a fact that was proven in studies that supported this research.

Keywords: clay, ceramics, chamote, incorporation.

LISTA DE FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da bacia do rio Paracuri. -----	17
Figura 2 - Desembarque da argila para a produção das peças-----	18
Fluxograma 1 - Fluxo da argila -----	18
Figura 3 - A) Artesão retirando restos orgânicos B) Arame utilizado para a retirada-----	19
Figura 4 - Artesão confeccionando as peças no torno -----	20
Fluxograma 2 - Processo de trabalho em olarias no bairro de Paracuri -----	20
Figura 5 Panela produzida em Icoaraci -----	21
Figura 6 - classificação ternária do Diagrama de Winkler de produtos argilosos, baseado na distribuição granulométrica de grãos e partículas em relação ao uso prático de matérias-primas -----	34
Figura 7 - argila beneficiada-----	35
Figura 8 - material cerâmico com queima incompleta -----	36
Figura 9 - chamote peneirado a 80#-----	37
Figura 10 - matriz em alumínio -----	37
Figura 11 - A) vista frontal B) vista superior -----	38
Figura 12 - corpos de prova retangulare -----	46
Figura 13 - a) Painéis pós queima b) Painéis cruas-----	47
Figura 14 - Difratograma da lâmina orientadas-----	48
Figura 15 - Difratograma do chamote-----	49
Figura 16 - Difratograma da argila pelo método do pó sem orientação preferencial -----	50
Figura 17 Micrografia da cerâmica produzida em Icoaraci e espectros EDS dos pontos indicados sobre a imagem -----	52
Gráfico 1 - Porcentagem média dos passantes acumulados em cada peneira-----	54
Figura 18 - Painéis antes dos testes-----	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição inicial para a produção dos CP's (blocos) -----	44
Tabela 2 - Peso dos C.P's produzidos -----	45
Tabela 3 - Peso dos C.P's depois da secagem -----	45
Tabela 4 - Peso dos C.P's depois da queima -----	45
Tabela 5 - Composição inicial para a produção da panela -----	46
Tabela 6 - Composição química da argila -----	51
Tabela 7 - Composição química do chamote-----	52
Tabela 8 - Valores médios das características das cerâmicas-----	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Justificativa do trabalho	14
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivo específico	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Argila	15
2.2	Ocorrência em Icoaraci	17
2.2.1	Extração	17
2.2.2	Beneficiamento - preparação final da argila	18
2.2.3	Produção	19
2.3	A indústria da cerâmica vermelha	21
2.3.1	Polo cerâmico da região belenense	23
2.4	Materiais cerâmicos	24
2.4.1	Cerâmica vermelha	25
2.4.2	Cerâmica branca	26
2.4.2.1	Preparação da massa	26
2.4.2.2	Prensagem e preparação da massa	27
2.4.2.3	Secagem	27
2.4.2.4	Esmaltação	27
2.4.2.5	Queima	27
2.4.2.6	Escolha	27
2.4.3	Materiais refratários	27
2.4.3.1	O que são materiais refratários	28
2.4.4	Cerâmica de alta tecnologia (cerâmica avançada)	29
2.5	Legislação e aplicação tecnológica	29
2.6	Resíduos	29
2.6.1	Resíduos sólidos	30
2.6.2	Classificação dos resíduos	30
2.6.2.1	Resíduos classe I - Perigosos	31
2.6.2.2	Resíduos classe II - Não perigosos	31
2.7	Relevância da incorporação de resíduos na indústria de cerâmica vermelha e artesanal	31
2.8	Chamote	32

3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1	Materiais utilizados	35
3.1.1	Argila.....	35
3.1.2	Chamote.....	36
3.1.3	Molde.....	37
3.1.4	Forno.....	38
3.2	Metodologia empregada.....	39
3.2.1	Beneficiamento das matérias-primas.....	39
3.2.2	Caracterização das matérias-primas	39
3.2.2.1	Difração de raios-X (DRX)	39
3.2.2.2	Fluorescência de Raio-X (FRX).....	40
3.2.2.3	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/EDS)	40
3.2.2.4	Determinação da matéria orgânica (perda ao fogo por calcinação).	41
3.2.2.5	Análise granulométrica por peneiramento.....	41
3.2.3	Obtenção das propriedades tecnológicas.....	42
3.2.3.1	Absorção de água	42
3.2.3.2	Porosidade aparente.....	42
3.2.3.3	Massa específica aparente	43
3.2.3.4	Retração linear de queima	43
3.2.4	Produção dos corpos de prova.....	43
3.2.4.1	Produção do corpo de prova no molde retangular.....	44
3.2.4.2	Produção do corpo de prova em forma de painéis.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1	Difrações de raios-x das matérias-primas	48
4.2	Análise químicas das matérias primas.	51
4.3	MEV/EDS.....	52
4.4	Matéria orgânica	53
4.5	Análise granulométrica por peneiramento	54
4.6	Propriedades tecnológicas.....	54
4.7	Testes nas painéis.....	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O artesanato tem uma grande importância socioeconômica no cenário atual do Brasil, pois é fonte geradora de renda e trabalho, contando com uma participação de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. (SEBRAE, 2008).

No que se refere à cerâmica artesanal paraense, se destacam os polos de Icoaraci, Distrito de Belém, e os representados pelos municípios de Santarém e Ponta de Pedras. Em Icoaraci, a produção teve início no final do século XIX e a partir da década de 1950 surge a cerâmica decorada, feita pelo artesão Antônio Farias Vieira, com inspiração em uma fotografia de um vaso marajoara. Outro marco importante para o aparecimento da cerâmica considerada artística foi a dedicação de Raimundo Saraiva Cardoso, responsável pela introdução definitiva desse estilo no artesanato de Icoaraci. (AMORIM, 2005)

Em pesquisa avaliando as particularidades do trabalho dos artesãos ceramistas em Icoaraci, destaca que essa forma de trabalho no Pará remonta ao período colonial, ressaltando, porém, que o processo de trabalho é atrativo para visitantes e turistas que procuram o bairro pela produção de peças com grafismo marajoara, dentre outros. A autora Amorim (2005) destaca ainda que a continuação desse trabalho no Estado está diretamente relacionada a fatores como *savoir-faire* (saber fazer; experiência), organização social dos artesãos em associações e cooperativas, além de ações pautadas em políticas públicas nas áreas de turismo, meio ambiente, indústria e comércio, entre outras.

Além dos fatores mencionados na pesquisa de Souza (2010), constatou-se a necessidade de estudos enfocando o processo de produção das peças utilitárias, visando a melhoria da sua qualidade. Além disso, há necessidade de estudos voltados para a redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos de utilitários com defeitos após a queima, comumente descartados de maneira inadequada.

Segundo Amorim (2005), autora do Catálogo Cerâmica Marajoara a Comunicação Do Silêncio, diz que em Icoaraci, a produção de cerâmica com motivos marajoaras constitui um dos principais atrativos turísticos da Região Metropolitana de Belém; entretanto, as peças não podem ser usadas para o cozimento de alimentos, tendo em vista a sua baixa resistência térmica. Por outro lado, em alguns municípios do Pará, a exemplo de Bragança, artesãos fabricam painéis refratários de excelente qualidade, com argila de composição mineralógica muito

similar à utilizada em Icoaraci. No caso de Bragança, uma das razões para a maior resistência das painéis produzidas pode estar relacionada à adição de rejeito de artefatos cerâmicos (chamote) na argila antes da fabricação das peças.

O chamote pode ser definido como um subproduto proveniente da queima do caulim ou rejeitos de materiais cerâmicos; é muito utilizado para a produção de tijolos refratários, sendo um produto obtido mediante a queima de uma argila, até o início de sua sinterização; após essa etapa, o chamote é britado ou moído fornecendo partículas de diferentes tamanhos, normalmente de 1 µm a 5 µm (RIPOLI, 1997); é utilizado misturado à argila servindo para produzir tijolos refratários, sendo a argila o elemento plástico que possibilita a moldagem e, além disso, serve como agente ligante de sinterização em temperaturas mais baixas do que o chamote. A mistura da argila e chamote possibilita minimizar as variações naturais das propriedades físicas e químicas (RIPOLI, 1997).

De acordo com Vieira (2004), o chamote como adição na massa cerâmica pode ter reflexos positivos sobre todo o processo produtivo, em especial na etapa de secagem, tendo em vista que contribui para o melhoramento do grau de empacotamento e a morfologia das partículas; no entanto, necessita-se determinar a melhor mistura chamote – argila para se obter peças cerâmicas de qualidade e em conformidade com as normas vigentes.

O aproveitamento do chamote obtido da fragmentação ou moagem dos utilitários descartados é pouco utilizado no Brasil, ressaltando-se a necessidade de pesquisas na área de massa para a fabricação de refratários utilitários. De acordo com Menezes et al. (2002), a utilização de rejeitos industriais para a produção de materiais alternativos tem dado certo em vários países desenvolvidos; as principais razões para a reciclagem desses rejeitos seriam o esgotamento das reservas de matérias-primas confiáveis, o crescente volume de resíduos sólidos, que põem em risco a saúde pública, ocupa o espaço e degradam os recursos naturais, e a necessidade de compensar o desequilíbrio provocado pelas altas do petróleo.

Visando a obtenção de painéis refratários no polo cerâmico de Icoaraci, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da adição de chamote na argila, avaliando o possível aumento na resistência das peças a temperaturas superiores a 400 °C. O uso desse rejeito na massa cerâmica também deverá contribuir para a redução do material descartado pelos artesãos; basicamente, um resíduo pode ser aproveitado como fonte energética, ou como matéria-prima (ABNT 10004/2004), com a utilização do chamote inserindo-se nessa última alternativa.

Importante ressaltar, que a maior parte dos resíduos gerados após o processo de queima, não são reaproveitados, tornando-se um empecilho para manuseio, além de custos com sua disposição final em aterro. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos instituída pela Lei n. 12305/2010 é bem clara ao determinar que nenhum tipo de resíduo deve ter destinação final efetuada de forma irregular. Dentro desta premissa, este trabalho busca avaliar a reutilização do rejeito de cerâmica vermelha gerado no processo de quebra de utensílios pós-queima na massa padrão, de forma a minimizar custos com material argiloso, diminuição da disposição de forma desordenada no meio ambiente e a fim de obter painéis com alta resistência a temperatura.

1.1 Justificativa do trabalho

O desenvolvimento industrial ao longo das últimas décadas tem gerado grandes quantidades de resíduos (TELOEKEN et al., 2011), e o que por muito tempo era depositado de forma inapropriada pode se transformar em matéria-prima, sendo a solução de muitos problemas da indústria. Ao se buscar pesquisas que comprovam vantagens em trabalhar com a adição de chamote na massa cerâmica, é evidente que o objetivo principal é alcançar um material que tenha melhores propriedades mecânicas e térmicas, tenha um custo de produção mais baixo e valorizando o produto final, que respeite a necessidade do meio ambiente, degradando menos, em relação aos demais materiais convencionais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste presente trabalho foi desenvolver um material que possibilite novas funções para os utensílios produzidos em olarias no bairro do Paracuri em Icoaraci, com relação ao reaproveitamento dos materiais defeituoso descartados na mesma localidade.

1.1.2 Objetivo específico

Como resultado desse processo, este trabalho tem como objetivo específicos abaixo:

- Caracterizar o chamote produzido a partir do rejeito da produção artesanal de Icoaraci, e a argila utilizada para a atual produção dos utilitários.
- Alcançar um material com melhores propriedades refratárias.
- Diminuir a extração de argila no local.
- Valorizar peças com grande encargo cultural e histórico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Argila

Conforme Leprevost (1978, p. 17) “argilas são produtos naturais, complexos, procedentes principalmente da decomposição das rochas feldspáticas. Uma das qualidades mais importantes das argilas é a sua plasticidade, que consiste na propriedade de produzir com a água uma pasta, que conserva grande coesão durante o amassamento, a dessecação e o cozimento. As argilas são formadas de silicatos de alumínio mais ou menos hidratados, misturados com calcário, quartzo, óxido de ferro, de manganês e outros. Podem ser coloridas, predominando as cores esverdeada, amarela ou vermelha”.

