



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE**

**CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE
ARGILAS DA REGIÃO MEIO LESTE DA PARAÍBA**

BRUNO CAVALCANTI DIAS

CAMPINA GRANDE

2002



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Civil

CCPGEC: Coordenação dos Cursos de Pós-Graduação
em Engenharia Civil

*CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO INDUSTRIAL
DE ARGILAS DA REGIÃO MEIO LESTE DA
PARAÍBA*

AUTOR: BRUNO CAVALCANTI DIAS

ORIENTADOR: PROFº DR. JOÃO BATISTA QUEIROZ DE CARVALHO

*CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO INDUSTRIAL
DE ARGILAS DA REGIÃO MEIO-LESTE DA
PARAÍBA*

BRUNO CAVALCANTI DIAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil.

ORIENTADOR: Prof^o Dr. João Batista Queiroz de Carvalho

Campina Grande, 2002



D541c

Dias, Bruno Cavalcanti.

Caracterização e aplicação industrial de argilas da região meio-leste da Paraíba / Bruno Cavalcanti Dias. - Campina Grande, 2002.

170 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2002.

"Orientação: Prof. Dr. João Batista Queiroz de Carvalho".

Referências.

1. Argila - Engenharia Civil. 2. Argila - Aplicação Industrial. 3. Argila - Paraíba. 4. Engenharia Civil e Ambiental - Dissertação. I. Carvalho, João Batista Queiroz de. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título


CDU 624:679.861(813.3)(043)

*“CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO INDUSTRIAL
DE ARGILAS DA REGIÃO MEIO-LESTE DA
PARAÍBA”*


BRUNO CAVALCANTI DIAS

DISSERTAÇÃO APROVADA POR:

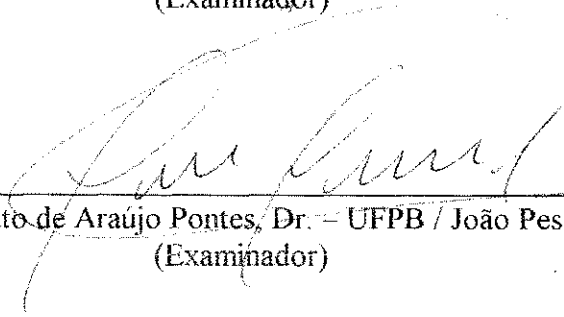
BANCA EXAMINADORA:



João Batista Queiroz de Carvalho, Ph.D. – UFPB / Campina Grande.
(Orientador)



Carlos Alberto Marques dos Anjos, Dr. – UFAL - Maceió.
(Examinador)



Luiz Renato de Araújo Pontes, Dr. – UFPB / João Pessoa.
(Examinador)

Campina Grande, 2002

DEDICATÓRIA

Aos meus pais
Mirabeau e Suely,
a meu irmão
Tulio
e a Mônica

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. João Batista Queiroz de Carvalho, pela orientação, disponibilidade, paciência e apoio no decorrer de todo este trabalho.

Ao prof. Dr. Luiz Renato de Araújo Pontes pela orientação e apoio técnico e acadêmico que nos possibilitaram a conclusão deste trabalho.

Ao prof. Gelmires de Araújo Neves pela ajuda técnica e paciência dispensada.

Aos meus colegas de mestrado, Raquel e Giordan, pelos momentos de apoio e descontração que ajudaram a superar as dificuldades do curso.

Aos funcionários do Laboratório de Materiais e Produtos Cerâmicos - CT - Campus I - UFPB.

Aos professores, funcionários e demais colegas do Departamento de Engenharia Civil - Área de Geotecnia - CCT - UFPB, pela gentileza e colaboração dispensada.