Argila é um material natural, de textura terrosa ou argilácea, de granulação fina, com partículas de forma lamelar ou fibrosa, constituída essencialmente de argilominerais; o termo argila também é usado na classificação granulométrica de partículas com tamanho inferior a $2\mu\text{m}$. (SANTOS, 1992). O conceito mais aceito pelos ceramistas, sob o ponto de vista da tecnologia cerâmica, é o de Pinto (1997) que define a argila como um sedimento com tamanho de partículas inferior a $4\mu\text{m}$, constituída em grande parte por argilominerais, podendo conter impurezas; desenvolve plasticidade com a adição de uma quantidade conveniente de água, perdendo-a após a secagem (água de conformação) e, após a queima (água de estrutura) a uma temperatura superior a $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ adquire alta resistência.

Além dos argilominerais, as argilas contêm, geralmente, outros materiais e minerais, tais como matéria orgânica, sais solúveis e partículas de quartzo, pirita, mica, calcita, dolomita e outros minerais residuais, podendo conter também minerais não-cristalinos ou amorfos. (SANTOS, 1992)

Argilominerais são silicatos de Al, Fe e Mg hidratados, com estruturas cristalinas em camadas (são filossilicatos), constituídos por folhas contínuas de tetraedros SiO_4 , ordenados de forma hexagonal, condensados com folhas octaédricas de hidróxidos de metais tri e divalentes; a maioria dos argilominerais, naturalmente, é constituída essencialmente por partículas (cristais) com algumas dimensões geralmente abaixo de $2\mu\text{m}$. Os argilominerais são muitas vezes chamados silicatos em camadas, *layer silicates* e filossilicatos. Alguns argilominerais podem conter uma fração com dimensões na faixa de 1 a 100 nm; essa faixa recebe o nome de nanométrica. Portanto, os termos argila e argilomineral referem-se a materiais encontrados na natureza. Existem cerca de 40 argilominerais, mas somente poucos são constituintes das Argilas

Industriais e das Argilas Especiais, devido a possuírem algumas propriedades muito peculiares e/ou específicas que levam ao seu maior valor tecnológico. Devido às dimensões micro ou nanométricas, os micros cristais da maioria dos argilominerais só podem ser visualizados por microscopia eletrônica de transmissão (MET); alguns podem também ser observados por microscopia eletrônica de varredura (MEV), (COELHO, et al, 2007).

Em pesquisa Coelho e colaboradores diz que os argilominerais são classificados em grupos com base nas semelhanças em composição química e na estrutura cristalina. As estruturas cristalinas são classificadas em 2 tipos: estruturas 1:1 e 2:1. Nas estruturas 1:1, estão os grupos: da caulinita; das serpentinas; dos argilominerais ferríferos. Nas estruturas 2:1 estão os grupos: do talco-pirofilita; das micas; das esmectitas; das vermiculitas; das cloritas; da paligorsquita (atapulgita) – sepiolita. As quatro dezenas de argilominerais distribuem-se nesses grupos; apenas um pequeno número de argilominerais são componentes das Argilas Industriais: caulinita (caulim, *ball clay*; argila refratária; argila para construção civil); montmorilonita (bentonita, terra *fuller*); talco (talco); vermiculitas (vermiculita) e amianto crisotila (amianto). De acordo com a sua composição química são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo em certos tipos elementos como ferro, potássio, lítio, entre outros. Estes materiais proporcionam às argilas as mais diversas propriedades e comportamento físico-químico (COELHO, et al., 2007).

Um estudo de 2014 do CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) diz que quando ocorrem no lugar em que se formam, a partir duma rocha mãe, são formadas no mesmo local da rocha mãe e têm sido pouco atacadas pelos agentes atmosféricos as argilas são classificadas como residuais ou primárias; possuem partículas mais grossas e coloração mais clara, são pouco plásticas, porém de grande pureza e possuem alto nível de fusão. O caulim é uma argila deste tipo. Por outro lado, as argilas que ocorrem a distância maior ou menor do local de formação a partir duma rocha mãe são as que são transportadas para mais longe da rocha mãe pela água, pelo vento e degelo são classificadas como sedimentares ou secundárias. As secundárias são mais finas e mais plásticas que as primárias, no entanto contêm impurezas pois misturaram-se com matérias orgânicas e metais, durante todo o processo de transporte. Os dois tipos de argila distinguem-se pela plasticidade, densidade, cor e teor de impurezas minerais ou orgânicas. (CPRM, 2014; GOUVEIA 2008).

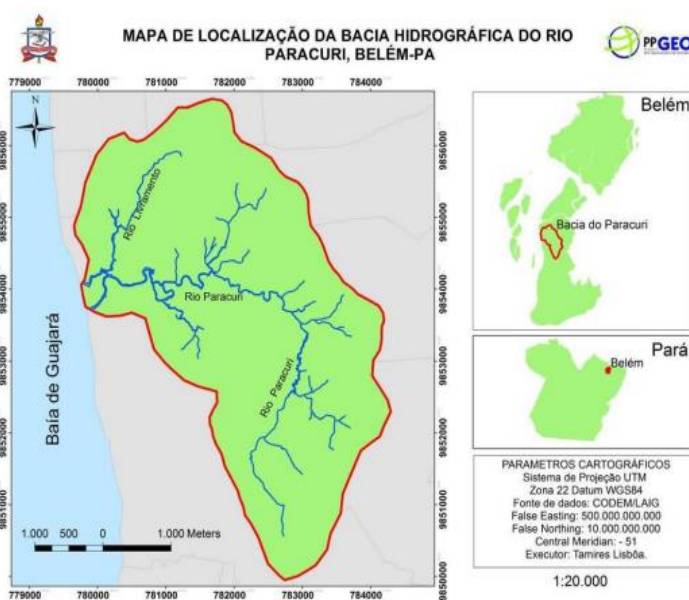
Os argilominerais são amplamente utilizados na indústria e o seu uso como matéria prima decorre da qualidade do material produzido; essa qualidade é intrínseca às condições genéticas desses minerais segundo sua fonte hidrotermal, sedimentar ou supergênica. (SENNA, 2003).

Quanto aos constituintes mineralógicos, as argilas plásticas contêm, além da caulinita, proporções variadas de illita, mica, ou sericita e quartzo de granulometria fina, com pequenas quantidades de matéria orgânica e outros minerais tais como esmectitas (MOTTA, 2004). COSTA e colaboradores (1997) ao estudarem argilas do Piauí e da Paraíba, chamaram a atenção para a falta de jazidas, no Brasil, de argilas plásticas com propriedades adequadas para a produção de cerâmica branca.

2.2 Ocorrência em Icoaraci.

Segundo os próprios oleiros, as argilas que são utilizadas na produção de utilitários cerâmicos no polo industrial de Icoaraci são retiradas às margens do rio Paracuri. A Figura 1 mostra a bacia hidrográfica do rio Paracuri.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia do rio Paracuri.



Fonte: LISBÔA, 2013.

2.2.1 Extração

A extração da argila nas margens do rio Paracuri é feita manualmente, segundo os próprios artesãos, extrativista das argilas navega de canoa até o local próprio da retirada. No entanto a argila é coberta por um capeamento vegetal em decomposição, é feita a retirada dessa cobertura e assim é extraído dois tipos de argilas, sendo elas denominadas de branca, argila encontrada em partes mais profundas, e a argila preta que é uma argila encontrada logo abaixo do capeamento vegetal. A Figura 2 mostra os “canoeiros” descarregando os blocos de argilas (mistura da argila branca com a preta) que foram extraídos.

Figura 2 – Desembarque da argila para a produção das peças



Fonte: SOUZA, 2010.

O Fluxograma a seguir mostra o caminho que a argila de Icoaraci percorre até a chegada às olarias.

Fluxograma 1 – Fluxo da argila.



Fonte: Autoria Própria (2018).

2.2.2 Beneficiamento - preparação final da argila.

A argila final - mistura da argila branca e preta na maromba - vem pronta para o processo de preparação final, que é feito pelo os artesãos, já que a extração é feita por outro grupo de pessoas. Após essas etapas a argila está pronta para iniciar o processo de “tratamento final”. É um processo bastante simples que envolve a retirada de restos orgânicos, e partículas grosseiras. A argila é batida várias vezes manualmente na mesa a fim de que não fique nenhuma parte fozia, ou totalmente sem bolhas. Para que após a queima não crie vazios na peça. Nesse processo de beneficiamento ou preparação final antes da produção, o artesão utiliza uma espécie de arame para a retirada de raízes e restos orgânicos como mostra a Figura 3 A e 3 B.

Figura 3 – A) Artesão retirando restos orgânicos B) Arame utilizado para a retirada



Fonte: Aatoria Própria (2018).

2.2.3 Produção

Após a preparação final da argila, são produzidos vários tipos de utensílios, desde utensílios domésticos, até aos decorativos. Após a retirada, a argila é colocada no torno manual para a confecção das peças como mostra a Figura 4.

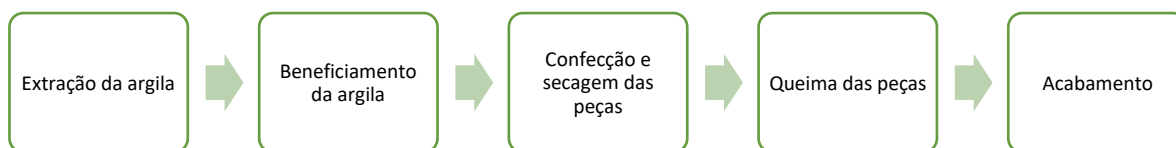
Figura 4 – Artesão confeccionando as peças no torno.



Fonte: SOUZA, 2010.

O Fluxograma a seguir, mostra os processos sequenciais dos artesãos para a produção das cerâmicas.

Fluxograma 2 – Processo de trabalho em olarias no bairro de Paracuri.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Após o acabamento, as peças produzidas ficam secando ao ar livre por pelo menos 48 horas, após esse tempo as peças estão prontas para a queima.

A Figura 5 mostra um utensílio pronto, no entanto esta panela não é viável para o cozimento de alimentos, devido sua baixa resistência a temperatura.

Figura 5 – Panela produzida em Icoaraci.



Fonte: Autoria Própria (2018).

2.3 A indústria da cerâmica vermelha

O setor industrial cerâmico é bastante diversificado e pode ser dividido nos seguintes segmentos: cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística (decorativa e utilitária), filtros cerâmicos de água para uso doméstico, cerâmica técnica e isolantes térmicos (ANFACER, 2002).

Segundo Santos (1992), a indústria da cerâmica vermelha é uma das mais difundidas e um dos poucos campos da cerâmica em que se utiliza a argila como única matéria-prima. Esta é moldada na forma final de utilização e queimada sem adição de outro minério.

Segundo artigos publicados no ABCERAM (Associação brasileira de cerâmica) cerâmica vermelha é uma expressão com significado amplo, compreendendo aqueles materiais empregados na construção civil (argila expandida, tijolos, blocos, elementos vazados, lajes, telhas e tubos cerâmicos) e alguns de uso doméstico e afins. Nos dois casos os produtos têm coloração predominantemente avermelhada.

Nesse segmento são relacionados os fabricantes e produtos destinados à construção civil. Estima-se a existência de mais de 6000 indústrias cerâmicas e olarias espalhadas por todo o Brasil, em sua maioria de micro, pequeno e médio portes, operando em vários níveis tecnológicos (ABCERAM, 2017).

No país, segundo o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), (2010) e a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER, 2017) existem 5.500 empresas. A Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM, 2010) contabiliza a existência de 11 mil empresas, número mais compatível com a realidade, uma vez que somente Minas Gerais, segundo maior produtor do Brasil, possui aproximadamente mil cerâmicas.

José Conrado Santos, presidente do Sistema FIEPA (Federação das Indústrias do Estado do Pará), em entrevista a ORM (Organizações Rômulo Maiorana) explica que a indústria cerâmica vive um momento de crescimento, impulsionada pelo novo posicionamento deste segmento, bem como pela atividade da construção civil, especialmente por conta do programa Minha Casa, Minha Vida. É importante ressaltar que num passado recente, as olarias buscaram soluções que levassem sua competitividade no cenário regional. É vivendo este momento que as indústrias cerâmicas aproveitam para expandir seus negócios. Já estruturado e em processo de consolidação, o pólo cerâmico de São Miguel do Guamá tem um potencial fantástico. Sua produção, além de abastecer o nordeste paraense, também chega à região metropolitana, fazendo deste o principal polo produtor do Pará.

No início de agosto, o Estado recebeu o 43º Encontro Nacional da Indústria de Cerâmica Vermelha, que foi realizado no Hangar - Centro de Convenções, em Belém. Durante quatro dias, o evento discutiu soluções, mostrou inovações e proporcionou a realização de negócios no setor, demonstrando a importância da indústria cerâmica paraense para o país.

Apesar dos números positivos na economia paraense, o Sistema FIEPA, por meio do Senai-PA (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), quer fomentar e desenvolver ainda mais as ações no setor da cerâmica paraense. Por isso, em 2011, a instituição criou o Laboratório de Cerâmica Vermelha no município de São Miguel do Guamá, nordeste paraense. O laboratório é o único da região Norte do Brasil e atende empresas do oeste, sul e nordeste do Pará, como o próprio município de São Miguel do Guamá, que desponta como um dos principais polos produtores de cerâmica na região Norte. O município concentra 49 indústrias, sendo responsável pela produção de 50 milhões de peças de cerâmica por mês. O objetivo do laboratório, que fica dentro da unidade do Senai, é ajudar as empresas na certificação da

qualidade dos produtos - da matéria-prima até dimensões das peças produzidas - fazendo com que o fabricante garanta um produto melhor e tenha maior controle no processo de produção, seguindo as normas estabelecidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

2.3.1 Polo cerâmico da região belenense

Segundo dados do Relatório sobre produtos em cerâmica do SEBRAE, (2008), o artesanato é desenvolvido em todos os municípios brasileiros e, particularmente, no Estado do Pará, as 03 (três) principais atividades artesanais constantes nesse Relatório foram, respectivamente: o artesanato em madeira, o bordado e o artesanato em argila. Ainda segundo o mesmo Relatório, o artesanato em argila é realizado em 58 (cinquenta e oito) dos 144 (cento e quarenta e quatro) municípios paraenses, ou seja, em mais de 30% desses municípios.

O trabalho artesanal dos ceramistas no Distrito de Icoaraci demanda uma articulação com diversas políticas públicas, devido não somente à gestão de recursos naturais, diante da iminência de esgotamento das jazidas de argila às proximidades do bairro do Paracuri, mas pela necessidade de qualificação profissional dos artesãos, dada a exigência de que as peças artesanais obtenham maior qualidade, o acesso ao crédito, a regularização fundiária, dentre outros aspectos que extrapolam a dimensão ambiental entendida sob o enfoque preservacionista (SOUZA, 2010). Este enfoque implica a compreensão de que os recursos naturais são intocáveis, contrastando com a concepção conservacionista que defende o uso racional dos recursos naturais

Segundo a notícia do Diário Online (DOL) é no bairro do Paracuri, em Icoaraci, que a cerâmica amazônica encontra seu maior polo produtor. Apesar de manter o modo artesanal de confecção, muitos artesãos têm investido também na diversificação de objetos, disponibilizando aos turistas vasos, cuias, remos, móveis rústicos e até “biojóias”. Hoje, existe uma cerâmica tipicamente Icoaraciense, que junta os traços indígenas, estampas florais e a matéria prima da cerâmica amazônica. Ou seja, uma arte única, diferente de tudo que é visto no restante do país.

Mariana Alvin, da agência O GLOBO, diz em entrevista ao jornal O Tempo, que o distrito é hoje o maior produtor de cerâmica marajoara no país, oferecendo réplicas e releituras modernas da arte indígena centenária realizada na Ilha do Marajó. Paracuri, bairro de Icoaraci, reúne diversos produtores e o Liceu de Artes e Ofícios Mestre Raimundo Cardoso, em

homenagem a um dos expoentes da técnica, morto em 2006. Na feira, artesãos vendem itens utilitários e decorativos a melhores preços do que em outros lugares de Belém.

2.4 Materiais cerâmicos

Segundo pesquisas relacionadas ao ABCERAM, cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas.

A palavra cerâmica advém do termo em grego “Keramicos”, que significa matéria-prima queimada, mostrando que suas propriedades são atingidas através de um processo térmico de alta temperatura (CALLISTER, 2016). Smith (1998) complementa que os materiais cerâmicos são materiais inorgânicos, não-metálicos, composto por elementos metálicos e não-metálicos, e que são ligados quimicamente entre si fundamentalmente por ligações iônicas e/ou covalentes.

Para Associação Americana de Cerâmica, a definição mais aceita é: “cerâmicas são materiais inorgânicos, não metálicos, cuja produção e/ou aplicação envolve tratamento térmico. Geralmente são duros, mas frágeis, tem ponto de fusão elevado e são isolantes elétricos”.

Os materiais cerâmicos são divididos em dois grupos, os cerâmicos tradicionais e os cerâmicos técnicos ou de engenharia. Os tradicionais são obtidos a partir de três componentes básicos, a argila, a sílica e o feldspato. São exemplos de aplicação deste grupo de materiais as telhas, tijolos, a porcelana, louça sanitária e moldações cerâmicas. Já os cerâmicos técnicos ou de engenharia são geralmente formados por compostos puros, ou quase puros, tal como o óxido de alumínio (alumina- Al_2O_3), óxido de zircônio (zircônia- ZrO_2), o carboneto de silício (SiC) e o nitreto de silício (Si_3N_4) (BURKE, 1996; BARSOUM, 1997, VLACK, 1984).

Segundo a empresa Mecânica Industrial (2018) em seu site diz que os materiais cerâmicos são especiais devido às suas propriedades. Eles tipicamente possuem pontos de fusão elevados, baixos valores de condutividade elétrica e térmica e altas forças de compressão. Além disso, eles geralmente são duros e quebradiços com uma boa estabilidade química e térmica. Os materiais cerâmicos podem ser categorizados como cerâmica tradicional e cerâmica avançada. Os materiais cerâmicos como a argila são classificados como cerâmicas tradicionais e normalmente são feitos de argila, sílica e feldspato. Como o próprio nome sugere as cerâmicas tradicionais não devem satisfazer propriedades específicas rígidas após sua produção, de modo que as tecnologias baratas são utilizadas para a maioria dos processos de produção.

Materiais cerâmicos, em geral, apresentam elevada resistência ao calor, considerável resistência a oxidação e ao ataque químico, elevada resistência a deformação plástica e alta rigidez mecânica, além de normalmente serem bons isolantes térmicos e elétricos. Estes materiais possuem, em geral, baixa resistência ao impacto, e grande variação da resistência à fratura (SILVA, 2000).

O setor cerâmico é amplo e heterogêneo o que induz a dividi-lo em subsetores ou segmentos em função de diversos fatores como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, a seguinte classificação, em geral, é adotada em:

2.4.1 Cerâmica vermelha

Compreende 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. As lajotas muitas vezes são enquadradas neste grupo, porém o mais correto é em Materiais de Revestimento (ABC, 2016).

A cerâmica vermelha é caracterizada por produtos oriundos da argila ou misturas contendo argila, através de moldagem, secagem e queima da mesma, de onde vem a cor avermelhada que dá seu nome (VERÇOZA, 1987).

Segundo a ANFACER (2002), no Brasil a cerâmica surgiu no estado do Pará, na Ilha de Marajó, com a cultura dos índios da ilha. Estudos arqueológicos, contudo, indicam que a presença de uma cerâmica mais simples, ocorreu, ainda, na região amazônica por volta de 5.000 anos atrás.

A cerâmica era feita de forma artesanal utilizando técnicas de raspagem, incisão, remoção e pintura. Mesmo desconhecendo o torno e operando com instrumentos rudimentares, o índio conseguiu criar uma cerâmica de valor, que dá a impressão de superação dos estágios primitivos da Idade da Pedra e do Bronze (ANFACER, 2002).

A tradição ceramista não chegou ao Brasil pela mão dos portugueses. O rudimentar processo indígena sofreu modificações com as instalações de olarias nos colégios, engenhos e fazendas jesuítas, onde se produzia além de tijolos e telhas, também louça de barro para consumo diário (SEBRAE, 2008).

2.4.2 Cerâmica branca

Este grupo 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. Com o advento dos vidrados, muitos dos produtos enquadrados neste grupo passaram a ser fabricados, sem prejuízo das características para uma dada aplicação, com matérias-primas com certo grau de impurezas, responsáveis pela coloração. Nesse grupo estão as louças sanitárias, louças de mesa, isoladores elétricos para alta e baixa tensão, cerâmicas artísticas (decorativa e utilitária) e cerâmicas para aplicação diversa (química, elétrica, térmica e mecânica).

Argilas plásticas (ball clays) são definidas como argilas caulínicas sedimentares de elevada plasticidade, refratárias, de coloração variada de creme-clara a branca, após queima em ambiente atmosférico oxidante e granulometria muito fina, com cerca de 80% em peso abaixo de 2 μm (MOTTA, 2008). Segundo Wilson (1998), o nome ball clay é atribuído ao seu método original de extração, no qual a argila era cortada no piso da cava da mina na forma de cubos de 25 cm de aresta, pesando de 15 a 17 kg, que por manuseio obtinha formas esféricas (argila em bola).

A cerâmica branca é adequada ao clima tropical do nosso país, sua limpeza é realizada de maneira fácil, muitas delas são totalmente resistentes à manchas, resiste com firmeza ao passar do tempo e são muito duradouras, são antialérgicas (mais higiênicas), resistem fortemente ao fogo, e por fim, seu apelo estético.

Segundo Matte (2010), o processo de fabricação da cerâmica branca é feito em várias etapas:

2.4.2.1 Preparação da massa

No processo industrial, as matérias-primas utilizadas, provenientes de jazidas próprias ou de terceiros, são estocadas no interior da fábrica. A dosagem de cada matéria-prima é feita segundo uma formulação percentual fornecida pelo laboratório, com base nos resultados obtidos em testes. A matéria prima é então transportada até os moinhos.

Após a moagem, tem-se como produto a barbotina, que é estocada em tanques apropriados. Depois ela é bombeada até o atomizador, que retira a água em excesso e confere ao pó atomizado umidade e granulometria uniformes, ideais para o processo de prensagem.

2.4.2.2 Prensagem e preparação da massa

O pó atomizado é alimentado em cavidades da prensa e submetido a uma pressão específica, tendo sua forma definitiva denominada bolacha cerâmica.

2.4.2.3 Secagem

A secagem é uma fase muito importante no processo de fabricação de pavimentos e revestimentos cerâmicos. Tem a missão de eliminar quase completamente a água contida nas peças após o processo de prensagem.

2.4.2.4 Esmaltação

Para realizar o processo de esmaltação devemos seguir algumas etapas para garantir a qualidade do produto, estas são: pós secagem, aplicação de água, aplicação de englobe, aplicação de esmalte e decoração serigráfica.

2.4.2.5 Queima

Após o processo de esmaltação o produto segue para o forno, onde é efetuada a queima da peça. São nos fornos que o produto adquire suas características finais, tais como altas resistências mecânicas, alta resistência à abrasão e baixa absorção. Além disso, é após a queima que algumas cores determinadas são obtidas.

2.4.2.6 Escolha

Na saída do forno são feitas as avaliações superficiais e dimensionais do produto, para saber se não existe alguma rachadura ou defeito na forma. Após o processo de escolha e classificação, as peças são encaixotadas, identificadas e estocadas.

2.4.3 Materiais refratários

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM), este grupo compreende uma diversidade de produtos que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais, que em geral envolvem esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e de outras

solicitações. Para suportar estas solicitações e em função da natureza das mesmas, foram desenvolvidos inúmeros tipos de produtos, a partir de diferentes matérias-primas ou misturas destas.

Dessa forma, podemos classificar os produtos refratários quanto a matéria-prima ou o componente químico principal em sílica, sílico-aluminoso, aluminoso, mulita magnésiano

Segundo pesquisa feita por estudantes do IFBA diz que o entrelaçamento histórico entre os processos térmicos de manufatura e a tecnologia dos refratários começa com a descoberta do fogo. A natureza forneceu os primeiros refratários, cadinhos de rocha onde metais eram amolecidos para a confecção das primeiras ferramentas primitivas. Quando o homem começou a dominar o fogo logo descobriu que a queima de argilas permitia que formas estáveis fossem obtidas com essa matéria-prima, caracterizada por elevada resistência mecânica. Objetos de formas variadas com diversas finalidades foram obtidos. Estava-se registrando o nascimento dos ancestrais dos refratários.