Enfim, a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram com este trabalho.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	i	
LISTA DE GRÁFICOS	ii	
LISTA DE TABELAS	iv	
RESUMO	v	
ABSTRACT	vi	
1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	HISTÓRICO	5
2.1.1	A CERÂMICA NO BRASIL	6
2.2	DEFINIÇÃO	8
2.2.1	ARGILA	8
2.2.1.1	GÊNESE DAS ARGILAS	9
2.2.2	ARGILOMINERAL	11
2.2.2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS ARGILOMINERAIS SEGUNDO GRIM (1962)	12
2.2.2.2	PROPRIEDADES DOS PRINCIPAIS ARGILOMINERAIS	13
2.3	UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DAS ARGILAS	16
2.3.1	UTILIZAÇÃO DE ARGILAS PARA USO INDUSTRIAL EM CERÂMICA VERMELHA	22
2.3.1.1	ARGILAS PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS	22
2.3.1.2	ARGILAS PARA FABRICAÇÃO DE TELHAS	23
2.3.1.3	ARGILAS PARA FABRICAÇÃO DE LADRILHOS DE PISO	24
2.3.1.4	ARGILAS PARA FABRICAÇÃO DE MANILHAS VIDRADAS	24
2.3.1.5	ARGILAS PARA FABRICAÇÃO DE AGREGADOS LEVES	24
2.3.2	PROPRIEDADES DAS ARGILAS RELACIONADAS COM SUAS APLICAÇÕES	25
2.4	GEOLOGIA DA REGIÃO EM ESTUDO	26
2.4.1	A MINERAÇÃO NA PARAIBA	26
2.4.2	OS SOLOS NA PARAIBA	28
2.5	CONCLUSÃO	29
3	OBJETIVOS	30
4	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1	MATERIAIS	31

4.1.1	LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS MUNICÍPIOS COM JAZIDAS ESTUDADAS	31
4.1.2	LOCALIZAÇÃO DAS JAZIDAS EM CADA MUNICÍPIO	36
4.1.3	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	46
4.1.4	AMOSTRAGEM	49
4.1.4.1	PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS DE ARGILAS PARA ENSAIOS TECNOLÓGICOS	50
4.2	MÉTODOS	52
4.2.1	CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	53
4.2.1.1	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	53
4.2.1.2	DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE LIQUIDEZ E DE PLASTICIDADE	54
4.2.1.3	MASSA ESPECÍFICA REAL PELO MÉTODO DO PICNÔMETRO	55
4.2.1.4	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS	56
4.2.1.5	DIFRAÇÃO DE RAIO X	56
4.2.1.6	ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (ATD)	57
4.2.2	ENSAIOS TECNOLÓGICOS	58
4.2.2.1	ENSAIOS PRELIMINARES DE ARGILAS VISANDO SUA APLICAÇÃO CERÂMICA COM BASE NAS CORES APÓS SECAGEM E QUEIMA E NOS CARACTERÍSTICOS CERÂMICOS EM CINCO TEMPERATURAS	58
4.2.2.2	ENSAIO COMPLETO DE ARGILAS PARA INDÚSTRIA CERÂMICA	59
5.	RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES	60
5.1	CARACTERIZAÇÃO DAS DEZOITO AMOSTRAS SELECIONADAS	60
5.1.1	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	60
5.1.2	DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE LIQUIDEZ E DE PLASTICIDADE	72
5.1.3	MASSA ESPECÍFICA REAL PELO MÉTODO DO PICNÔMETRO	75
5.1.4	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS	77
5.1.4.1	PONTO DE FUSÃO	79
5.1.5	DIFRAÇÃO DE RAIOS-X	81

5.1.5.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NA DIFRAÇÃO DE RAIO X	109
5.1.5	ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (ATD)	116
5.2	ENSAIOS TECNOLÓGICOS DAS AMOSTRAS SELECIONADAS	135
5.2.1	ENSAIOS PRELIMINARES DE ARGILAS VISANDO SUA APLICAÇÃO CERÂMICA COM BASE NAS CORES APOS SECAGEM E QUEIMA E NOS CARACTERÍSTICOS CERÂMICOS EM CINCO TEMPERATURAS.	135
5.2.2	ENSAIO COMPLETO DE ARGILAS PARA INDÚSTRIA CERÂMICA	139
6	CONCLUSÕES	165
7	BIBLIOGRAFIA	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1	Localização dos municípios com jazidas analisadas.	31
Figura 4.2	Localização das jazidas no município de Santa Rita	37
Figura 4.3	Localização das jazidas no município de Rio Tinto	38
Figura 4.4	Localização da jazida no município de Mamanguape	39
Figura 4.5	Localização da jazida no município de Jacaraú	40
Figura 4.6	Localização da jazida no município de Guarabira	41
Figura 4.7	Localização da jazida no município de Mulungu	42
Figura 4.8	Localização da jazida no município de Mari	43
Figura 4.9	Localização da jazida no município de Gurinhém	44
Figura 4.10	Localização da jazida no município de Alhandra	45
Figura 4.11	Procedimento experimental e métodos utilizados.	52
Figura 5.1	Difratômetro de Raios X	81
Figura 5.2	Analisador Termodiferencial utilizados nas amostras	116

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 2.1 - Fonte: SEMENA / 1981 - Pesquisa da Produção Mineral	27
Gráfico 5.1 - Curva Granulométrica da amostra STR-01.	63
Gráfico 5.2 - Curva Granulométrica da amostra STR-02.	63
Gráfico 5.3 - Curva Granulométrica da amostra STR-03.	64
Gráfico 5.4 - Curva Granulométrica da amostra RTI-01.	64
Gráfico 5.5 - Curva Granulométrica da amostra RTI-02.	65
Gráfico 5.6 - Curva Granulométrica da amostra MAG-01.	65
Gráfico 5.7 - Curva Granulométrica da amostra JAC-02.	66
Gráfico 5.8 - Curva Granulométrica da amostra GAB-01.	66
Gráfico 5.9 - Curva Granulométrica da amostra GAB-02.	67
Gráfico 5.10 - Curva Granulométrica da amostra GAB-03.	67
Gráfico 5.11 - Curva Granulométrica da amostra MUG-01	68
Gráfico 5.12 - Curva Granulométrica da amostra MUG-02.	68
Gráfico 5.13 - Curva Granulométrica da amostra MUG-03.	69
Gráfico 5.14 - Curva Granulométrica da amostra MUG-04.	69
Gráfico 5.15 - Curva Granulométrica da amostra MUG-05.	70
Gráfico 5.16 - Curva Granulométrica da amostra MAR-01.	70
Gráfico 5.17 - Curva Granulométrica da amostra GUR-01.	71
Gráfico 5.18 - Curva Granulométrica da amostra ALH-01.	71
Gráfico 5.19 - Difratoograma da amostra STR-01	91
Gráfico 5.20 - Difratoograma da amostra STR-02	92
Gráfico 5.21 - Difratoograma da amostra STR-03	93
Gráfico 5.22 - Difratoograma da amostra RTI-01	94
Gráfico 5.23 - Difratoograma da amostra RTI-02	95
Gráfico 5.24 - Difratoograma da amostra MAG-01	96
Gráfico 5.25 - Difratoograma da amostra JAC-01	97
Gráfico 5.26 - Difratoograma da amostra GAB-01	98
Gráfico 5.27 - Difratoograma da amostra GAB-02	99
Gráfico 5.28 - Difratoograma da amostra GAB-03	100
Gráfico 5.29 - Difratoograma da amostra MUG-01	101