Relatos da mesma pesquisa mencionado acima, diz que esses materiais realmente nasceram com a metalurgia, tendo acompanhado passo a passo a evolução do seu ramo siderúrgico. Hoje, cinco mil anos mais tarde, os refratários são manufaturados a partir de variado elenco de matérias-primas, em centenas de formatos e composições químicas, viabilizando desta forma os processos de manufatura que utilizam altas temperaturas como os que praticamente envolvem a produção de todos os tipos de metais, aços, vidros, químicos, petroquímicos e cerâmicos, segundo a mesma pesquisa citada acima.

2.4.3.1 O que são materiais refratários

São refratários aqueles materiais capazes de suportar elevadas temperaturas. Os materiais refratários por excelência, entre outros, são as cerâmicas. Por exemplo, a fabricação do primeiro avião supersônico de passageiros, o concorde, não teria sido possível sem a utilização de um metal raro no mundo, mas abundante no Brasil, o nióbio: o mais leve dos metais refratários (SANTOS, 1992).

Em pesquisa relacionada com o assunto, mostrou-se que para se confinar às altas temperaturas dentro dos fornos, reatores e inúmeros outros equipamentos é necessário revesti-los com materiais que, além de apresentarem estabilidade, tanto física quanto química às temperaturas, devem possuir ainda outras propriedades. Assim, muitas vezes, têm que ter resistência a quente, à abrasão, à erosão, ao ataque químico por sólidos, líquidos ou gases e às

variações bruscas de temperatura. Seu emprego se faz necessário em temperaturas acima de 500 °C. Conhecidos sob a designação de Refratários, pertencem ao grupo das Cerâmicas que, juntamente com os Metais e Polímeros, constituem os três grupos em que se dividem os materiais

2.4.4 Cerâmica de alta tecnologia (cerâmica avançada)

cerâmicas avançadas são tipos especiais de cerâmica utilizados principalmente para aplicações elétricas, eletrônicas, ópticas e magnéticas. Este setor é diferente da cerâmica tradicional devido ao fato de que a preparação do pó cerâmico é muito importante. Técnicas de produção avançadas são empregadas para garantir que os pós de cerâmica produzidos possuem pureza suficiente. Geralmente as reações químicas são utilizadas para produzir o pó de cerâmica, tais como as reações de processamento de sol-gel e líquido-gás como do gás NH_3 e SiCl_4 líquido para produzir Si_3N_4 . Muitos desses métodos são muito caros. Portanto, a preparação do pó é sempre um fator de custo na indústria de cerâmica avançada.

2.5 Legislação e aplicação tecnológica

Nas indústrias eletrônica e elétrica, materiais cerâmicos avançados como titânio bário (BaTiO_3), materiais piezelétricos e materiais semicondutores são muito utilizados para a produção de capacitores cerâmicos, sensores de temperatura, osciladores, etc. As cerâmicas utilizadas para este tipo de aplicações são chamadas cerâmicas funcionais. As propriedades específicas dos materiais cerâmicos avançados são utilizadas para suas aplicações industriais.

A ferroeletricidade é uma propriedade em materiais como titânio de titânio de chumbo, titanato de chumbo, titanato de bário, etc. Os materiais ferroelétricos possuem duas propriedades. Em uma deve haver uma polarização espontânea e na outra a polarização deve ser capaz de reorientar. Esta propriedade é utilizada para produzir aplicações como sensores, bombas, sonar, microfones, etc.

2.6 Resíduos

A geração de resíduos industriais e urbanos é um dos maiores problemas que a sociedade moderna enfrenta. Assim, os resíduos industriais se definem como quaisquer materiais sólidos,

pastosos ou líquidos, resultantes dos processos industriais de fabricação, transformação, utilização, consumo ou limpeza, cujo produtor ou consumidor destina-o ao abandono (SOUZA, 2007).

Nos últimos tempos, em decorrência dos hábitos da sociedade capitalista na qual habitamos, a natureza tem sido agredida pelo consumo exagerado de produtos industrializados e tóxicos que, ao serem descartados, acumulam-se no ambiente como resíduos, causando danos ao planeta e à própria existência humana (ZANETI, 2003).

2.6.1 Resíduos sólidos

Segundo o ministério do meio ambiente, a partir de agosto de 2010, baseado no conceito de responsabilidade compartilhada, a sociedade como um todo – cidadãos, governos, setor privado e sociedade civil organizada – passou a ser responsável pela gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

No contexto dos resíduos sólidos, quando destinados de forma inadequada produzem grandes impactos ambientais, causando poluição das águas superficiais e subterrâneas, contaminação dos solos e do ar e a proliferação de doenças; não constituem somente um problema de ordem estética, mas representam também uma séria ameaça ao homem e ao meio ambiente, diminuindo consideravelmente os espaços úteis disponíveis (TENÓRIO; ESPINOSA, 2004; SCHALCH et al., 2002).

2.6.2 Classificação dos resíduos

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, além de seus constituintes e características com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A NBR 10004/04 da ABNT dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente.

Os resíduos são classificados, de acordo com a NBR 10004, como:

2.6.2.1. Resíduos classe I - Perigosos

São aqueles que apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. E as características de cada um desses citados se enquadram na NBR.

2.6.2.2. Resíduos classe II - Não perigosos

A) Resíduos Classe II A – Não Inertes: Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

B) Resíduos Classe II B – Inertes: São quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10004.

2.7 Relevância da incorporação de resíduos na indústria de cerâmica vermelha e artesanal.

Sobre a utilização de resíduo em argilas Candido (2012), realizou um estudo experimental no intuito de avaliar a influência da incorporação do argilite, uma rocha de origem sedimentar, e do chamote, proveniente da queima de blocos de vedação em baixas temperaturas, no processamento, propriedades e microestrutura de massa argilosa visando à fabricação de adoquim.

Weber e colaboradores (2002) realizou um estudo experimental onde tratava em avaliar a incorporação de resíduos em cerâmicas artesanais e percebeu-se que a forma de preparação dos corpos de prova é bastante importante e que dependendo do ensaio a ser feito, a modelagem deve ser feita de uma forma diferente, devido a falta de normalização na literatura para corpos de prova artesanais.

Carvalho e colaboradores (2014), realizou um trabalho sobre a influência da incorporação do rejeito do minério de manganês de Carajás-PA e filito de Marabá-PA em cerâmicas

vermelhas, o presente trabalho visou avaliar as propriedades físicas e mecânicas de cerâmicas estruturais, produzidas a partir de matérias-primas regionais. Foi observado que a adição do rejeito do minério de manganês, em associação ao filito da região de Marabá-PA resultou na confecção de materiais cerâmicos com características tecnológicas adequadas à aplicação em blocos estruturais.

2.8 Chamote

Chamote pode ser definido como um subproduto proveniente de rejeitos de material cerâmico após a queima (DONDE et al.,1998). Na obtenção do resíduo há inicialmente necessidade de fragmentação das peças descartadas o que ocorre geralmente em moinhos de bolas ou de martelos.

Em seu estudo Gouveia (2008), relata que o chamote é considerado um material inerte até a sua temperatura de obtenção, e a partir daí, começa a reagir com a massa base do corpo cerâmico. O chamote pode ser considerado um dos materiais não plásticos eventualmente incorporados em massas para a produção cerâmica.

Ripoli (1997), relata ensaios realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria para avaliar a utilização do Chamote - como Fator de Qualidade na Fabricação de Elementos Cerâmicos. O objetivo deste trabalho foi o de estudar a viabilidade da adição de chamote à argila para a fabricação de elementos cerâmicos.

O experimento envolveu a utilização de sete tipos de amostras obtidas em uma indústria cerâmica próxima à UFSM, as quais serviram para estudar as seguintes variáveis: teor de umidade de moldagem, proporção das misturas, argila-base e temperatura de queima. As principais características físicas e mecânicas observadas foram: retração linear de queima, absorção de água, porosidade, massa específica aparente e sucção inicial. A partir dessas observações o autor obteve as seguintes conclusões:

- Possibilidade de utilizar o chamote homogeneizado na fabricação de elementos cerâmicos, desde que em proporção ideal e queimado a temperatura adequada;
- A adição de chamote à argila contribui potencialmente para o controle da retração. Por fim, verifica-se que a adição de chamote à argila permite o aproveitamento desse tipo de resíduo na fabricação de produtos de boa qualidade e contribui para reduzir a poluição

Vieira, Souza e Monteiro (2004) procederam a uma análise mais minuciosa da microestrutura do compósito com a adição de chamote. O chamote obtido de rejeitos de blocos queimados em baixas temperaturas adicionado em massa de cerâmica vermelha visou à obtenção de telhas. Inicialmente o chamote foi submetido a ensaios de caracterização química, física e mineralógica. Em seguida foram feitas adições de chamote a uma argila caulínica nas proporções de 0, 5, 10 e 20% em massa.

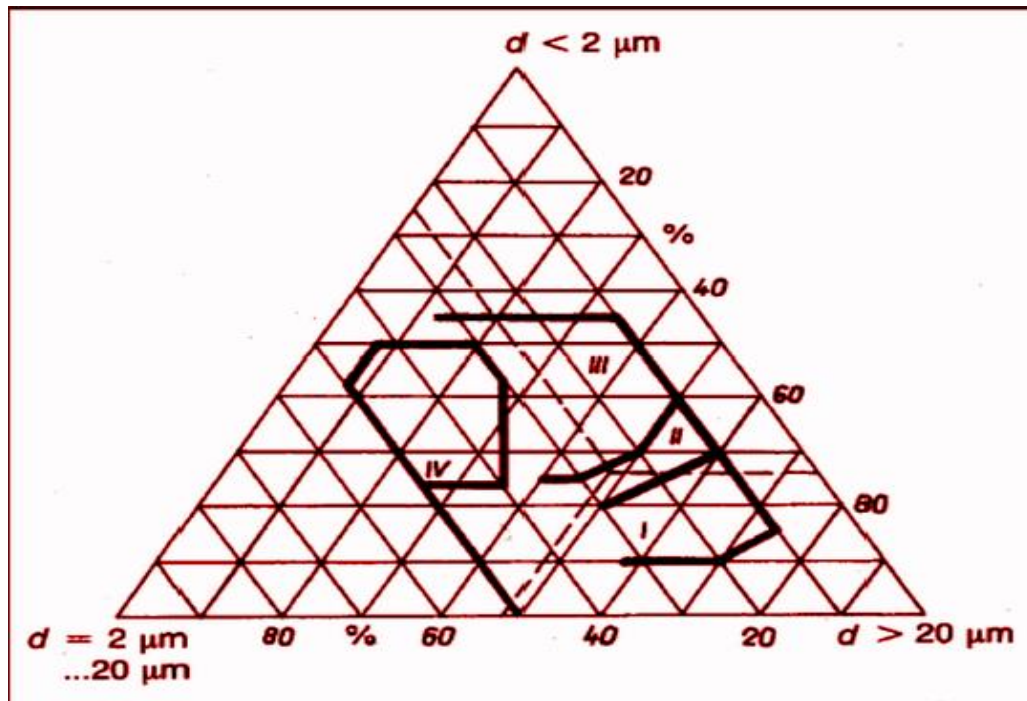
O referido autor avaliou as seguintes propriedades físico-mecânicas: absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão. A microestrutura das composições foi avaliada através de ensaios de porosimetria de mercúrio e microscopia eletrônica de varredura.

Os resultados indicaram que:

- A incorporação do chamote melhorou os parâmetros de secagem da cerâmica após a queima;
- A porosidade praticamente não sofreu variações significativas, o que indica que a queima de chamote em temperaturas superiores àquela em que ele foi obtido, propicia sua própria sinterização e não ocasiona alterações degenerativas na microestrutura das cerâmicas queimadas.

Um fator fundamental apontado na utilização de aditivos não plásticos em massas cerâmicas é a composição granulométrica da massa. Para uma maior orientação desta propriedade física, pode-se utilizar como ferramenta o Diagrama Ternário de Winkler (1954). A Figura 6 apresenta o Diagrama Ternário de Winkler, mostrando as áreas de distribuição granulométrica ótimas para alguns produtos de cerâmica vermelha.

Figura 6 - Classificação ternária do Diagrama de Winkler de produtos argilosos, baseado na distribuição granulométrica de grãos e partículas em relação ao uso prático de matérias-primas.



Nota: (I) tijolos sólidos; (II) tijolos perfurados; (III) telhas; (IV) produtos de revestimento.