Gráfico 5.30	Difratograma da amostra MUG-02	102
Gráfico 5.31	Difratograma da amostra MUG-03	103
Gráfico 5.32	Difratograma da amostra MUG-04	104
Gráfico 5.33	Difratograma da amostra MUG-05	105
Gráfico 5.34	Difratograma da amostra MAR-01	106
Gráfico 5.35	Difratograma da amostra GUR-01	107
Gráfico 5.36	Difratograma da amostra ALH-01	108
Gráfico 5.37	-Termograma da amostra STR-01	117
Gráfico 5.38	-Termograma da amostra STR-02	118
Gráfico 5.39	-Termograma da amostra STR-03	119
Gráfico 5.40	-Termograma da amostra RTI-01	120
Gráfico 5.41	-Termograma da amostra RTI-02	121
Gráfico 5.42	-Termograma da amostra MAG-01	122
Gráfico 5.43	-Termograma da amostra JAC-01	123
Gráfico 5.44	-Termograma da amostra GAB-01	124
Gráfico 5.45	-Termograma da amostra GAB-02	125
Gráfico 5.46	-Termograma da amostra GAB-03	126
Gráfico 5.47	-Termograma da amostra MUG-01	127
Gráfico 5.48	-Termograma da amostra MUG-02	128
Gráfico 5.49	-Termograma da amostra MUG-03	129
Gráfico 5.50	-Termograma da amostra MUG-04	130
Gráfico 5.51	-Termograma da amostra MUG-05	131
Gráfico 5.52	-Termograma da amostra MAR-01	132
Gráfico 5.53	-Termograma da amostra GUR-01	133
Gráfico 5.54	-Termograma da amostra ALH-01	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Propriedades cerâmicas de alguns argilominerais	11
Tabela 2.2	Fonte : Ralph Grim – Clay Mineralogy.	15
Tabela 2.3	Classificação tecnológica operacional para usos industriais de argilas	18
Tabela 4.1	Posição Geográfica e População de Santa Rita	32
Tabela 4.2	Posição Geográfica e População de Rio Tinto	32
Tabela 4.3	Posição Geográfica e População de Mamanguape	33
Tabela 4.4	Posição Geográfica e População de Jacaraú	33
Tabela 4.5	Posição Geográfica e População de Guarabira	34
Tabela 4.6	Posição Geográfica e População de Mulungu	34
Tabela 4.7	Posição Geográfica e População de Mari	35
Tabela 4.8	Posição Geográfica e População de Gurinhém	35
Tabela 4.9	Posição Geográfica e População de Alhandra	36
Tabela 5.1	Resumo da Granulometria das 18 amostras	60
Tabela 5.2	Resumo dos índices de plasticidade das dezoito amostras.	72
Tabela 5.3	Classificação das argilas quanto ao Índice de Plasticidade	73
Tabela 5.4	Resumo percentual da classificação das amostras	74
Tabela 5.5	Massa Específica Real das amostras	75
Tabela 5.6	Composição química das amostras	77
Tabela 5.7	Ponto de fusão das amostras pelo método de Schuen	80
Tabela 5.8	Tabela de picos do difratograma da amostra STR-01	91
Tabela 5.9	Tabela de picos do difratograma da amostra STR-02	92
Tabela 5.10	Tabela de picos do difratograma da amostra STR-03	93
Tabela 5.11	Tabela de picos do difratograma da amostra RTI-01	94
Tabela 5.12	Tabela de picos do difratograma da amostra RTI-02	95
Tabela 5.13	Tabela de picos do difratograma da amostra MAG-01	96
Tabela 5.14	Tabela de picos do difratograma da amostra JAC-01	97
Tabela 5.15	Tabela de picos do difratograma da amostra GAB-01	98
Tabela 5.16	Tabela de picos do difratograma da amostra GAB-02	98
Tabela 5.17	Tabela de picos do difratograma da amostra GAB-03	99
Tabela 5.18	Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-01	100

Tabela 5.19	Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-02	102
Tabela 5.20	Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-03	103
Tabela 5.21	Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-04	104
Tabela 5.22	Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-05	105
Tabela 5.23	Tabela de picos do difratograma da amostra MAR-01	106
Tabela 5.24	Tabela de picos do difratograma da amostra GUR-01	107
Tabela 5.25	Tabela de picos do difratograma da amostra ALII-01	108
Tabela 5.26	Classificação de argilas para fins cerâmicos pelas cores no estado cru e após a queima em várias temperaturas.	136
Tabela 5.27	Cores dos corpos de provas das dezoito amostras em diferentes temperaturas de queima.	137
Tabela 5.28	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra STR-01	145
Tabela 5.29	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra STR-02	146
Tabela 5.30	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra STR-03	147
Tabela 5.31	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra RTI-01	148
Tabela 5.32	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra RTI-02	149
Tabela 5.33	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MAG-01	150
Tabela 5.34	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra JAC-01	151
Tabela 5.35	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GAB-01	152
Tabela 5.36	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GAB-02	153
Tabela 5.37	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GAB-03	154
Tabela 5.38	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-01	155
Tabela 5.39	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-02	156
Tabela 5.40	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-03	157
Tabela 5.41	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-04	158
Tabela 5.42	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-05	159
Tabela 5.43	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MAR-01	160
Tabela 5.44	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GUR-01	161
Tabela 5.45	Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra ALII-01	162