Fonte: SANTOS, 1992.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2 Materiais utilizados

Neste trabalho, para a produção dos corpos de provas retangulares e em forma de painéis, foram utilizados a argila já beneficiada encontrada em Icoaraci, e o chamote proveniente das peças queimadas da mesma localidade, além de alguns equipamentos.

3.2.1 Argila

A argila utilizada neste trabalho foi retirada das margens do rio Paracuri. Após a retirada é levada de canoa até a maromba, onde é feito o primeiro a extração e o beneficiamento. Conforme o item 2.2.1 e 2.2.2.

A maromba consiste numa grande extrusora onde faz-se a argila se tornar homogênea. E logo após é comprada pelos oleiros. No entanto, os oleiros não pagam o valor respectivos da argila e sim do transporte e beneficiamento. A Figura 7 mostra a argila beneficiada utilizada para a produção dos corpos de prova, conforme o item 2.2.2.

Figura 7 – argila beneficiada



Fonte: Autoria Própria (2018).

3.1.2 Chamote

O chamote utilizado neste trabalho foi produzido a partir de materiais cerâmicos descartados na própria olaria. O material descartado queimado foi selecionado, antes de ser macerado, pois havia materiais que não obtiveram a queima completa, como mostra a Figura 8 esse material não foi utilizado para a produção do chamote.

Figura 8 – material cerâmico com queima incompleta.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Após a seleção dos materiais cerâmicos, foi produzido o chamote com a granulometria aproximada do chamote que é produzido nas olarias de São Matheus – Bragança/PA. O material macerado foi peneirado a 80#, tendo em vista de obter o máximo de uniformidade do chamote, o passante foi utilizado para a produção do corpo de prova, enquanto o retido foi descartado. A Figura 9 mostra o chamote pronto para a produção do corpo de prova.

Figura 9 - Chamote peneirado a 80#



Fonte: Autoria Própria (2018).

3.1.3 Molde

Em virtude, dos moldes usualmente utilizados para confecção dos corpos de prova estarem sendo utilizados em outras pesquisas, foi desenvolvido uma nova matriz em alumínio, como mostra a Figura 10, que passou a produzir corpos de provas com as seguintes dimensões: 10 cm de comprimento x 5 cm de largura x 1 cm de espessura.

Figura 10 – Matriz em alumínio.



Fonte: Autoria Própria (2018).

3.1.4 Forno

O forno utilizado (Figura 11 A e B) para a queima dos C.P's (Corpo de Provas) pelo método empírico (painéis e blocos) foi o que é usualmente utilizado para a queima de vasos e utensílios domésticos, que se encontra na olaria C&K localizada na travessa Soledade em Icoaraci.

Figura 11 – A) Vista Frontal B) Vista superior.



Fonte: Autoria Própria (2018).

3.2 Metodologia empregada

São descritos a metodologia empregada para a caracterização das matérias-primas, elaboração dos corpos de prova, determinação dos aspectos microestruturais e das propriedades das cerâmicas produzidas.

O procedimento experimental envolveu:

- Beneficiamento e seleção das matérias-primas;
- Caracterização das matérias-primas (argila e chamote);
- Produção dos corpos de prova (retangulares e painelas);
- Queima dos corpos de prova;
- Determinação das propriedades físicas e térmicas da cerâmica;

3.2.1. Beneficiamento das matérias-primas

Como explicado anteriormente no item 2.2.2, a argila passou por processo de beneficiamento e seleção antes da produção laboratorial e artesanal dos corpos de prova. No item 3.1.2 explica o processo de obtenção do chamote que foi utilizado.

3.2.2. Caracterização das matérias-primas

A caracterização das matérias-primas consistiu na determinação da composição mineralógica, composição química e características físicas. A caracterização mineralógica foi realizada por meios de testes de difração de raio-X (DRX). A caracterização química foi realizada por fluorescência de raios-X (FRX). A caracterização morfológica das cerâmicas produzidas atualmente nas olarias foi efetuada por microscopia eletrônica de varredura (MEV/EDS), quantificação da matéria orgânica através da perda ao fogo e análise granulométrica por peneiramento que foi obtida por Costa (2013) em seu estudo no IFPA (Instituto Federal do Pará).

3.2.2.1 Difração de raios-X (DRX)

A Difração de Raio-X foi feita em lâminas orientadas para a análise dos argilominerais, e na amostra total, pelo método do pó, a fim de reconhecer os constituintes da argila.

As medidas foram realizadas em um Difrátômetro de Raios-X modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60) da PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta), tubo de Raios - X

cerâmico e anodo de cobre ($K\alpha_1=1,540598 \text{ \AA}$), modelo PW3373/00 com foco fino longo (2200W-60kV) e filtro $K\beta$ de níquel. O detector utilizado é o X'Celerator, do tipo RTMS (Real Time Multiple Scanning), atuando no modo Scanning e com um active length de 2, 122°.

As condições instrumentais utilizadas foram: varredura de 5° a 100° em 2θ ; voltagem de 40kV e corrente de 30mA; tamanho do passo: 0,02° em 2θ e 60s o tempo/passo; fenda divergente de 1/8° e anti espalhamento de 1/4°; máscara de 10 mm; amostra em movimentação circular com frequência de 1 rotação/s.

O software usado na coleta dos dados foi o X-Pert Data Collector, versão 2.1a, e o software usado na identificação de fases cristalinas foi o X-Pert High Score versão 2.1b, ambos da PANalytical.

3.2.2.2 Fluorescência de Raio-X (FRX)

As análises químicas seriam realizadas por meio de fluorescência de raios X (FRX), com amostras contendo granulometria inferior a 200# (mesh), utilizando-se um espectrômetro por fluorescência de raios X do modelo EDX-700, da marca Shimadzu, localizado no Laboratório de Caracterização Mineral (LCM), do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.

3.2.2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/EDS)

A avaliação microestrutural e caracterização mineralógica das cerâmicas também foi realizado pelo método MEV/EDS, através do microscópio modelo LEO-1430 ZEISS, no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. As amostras foram metalizadas com ouro ($19,32 \text{ g/cm}^3$), com uma corrente de 25 \AA e o tempo de recobrimento foi de aproximadamente 2 minutos dentro do metalizador SHIMADZU modelo IC-50. Os dados operacionais do microscópio eletrônico de varredura foram: voltagem de aceleração de 20 kv, corrente de feixe elétrons de 90 $\mu\text{\AA}$ e a distância de trabalho de 15 mm. As condições de análises para as imagens de elétrons espalhados foram: corrente do feixe de elétrons = 90 $\mu\text{\AA}$, voltagem de aceleração constante = 20 kv, distância de trabalho = 15 mm.

3.2.2.4 Determinação da matéria orgânica (perda ao fogo por calcinação).

Foi pesado aproximadamente 1 grama da amostra de argila acima de 80# previamente seca, por 1 (uma) hora a 110 °C em cadinho de porcelana, também previamente calcinado em forno mufla QUIMIS a 950 °C, do Laboratório de Análises Químicas do Instituto de Geociências.

O cadinho e amostra foram levados ao forno mufla à temperatura de 1000 °C durante 1 (uma) hora. Após esse procedimento, foi retirado o cadinho que ficou esfriando no dessecador por 30 minutos.

A diferença de peso entre as duas pesagens e o peso da amostra original nos dá o peso da perda ao fogo por calcinação, como mostra a equação 1. Desconsiderando os argilominerais hidratados.

$$P1 = \text{peso do cadinho} + \text{amostra seca}$$

$$P2 = \text{peso do cadinho} + \text{amostra calcinada}$$

$$PF = \text{perda de massa ao fogo}$$

$$PF(\%) = \frac{P1 - P2(g)}{\text{massa da amostra}} \times 100\% \quad (1)$$

3.2.2.5 Análise granulométrica por peneiramento

Executou-se o peneiramento de cada alíquota, para a separação do material em 10 classes granulométricas, segundo a escala Tyler. A série de peneiras utilizada foi a seguinte: 0,837 mm; 0,592 mm; 0,419 mm; 0,296 mm; 0,209 mm; 0,148 mm; 0,105 mm; 0,074 mm; 0,052 mm e 0,037 mm (COSTA, J.H.B.; RODRIGUES, M.C.G.; SILVA, S.S.2013).

Costa e colaboradores (2013) realizou peneiramento a úmido da argila de Icoaraci, no qual as bacias foram preenchidas com água até a metade e, com a peneira submersa em água realizou-se a sequência do peneiramento, partindo da peneira de maior abertura. Os retidos, com ajuda de pipetas, foram colocados em recipientes de alumínio. O passante foi peneirado na segunda peneira de abertura imediatamente menor, repetindo-se o processo até a última peneira de menor abertura.

Depois de finalizado o peneiramento, as frações retidas foram secas em estufa, a 100°C, durante 3 horas. Após esse período, anotou-se a massa medida em balança analítica de precisão de cada retido. Com os dados da massa de cada fração granulométrica, calculou-se a porcentagem retida em cada peneira e a fração modal das alíquotas (COSTA, J.H.B.; RODRIGUES, M.C.G.; SILVA, S.S.2013).

3.2.3 Obtenção das propriedades tecnológicas

3.2.3.1 Absorção de água

Para a determinação da absorção de água (AA) dos corpos-de-prova (C.P's) foi realizado o procedimento de acordo com a NBR 15270-3, onde as amostras foram imersas em um recipiente contendo água, em volume suficiente para mantê-los totalmente imersos. Após 24 horas as amostras foram retiradas removendo o excesso de água superficial e em seguida pesadas em balança com resolução de 0,01g. O valor da absorção de água (AA) em porcentagem (%) foi obtida segundo a Equação 2:

$$AA(\%) = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad (2)$$

Onde: Mu = massa do corpo de prova saturado de água (g)

Ms = massa do corpo de prova seco (g)

3.2.3.2 Porosidade aparente

Foi utilizado o princípio de Arquimedes para a obtenção da porosidade aparente. O procedimento foi realizado simultaneamente com o ensaio de absorção de água, onde após a retirada da imersão em água, durante 24 horas, as amostras foram pesadas imersas em água destilada. A porosidade aparente (PA) foi determinada por meio da Equação 3, apresentada por SANTOS (1989):

$$PA(\%) = \frac{(Mu - Ms)}{Mu - Mi} \times 100 \quad (3)$$

Onde: Mu = massa do corpo de prova úmido (g)

Ms = massa do corpo de prova seco (g)

3.2.3.3 Massa específica aparente

De posse dos valores da massa do corpo de prova úmido e massa do corpo de prova imerso em água, utilizados para a obtenção da porosidade e absorção de água, a massa específica aparente (MEA) dos corpos-de-prova foi determinada por meio da Equação 4, apresentada por SANTOS (1989):

$$MEA(g/cm^3) = \frac{Ms}{Mu - Mi} \quad (4)$$

Onde: Ms = massa do corpo de prova seco (g)

Mu = massa do corpo de prova úmido (g)

Mi = massa do corpo de prova imerso em água (g)

3.2.3.4 Retração linear de queima

Com um paquímetro foram determinadas as dimensões dos corpos de prova a verde (após secagem a 110 °C, por 24 horas) e após queima, para todas as formulações. A retração linear de queima (RLQ) foi determinada por meio da Equação 5, apresentada por SANTOS (1989):

$$RLQ(\%) = \frac{Cs - Cq}{Cs} \times 100 \quad (5)$$

Onde: Cs = comprimento do corpo de prova após secagem (cm)

Cq = comprimento do corpo de prova após queima (cm)

3.2.4 Produção dos corpos de prova.

A preparação dos C.P's de forma a obter resultados compatíveis com as peças obtidas pelos artesãos revelou-se como primeiro problema a ser abordado. Era importante ter uma forma de avaliar como a preparação da massa e sua forma de modelagem influenciava nas propriedades das peças. Desta forma, optou-se por duas formas de modelagem. Para o estudo da matéria prima, trabalhou-se com a prensagem em molde metálico. Esta forma permitiu a obtenção de C.P com dimensões adequadas a determinados ensaios, tais como, Absorção de Água, Retração de Queima, etc. É importante ressaltar que a conformação foi feita manual dos corpos, uma vez que o uso de prensa traria resultados díspares dos obtidos pelos artesãos. Por fim, considerou-

se ainda de extrema importância estudar peças com formas semelhantes às trabalhadas pelos artesãos, a exemplo do estudo de Weber e colaboradores (2002). Neste caso, priorizou-se as em forma de cuias, que se aproximam das panelas, travessas, etc. Estes C.P. foram modelados manualmente com auxílio de oleiros e foi avaliado o tempo de secagem, a existência de gradientes de umidade, a facilidade de modelagem das peças, bem como seu comportamento de queima (aparecimento de trincas e rachaduras, deformação da peça, etc.) e sua habilidade em armazenar água (o que está diretamente relacionado à porosidade da peça). As duas formas de modelagem mostraram úteis e necessárias ao estudo de peças cerâmicas artesanais.

3.2.4.1 Produção do corpo de prova no molde retangular.

A preparação das composições foi produzida com a incorporação de chamote nas quantidades de 0, 5, 10, 15 e 20% em massa. Foram preparados 4 corpos de prova de cada composição. O valor padrão inicial estabelecido foi o de 160 gramas de argila útil (argila+água). A Tabela 1 apresenta as composições que foram utilizadas nos corpos de prova. A produção dos referidos C.P's foi realizado no Laboratório de Química da Universidade Federal do Pará, *Campus Ananindeua*.

Tabela 1 – Composição inicial para a produção dos C.P's (blocos).

	0%	5%	10%	15%	20%
Argila	160 g	152 g	144 g	136 g	128 g
Chamote	0 g	8 g	16 g	24 g	32 g
TOTAL	160 gramas	160 gramas	160 gramas	160 gramas	160 gramas

Fonte: Autoria Própria (2018).

A homogeneização das massas (chamote + argila), foi realizada manualmente, no Laboratório de Química, da Universidade Federal do Pará, *Campus Ananindeua*.

Na Tabela 2 apresenta a composição da mistura total, para a produção do corpo de prova, porem o mesmo teve massa inferior das composições iniciais, e uma pequena variação de massa dos corpos de provas com diferentes porcentagens. A Tabela 2 apresenta as massas úteis de cada corpo de prova em suas respectivas porcentagens.

Tabela 2 – peso dos C.P's produzidos (massa útil).

	0%	5%	10%	15%	20%
CP 1	102 g	108 g	104 g	102 g	103 g
CP 2	102 g	108 g	104 g	102 g	104 g
CP 3	102 g	108 g	104 g	102 g	103 g
CP 4	102 g	108 g	104 g	102 g	103 g

Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Tabela 3 apresenta os pesos dos C.P's depois da secagem de 48 horas, em temperatura ambiente.

Tabela 3 – peso dos C.P's depois da secagem.

	0%	5%	10%	15%	20%
CP 1	96 g	102 g	100 g	96 g	96 g
CP 2	96 g	102 g	100 g	96 g	98 g
CP 3	96 g	102 g	100 g	100 g	98 g
CP 4	96 g	102 g	100 g	100 g	98 g

Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Tabela 4 apresenta os pesos dos C.P's depois da queima. A queima foi realizada na Olaria C&K onde se encontra o forno que se faz a queima de utilitários cotidianamente, em temperatura variando entre 500 °C a 600 °C, conforme indicado no item 1.1.

Tabela 4 – peso dos C.P's depois da queima.

	0%	5%	10%	15%	20%
CP 1	65 g	71 g	72 g	70 g	76 g
CP 2	63 g	71 g	71 g	78 g	76 g
CP 3	67 g	71 g	71 g	78 g	76 g
CP 4	67 g	71 g	71 g	78 g	76 g

Fonte: Autoria Própria (2018).

Os C.P's produzidos no molde metálico foi para a obtenção das propriedades tecnológica do material. Como: absorção de água (AA), massa específica aparente (MEA), porosidade aparente (PA) e retração linear de queima (RLq). A Figura 12 mostra os corpos de provas retangulares pós queima.

Figura 12: Corpos de prova retangulares

Fonte: Autoria própria (2018).

3.2.4.2 Produção do corpo de prova em forma de panelas.

A preparação das panelas foi realizada na Olaria C&K, localizado na Avenida Soledade, com a ajuda do artesão, que se disponibilizou a ajudar.

O trabalho tem por objetivo de tentar produzir panelas com maior resistência térmica com a argila de Icoaraci, então notou-se a importância da produção das mesmas para os devidos testes proposto pelo grupo. Os devidos CP's na forma de panelas tem um diâmetro de 8 centímetros.

Foram produzidos 3 séries de cada panelas variando-se as devidas porcentagens de chamote. Como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Composição inicial para a produção da panela.

	Argila (em gramas)	Chamote (em gramas)
Panela 1	260 g	0 g
Panela 2	247 g	13 g
Panela 3	234 g	26 g
Panela 4	221 g	39 g
Panela 5	208 g	52 g

Fonte: Autoria Própria (2018).

É importante ressaltar que o método utilizado para a produção das panelas foi o mesmo que é utilizado para a produção de panelas que vão ao fogo, produzidas em São Matheus – Bragança/PA.

As panelas foram produzidas e após 48 horas secando a temperatura ambiente, foram colocadas para queima, a Figura 13 mostra as panelas antes e depois da queima.

Figura 13: a) Panelas cruas b) Panelas pós queima



Fonte: Autoria própria (2018).

Em seguida, as panelas produzidas passaram por ensaios específicos afim de obter com êxito os objetivos já descritos neste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

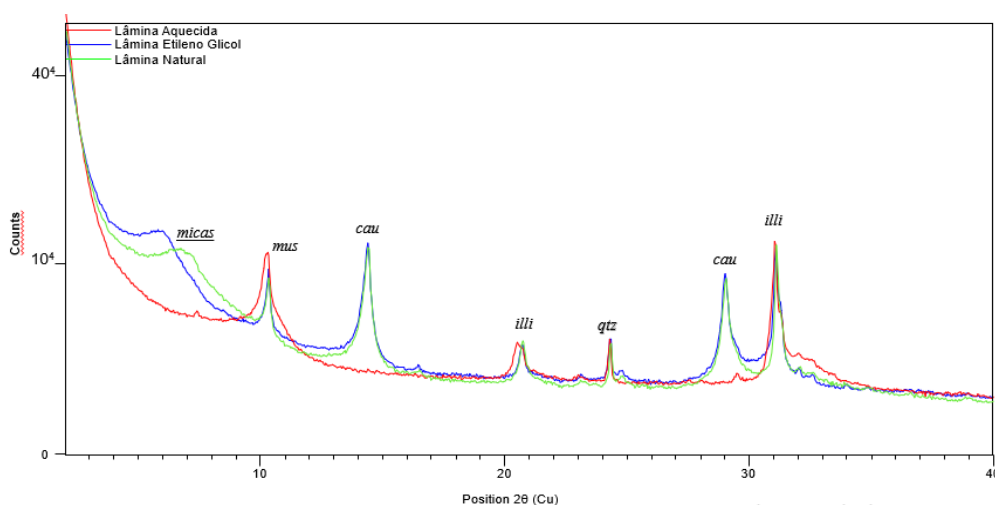
4.1 Difrações de raios-x das matérias-primas

A Figura 14 apresenta o difratograma de raios-X das lâminas orientadas da argila de Icoaraci. São observadas como fases cristalinas presentes caulinita, quartzo, e minerais esmectícios. Os picos predominantes são referentes à muscovita [(KAl_{2.20}(SiAl)_{0.97}O₁₀((OH)_{1.72}O_{0.28})] e ao quartzo (SiO₂). Os minerais esmectícios são minerais acessórios presentes na argila de Icoaraci.

O quartzo presente na Figura 14, foi devido algum possível erro na produção das lâminas orientadas, onde houve uma pequena quantidade de quartzo passante. Devido os planos não estarem bem definidos, o pico definido como micas, está relacionado aos argilominerais micáceos, constitui uma família de minerais filossilicáticos hidratados aluminosos de baixa cristalinidade e diminutas dimensões (partículas menores do que 1/256 mm ou 4 µm de diâmetro), como a caulinita, esmectita, montmorillonita, illitas, etc. (NICCHIO, 2017) foi estabelecido devido seu comportamento ao etileno glicol e após o aquecimento a 550°C.

A argila apresenta picos de difração correspondentes da caulinita (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O), quartzo (SiO₂) muscovita e feldspato. A caulinita é responsável pelo desenvolvimento da plasticidade em mistura com água e ainda apresenta comportamento refratário de queima. O quartzo é uma impureza natural das argilas e atua como um material não plástico no sistema água/argila (COSTA, 2013).

Figura 14: Difratograma da lâmina orientadas.

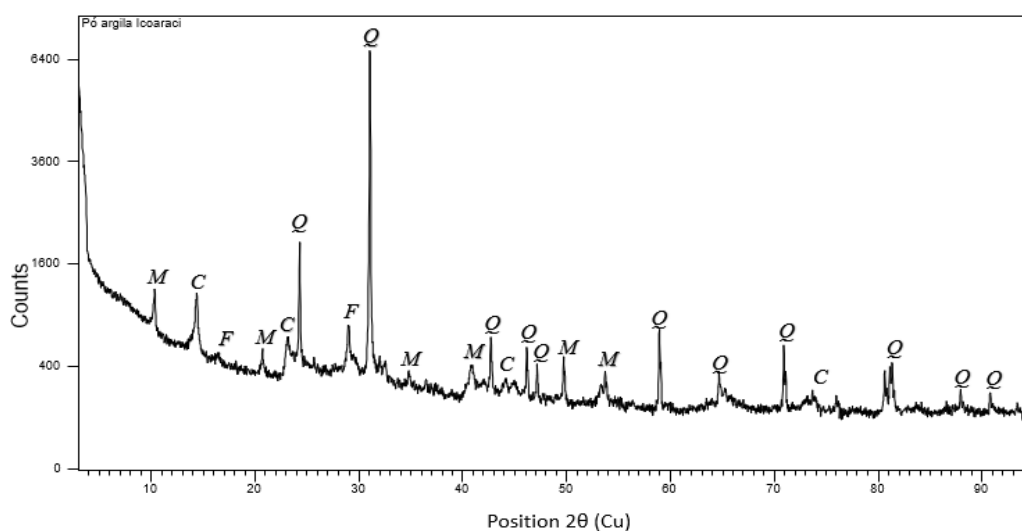


Nota: mus= muscovita; cau= caulinita; illi= illita; qtz= quartzo; micas= micáceos não definidos.

Fonte: Autoria própria (2018).

cerâmicos destinados à construção civil. Como base nas fases identificadas, este mineral é o responsável pelo desenvolvimento de plasticidade nas argilas estudadas. O quartzo se constitui como a principal impureza presente nas argilas, atuando como matéria-prima não plástica e inerte durante a queima, sendo encontrado em grandes quantidades na amostra. A mica moscovita é um mineral com textura lamelar que pode ocasionar o aparecimento de defeitos nas peças cerâmicas. Em tamanho de partícula reduzido, a mica moscovita pode atuar como fundente devido à presença de óxidos alcalinos.

Figura 16: Difratoograma da argila pelo método do pó sem orientação preferencial.



Nota: M= moscovita; C= caulinita; F= feldspato; Q= quartzo.

Fonte: Autoria própria (2018).

4.2 Análise químicas das matérias primas.

A Tabela 6 apresenta a composição química da argila. É possível observar que a argila é predominantemente constituída de SiO_2 e Al_2O_3 , os quais estão em sua maior parte combinados formando os aluminossilicatos como a mica muscovita e a caulinita, por exemplo.

Segundo Pereira (2011) teor de óxido de ferro confere uma coloração avermelhada ao produto após a queima. Os óxidos alcalino-terrosos CaO e MgO estão presentes na estrutura da mica muscovita e eventualmente na montmorilonita. O óxido alcalino K_2O é fundente muito ativo e tem como finalidade à formação de fase líquida, necessária para uma densificação acentuada da cerâmica após a queima com consolidação das partículas.

Nas argilas de Icoaraci, este óxido se encontra formando compostos como a mica muscovita. Traços de feldspatos, mineral que dá origem a argila, são eventualmente identificados nas argilas da região. A perda ao fogo (PF) ocorre principalmente devido à perda de água de constituição dos argilominerais, desidratação de hidróxidos, oxidação de matéria orgânica e decomposição de carbonatos. A elevada perda ao fogo da argila está associada, sobretudo, à perda de água de constituição da caulinita e ainda à desidratação da gibbsita.

Tabela 6 – Composição química da argila.

ARGILA									
COMPONENTE	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	TiO_2	MgO	CaO	MnO	PF
%	55,70	21,50	6,21	2,47	1,34	3,23	0,14	0,13	8,43
TRAÇOS	Cl, Cr,	Sr, Rb							

Fonte: Aatoria Própria (2018).

O chamote utilizado apresentou elevada concentração de SiO_2 (62,2%), Al_2O_3 (19,6%) e Fe_2O_3 (6,85%) devido à natureza argilosa das matérias-primas na produção dos utilitários como mostra a Tabela 7. Os álcalis K_2O , MgO e CaO , apareceram em menor concentração comparada a argila, além de uma menor perda ao fogo que se deve ao fato do chamote ser um material queimado a uma temperatura entre 500°C a 600°C , onde já ocorreu a combustão da matéria orgânica, perda das hidroxilas, decomposição dos carbonatos e fusão parcial dos álcalis.

Tabela 7 – Composição química do chamote.

CHAMOTE									
COMPONENTE	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	PF
%	62,20	19,60	6,85	2,11	1,30	1,21	0,13	0,24	5,79
TRAÇOS	Cl, Cr, Sr, Rb.								

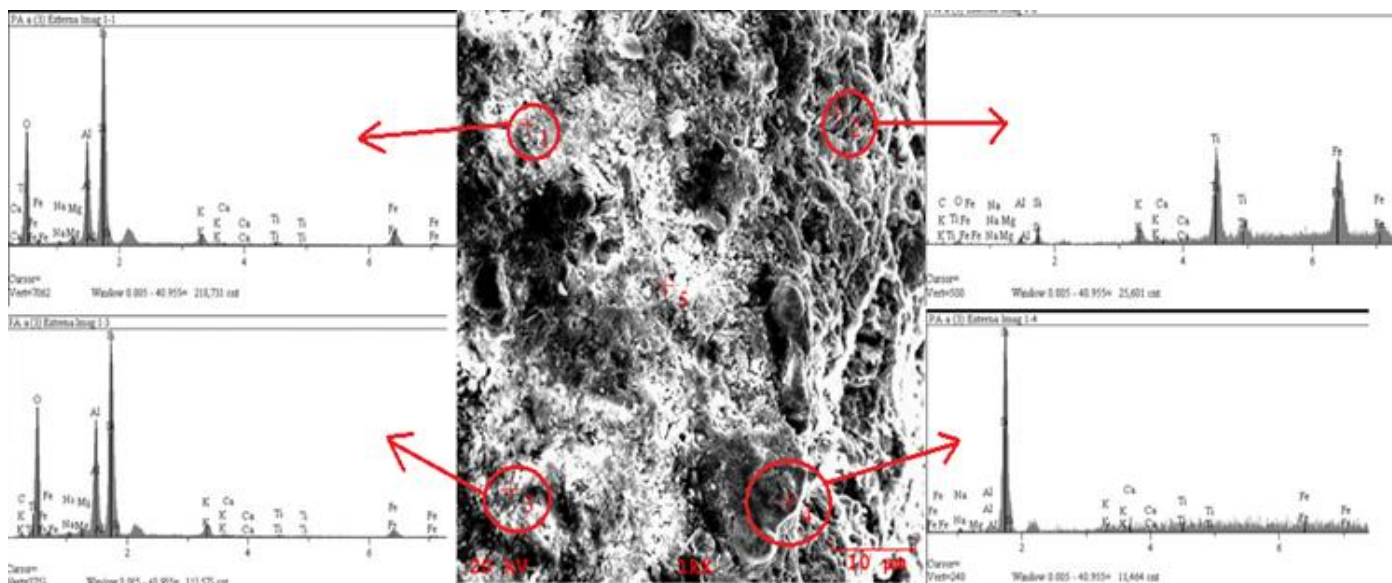
Fonte: Aatoria Própria (2018).

4.3 MEV/EDS

A micrografias foram feitas no material produzido em Icoaraci, portanto a cerâmica foi produzida a temperaturas em torno de 500 °C a 600 °C. Não foram detectadas variações significativas da morfologia dos grãos e dos poros.

Na Figura 17 é apresentada a micrografia referente ao MEV/EDS com isso foram analisados suas estruturas e picos de elementos em determinados pontos definidos também pode-se visualizar a quantidade e tamanho dos poros nas cerâmicas.

figura 17 - Micrografia da cerâmica produzida em Icoaraci e espectros EDS dos pontos indicados sobre a imagem.



Fonte: Aatoria própria (2018).

A cerâmica da argila sem adição de chamote mostra uma estrutura com vários poros, sendo estes, possivelmente, os elementos causadores da baixa resistência dos utensílios que são produzidos nas olarias.

Foram selecionados 5 pontos dividido em quatro áreas da amostra. Totalizando 20 pontos definidos. A maioria dos pontos apresentou-se quantificação aproximada de mesmos elementos, então não foi necessário representar os demais pontos. Isso implica que a argila estudada tem uma uniformidade em relação a determinados grãos.

A alta porcentagem de carbono, pressupõe que a argila tem alto teor de matéria orgânica mesmo após queima. Como foi citado anteriormente, segundo oleiros a temperatura de queima é entre 500 °C a 600 °C, e ao se tratar de fornos, leva-se em conta que temperaturas variam em determinadas áreas do forno. Assim, confirmou-se a presença marcante de argilomineral caulinita e do mineral quartzo, o que foi confirmado no DRX, presentes em todas as regiões, além do elemento carbono, caracterizado como matéria orgânica decomposta ou não decomposta. O oxigênio combinado com outros elementos bem notórios na amostra, como o silício. Assim confirmando que a amostra tem uma grande quantidade de sílica. Sendo este confirmado em análise química.

Também há presença de ferro, o que implica na coloração avermelhada após queima. Deste modo, a caracterização morfológica por MEV/EDS foi muito importante para a confirmação da caulinita, quartzo e material orgânico, identificados pela DRX. Ainda pelo método do MEV, foi possível verificar a presença de outros minerais acessórios, como: pirita, muscovita e halita. Provavelmente não identificados por DRX, por causa dos altos picos de quartzo na amostra, além de demonstrar uniformidade da cerâmica.

4.4 Matéria orgânica

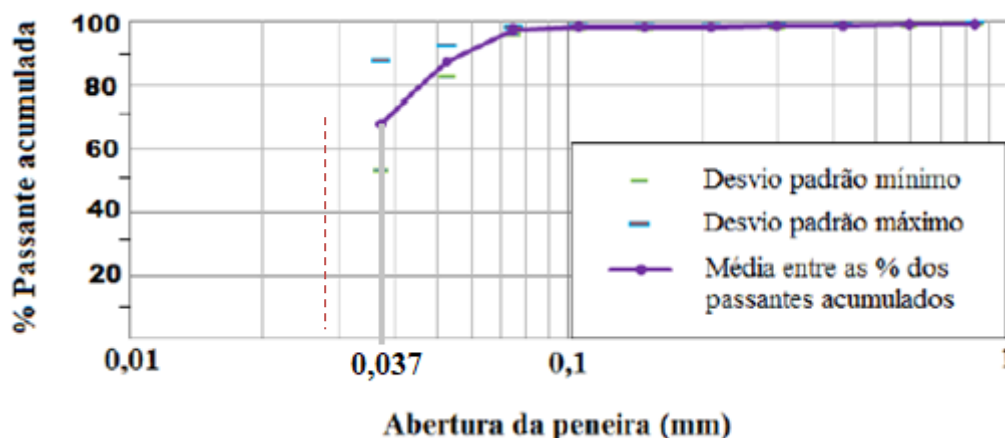
Devido a quantificação da matéria orgânica ter sido executado em perda ao fogo (perda de massa após o aquecimento), as argilas contêm argilominerais hidratados, minerais que possivelmente perdem água em suas estruturas após serem expostas a temperatura de 550 °C. Assim o valor correspondente pode se aproximar do valor real da matéria orgânica.

Com o resultado obtido verificou-se que mesmo a argila com a coloração clara, coloração comum em argilas com baixa matéria orgânica, o resultado foi expressivamente alto. Perdendo aproximadamente 8% da sua massa ao fogo. O valor de perda ao fogo compreende as OH⁻ dos minerais micáceos presente na amostra mais o valor de matéria orgânica.

4.5 Análise granulométrica por peneiramento

A análise granulométrica por peneiramento permitiu a confecção de um gráfico da porcentagem média dos passantes acumulados pelas aberturas das peneiras utilizadas como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 - porcentagem média dos passantes acumulados em cada peneira.



Fonte: COSTA, 2013.

A partir das análises realizadas por Costa (2013), verificou-se que a granulometria predominante se encontra na faixa granulométrica abaixo de 0,037 mm, com aproximadamente 65% do material passante, cujos grãos estão compreendidos na classificação silte e argila.

A presença de raízes visíveis a olho nu no material retido nas primeiras 6 peneiras, mostrou uma deficiência no processo de beneficiamento realizado pelos “barreirenses”, pela ausência de uma etapa de peneiramento e; deficiência na preparação da argila realizada pelos artesãos, nas etapas de retirada de raízes e vazios da massa para confecção das peças.

Além das raízes, foram verificadas partículas com granulometrias de proporções muito diferenciadas, pois a argila não passa por uma etapa de peneiramento no processo de beneficiamento.

4.6 Propriedades tecnológicas

Os resultados obtidos das características cerâmicas nos corpos de prova retangulares são apresentados na Tabela 8. Os valores de retração linear de queima variaram de 3,55 a 3,93%, o que satisfaz o valor máximo desejado e recomendado por Santos (1975) para argilas caulínica, que é de 2 a 17%. Os resultados encontrados para cada composição na temperatura de queima do forno podem ser conferidos na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores médios das características das cerâmicas.

Composição	PF (%)	AA (%)	PA (%)	MEA(g/cm³)	RLq(%)
0%	10,16	17,93	30,42	1,69	3,93
5%	11,89	20,92	33,81	1,61	3,80
10%	11,02	19,62	31,81	1,62	3,68
15%	7,95	11,87	21,22	1,78	3,55
20%	10,18	18,42	30,43	1,65	3,87
Ref	-	≤25,00	≤35,00	1,50 a 2,00	2 a 17*

Nota: PF=Perda de massa ao fogo; AA=Absorção de água; PA=Porosidade aparente; MEA=Massa específica aparente; RLq=Retração linear de queima; Ref= Souza Santos (1975); * valor para argila caulinítica.

Fonte: Autoria própria (2018).

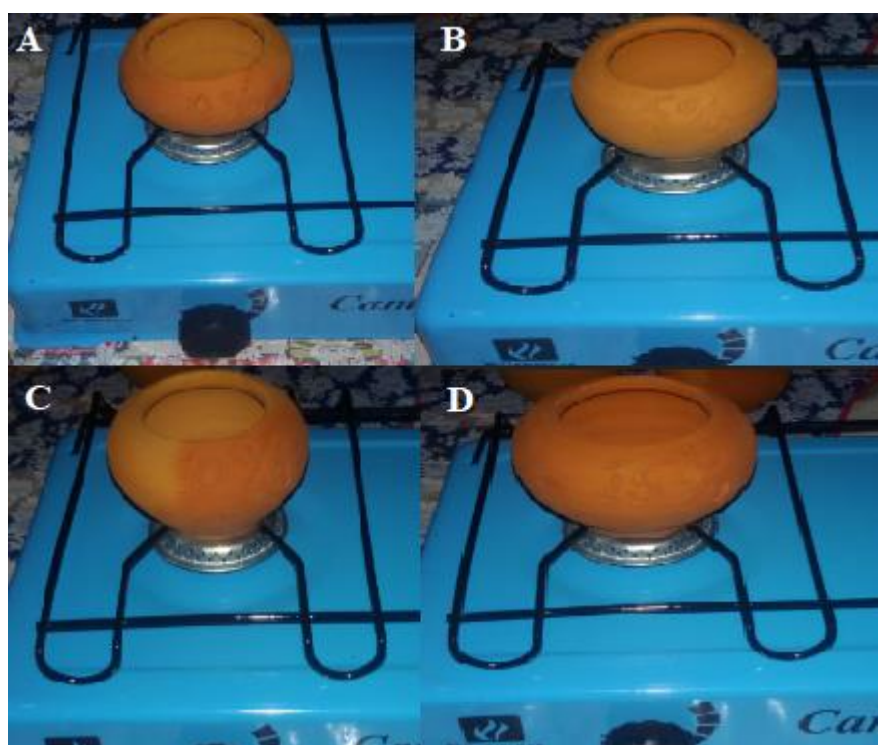
Os valores de perda ao fogo diminuíram com o acréscimo de chamote, porém os C.P's de 20% (vinte por cento) aumentaram significativamente sua perda de massa ao fogo, podendo estar relacionado ao modo de produção. Devido a porcentagem ser alta e a homogeneização da argila mais chamote ter sido manualmente, necessitou de maior quantidade de água para produção. Sendo assim perdendo grande massa de água após queima.

A composição argilosa com 15 % apresentou-se com o valor maior da massa específica aparente (MEA), sendo assim tornando-se em um material mais resistente. Já a porosidade aparente (PA), com limite máximo de 35%, foi atendida por todas as composições, fato que já havia sido observado devido à baixa perda ao fogo da argila.

4.7 Testes nas panelas.

Para a definição dos objetivos específicos como demonstrou Webber (2002), as panelas produzidas com determinadas quantidades de chamote, foram expostas ao fogo, simulando o cozimento de alimentos. As panelas foram ao fogo com água, por 40 minutos cada, o tempo foi determinado devido o tempo médio de cozimento de alimentos, a fim de se observar resultado. A Figura 18, mostra os corpos de prova do tipo panelas

Figura 18: Panelas antes dos testes.



Fonte: Autoria própria (2018).

Após expostas ao fogo, foram analisadas texturas, cor ou devidas trincas que poderia ocorrerem com a presença de calor. As panelas de 0 (zero) por cento de chamote fraturou-se após aproximadamente 20 minutos exposta ao fogo. Confirmando o que é dito pelos próprios artesãos, sobre os utensílios produzidos na localidade. Panelas com adição de chamote 5%, 10%, 15%, e 20% não sofreram alteração após exposta ao fogo. Porém o que se afirmou o material mais adequado foram os ensaios tecnológicos

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela aplicação das técnicas de difração de raios X, fluorescência de raios-X, aliadas à análise microscópica, foi possível a determinação da composição mineralógica e química da argila do Polo Industrial de Icoaraci. Em todas as amostras os minerais predominantes foram caulinita, quartzo e as micas. Outras fases de menor importância, que também estavam presentes. A amostra de argila considerada, apresentou composições que englobam características de matérias primas atualmente utilizadas nos produtos cerâmicos brasileiros.

Com os ensaios tecnológicos, afirmou que a composição de 15% de chamote seria mais adequada, devido valores de retração linear, perda de massa ao fogo, absorção de água e porosidade aparente serem menores que as demais composições e sua trabalhabilidade não foi alterada. O C.P's com 15% de chamote reduziu significativamente a absorção de água e retração linear de queima. Entretanto, ocorre também uma redução da resistência. Este comportamento é atribuído à maior presença de quartzo, fato que foi comprovado em trabalhos que sustentou essa pesquisa.

A menor perda de massa pós queima implica na menor formação de poros, assim sendo menores absorvedores de água. Foi observado também que os corpos de prova com menores retrações lineares pós queima, sofreram menores defeitos.

Devido à constituição mineralógica com menor teor de argilomineral, o chamote permitiu um ajuste de plasticidade da massa argilosa. Entretanto, não é possível um controle quanto à formação dos poros no corpo cerâmico, ou seja, neste método podem aparecer tantos poros fechados como poros abertos, dependendo da maneira como o chamote ficou distribuído na massa argilosa. Além disto, o chamote reduz significativamente a extração de argila local devido a utilização do próprio para a produção dos utilitários.

Por fim, a utilização de chamote para aumentar a resistência térmica e diminuir a porosidade das peças, verificou-se que o chamote é um aditivo que proporciona resultados bastante satisfatórios. Além disso, o chamote é fácil de ser obtido e não apresenta custo, por ser um material defeituoso descartado.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Ensaio mecânico: flexão de 3 pontos nos corpos de prova retangular, para determinar a sua resistência mecânica.
- Análise química dos alimentos cozidos nas panelas produzidas, a fim de revelar tais substâncias possíveis liberadas após o cozimento.
- Aplicação do conhecimento técnico, para inicialização da produção das peças com chamote em olarias.
- Produção de esmalte para promover antiaderência dos utensílios cerâmicos.

REFERÊNCIAS

ABCERAM - **Associação Brasileira de Cerâmica, Processo de Fabricação de Cerâmica Vermelha**, 2011. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/>>. Acessado em 13/07/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Cerâmica no Brasil – Números do Setor. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>>. Acessado em: 21 de agosto de 2010.

AMORIM, Lilian Bayma de. Cerâmica marajoara: caminho para compreender a pré-história da Amazônia. 2005.

ANFACER, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA. Perspectivas. Base estruturada, futuro promissor. Disponível em:<<http://www.anfacer.org.br>>. Acesso em: 06 abril 2002.

ANICER - **Associação Nacional da Indústria Cerâmica**. Disponível em: www.anicer.com.br Acesso em: 22/10/2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

AMERICAN ASSOCIATION OF CERAMICS. Disponível em: www.ceramics.org acessado em 17 de novembro de 2017.

BABISK, Michelle Pereira et al. Incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha. HOLOS, v. 6, 2012.

BARSOUM M., “Fundamentals of Ceramics”, McGraw-Hill International Editions, Materials Science Series, International Editions (1997).

BURKE J. E., “Lucalox Alumina: the Ceramic that Revolutionized Outdoor Lighting”, Links of Science and Technology, MRS Bulletin, pp. 61-68 June (1996).

CALLISTER, W.D. JR. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A. 9 eds. 2016.

CANDIDO, V. S. Utilização de Argilito e Chamote de Blocos de Vedação na Composição de Massa de Pavimento Intertravado Cerâmico-Adoquim. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Campos dos Goytacazes–RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 156p, 2012.

CARVALHO, T. U. S. et al. Influência da Incorporação do Rejeito do Minério de Manganês de Carajás-PA e Filito de Marabá-PA em Cerâmicas Vermelhas. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais -CBECIMAT- 2014. Anais.

COELHO, Antônio C. Vieira; DE S. SANTOS, P.; DE SANTOS, H. S. Argilas especiais: o que são, caracterização e propriedades. Química Nova, v. 30, n. 1, p. 146, 2007.

COSTA, C. F. M., NEVES, G. A., LIMA SANTANA, L. N. e SOBRAL CARTAXO, F. (1997). Caracterização e propriedades de argilas para uso em cerâmica branca dos estados da Paraíba e do Piauí. In: 41 Congresso Brasileiro de Cerâmica, v.2, p.713-716.

COSTA, J.; RODRIGUES, M.; SILVA, S. Caracterização tecnológica da argila utilizada no processo produtivo de cerâmica artesanal do Distrito de Icoaraci, em Belém do Pará. XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia - GO, 20 a 24 de outubro 2013

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html. Acesso: novembro. 2017.

DONDE, M.; FABBRI, B.; MARSIGLI, M. **“Resenha das experiências de reciclagem de resíduos industriais e urbanos na produção de tijolos”**. Cerâmica Informação, n. 1, p.17-29, nov./dez. 1998.

Diário Online (DOL) – Disponível em: www.diarioonline.com.br. Acesso em: janeiro, 2017.

GOUVEIA, F.P. (2008). Efeito da incorporação de chamote (resíduo cerâmico queimado) em massas cerâmicas para a fabricação de blocos de vedação para o distrito federal – DF. Um estudo experimental. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília –DF. 111 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso: novembro. 2017.

Jornal O Tempo. Disponível em: <<http://www.otempo.com.br>>. Acessado em: janeiro 2018.

LEPREVOST, Alsedo. Minerais para a Indústria. Universidade Federal do Paraná, 1978.

LISBÔA, Tamires de Fátima Pinto. Vulnerabilidade e capacidade de resposta à ameaça de inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Paracuri, Belém - PA. 2013. 111p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2013. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

MACEDO, R. S. Estudo comparativo entre massas cerâmicas industriais eaditivadas para uso em blocos cerâmicos. Campina Grande, 2005. 125p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

MENEZES, R.R., NEVES, G.A., FERREIRA H.C. (2002). O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 6 (2): 303-313.

MOTTA, J.F.M. et al. Características do polo de revestimentos cerâmicos de Santa Gertrudes – SP, com ênfase na produção de argilas. Cerâmica Industrial, São Paulo, v.9, n.1, p.7-13, jan./fev. 2004.

NICCHIO, M. A. Origem e evolução de bandas de deformação do tipo filossilicáticas e influência sobre as propriedades petrofísicas em arenitos grossos da bacia Rio do Peixe, NE, Brasil. 2017. 42 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Exploração Petrolífera e Mineral, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017

NORMA, N. B. R. 15270: 3/05: Componentes Cerâmicos-Parte 3: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação-Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro (Brasil): Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, 2005.

Organizações Rômulo Maiorana (ORM). Disponível em: <http://www.orm.com.br/>. Acesso: 2017.

PINTO N. B. – Tecnologia cerâmica aplicada à produção de pisos e azulejos – Centro de Instrução Profissional Octávia Gaidzinski, 1997.

Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei no. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636. Acesso 2018.

QUEIROZ, L.F.T.; MONTEIRO, S.N.; VIEIRA, C. (2010). Efeito da utilização de areia no processamento e nas propriedades cerâmicas vermelhas. **Cerâmicas**, v. 56, 279-284.

RIPOLI FILHO, F. A Utilização do Rejeito Industrial Cerâmico Chamote – como Fator de Qualidade na Fabricação de Elementos Cerâmicos: um Estudo Experimental. *Cerâmica*, v.43, n.281-282, p.133-139, ago. 1997

SANTOS S. P. Ciência e tecnologia de argilas, 3ed. Vol. 1. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda; 1992.

SANTOS, P. S. (1989). Ciência e Tecnologia das Argilas. 2 ed. São Paulo, Editora Edgard Blucher. v. 01, 408p.

SMITH, W. F. Princípios de ciência e engenharia dos materiais. 3. ed. Lisboa: McGraw-Hill de Portugal Ltda., 1998.

SOUZA, V. P. (2007). Análise dos gases emitidos na produção de cerâmicas com adição de resíduos industriais. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense. 74 p. Campos dos Goytacazes.

SOUZA, Doracy Moraes de. O trabalho dos artesãos ceramistas em Icoaraci, Belém/PA: contribuições aos estudos sobre a dinâmica da Amazônia brasileira. 2010.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. de A.; FERNANDES JUNIOR, J. L.; CASTRO, M. C. A. A. Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. São Carlos (SC), 2002. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento da USP, (Apostila).

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Cerâmica Vermelha, Estudo de Mercado SEBRAE/ESPM 2008.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; ESPM, Escola Superior de Propaganda e Marketing, Cerâmica Vermelha. Estudos de mercado. Relatório Completo, 2008. Disponível em <http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/ceramica-vermelha/NT00038DA6.pdf> Acesso em 17/11/2017.

SENNA, Juliano Alves de et al. Caracterização de argilas de utilização na indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância. 2003.

TELOEKEN, Ana Caroline et al. Utilização de lodo galvânico como matéria-prima em cerâmica vermelha e caracterização dos corpos cerâmicos obtidos quanto a propriedades tecnológicas e a imobilização de metais. *Cerâmica Industrial*, v. 16, n. 2, p. 14-19, 2011.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M. de A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental, Barueri, SP: Manole, 2004. (Coleção ambiental; 1).

VAN VLACK, L. H. Princípios de ciências e tecnologia dos materiais. Tradução de Edson Monteiro. Rio de Janeiro: Elsevier, 1984. 566p.

VERÇOZA, E. J. Materiais de construção. v. I e II. 3a ed. Porto Alegre: Sagra, 1987.

VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO, S. N. (2004). Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. *Cerâmica*, n° 50, p. 254–260.

VIEIRA, C.M.F., SOARES, T.M. MONTEIRO, S.N. Massas cerâmicas para telha: características e comportamento de queima. *Cerâmica Industrial*, n. 9, v. 1, p. 28, 2004.

WEBER, I. T.; GOMES, J. W.; MARIANO, W. A.; MARTINS H. L. Z.; LONGO, E. “Metodologia para cerâmica artística artesanal” – anais do XV CBECIMAT – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos materiais, 2002, Natal – RN.

ZANETI, I. C. B. B. Educação Ambiental, Resíduos Sólidos Urbanos e Sustentabilidade. Um Estudo de Caso Sobre o Sistema de Gestão de Porto Alegre, RS. 2003. Tese (Doutorado) - Departamento de Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.