Tabela 5.46 Faixa de variação dos característicos cerâmicos das argilas padrões brasileiras após queima em diversas temperaturas	163
Tabela 5.47 Valores limites recomendados para que uma massa cerâmica possa ser utilizada na fabricação de tijolos, telhas e ladrilhos de piso.	164

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A necessidade de caracterizar e definir as aplicações industriais para as argilas, os caulins e os feldspatos do nordeste brasileiro motivou no início da década de 70 o professor Heber Carlos Ferreira (1972) do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II da Universidade Federal da Paraíba, a desenvolver pesquisas com vistas a tecer um mapeamento das jazidas interessantes existentes na região da Paraíba. Ao mesmo tempo em que organizava de forma sistemática um roteiro de métodos e processos para a caracterização dessas jazidas, envolvendo as técnicas usuais da literatura científica sobre o assunto, os interessados na exploração industrial e comercial poderiam delas servir-se para estabelecerem suas empresas. O resultado – uma tese de doutoramento – tornou-se um manual para os estudiosos sobre os materiais argilosos e suas propriedades características, principalmente para possibilitar um levantamento preciso das potencialidades das jazidas paraibanas como alavancas do desenvolvimento de um pólo cerâmico no estado da Paraíba.

Aproveitando o significado acadêmico, econômico e social que esse tema oferece à comunidade regional desenvolve-se na presente dissertação de mestrado, o levantamento de algumas jazidas de argilas da região do meio-leste paraibano, com as suas respectivas caracterizações físico-químicas e mecânicas, disponibilizando uma metodologia de procedimentos e análises configurada dentro dos rigorosos padrões exigidos do fazer científico.

Concorda-se com o pesquisador Albuquerque (1999) em sua dissertação de mestrado, quando afirma que “caracterizar uma argila, especialmente visando seu uso tecnológico, é conhecer a variabilidade de suas propriedades, o que não é um problema simples, pois se necessita não só do emprego de técnicas comuns como a medição das propriedades físico-mecânicas como também de técnicas mais complexas e até de técnicas sofisticadas como a

microscopia eletrônica de transmissão ou de varredura de difração de raios-x e análise térmica diferencial ”.

De modo que o trabalho de caracterização de uma argila exige o domínio de técnicas e de equipamentos – alguns com alta tecnologia agregada, disponível somente nos bons laboratórios especializados, mas que com esforço e o apoio dos técnicos e pesquisadores do Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II e do Centro de Tecnologia, Campus I, todos da UFPB, tornou-se possível fazer a coleta das amostras e o levantamento adequado e preciso dos dados que possibilitaram as necessárias e conclusivas análises aqui contidas.

De acordo com Grim a argila é um material terroso de granulação fina, que misturado com água adquire um certo teor de plasticidade. A vista da conceituação geológica entende-se que a argila é o constituinte dos sedimentos geológicos com particulometria abaixo de 4 microns. Enfocando os aspectos químicos e mineralógicos a literatura especializada considera que as argilas são constituídas essencialmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio.

O *Comitê Internacional para o Estudo das Argilas* considera que os argilominerais cristalinos são silicatos hidratados de reticulado ou rede cristalina em camadas ou de estrutura fibrosa, constituídos por folhas planas ou camadas de tetraedros SiO_4 , em forma hexagonal condensados com folhas ou camadas octaédricas e que são constituídos por partículas de pequenas dimensões

A conceituação de Souza Santos (1975) sobre argila estabelece: a argila é uma rocha finamente dividida, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter minerais que não as argilominerais (calcita, dolomita, gibsita, quartzo e outros), matéria orgânica e outras impurezas, e se caracteriza por :

- a) ser constituída essencialmente por argilominerais geralmente cristalinos ;
- b) possuir elevado teor de partículas de diâmetro equivalente a 2 microns (cristobalita) ocorre nas bentonitas com diâmetro abaixo de 1 micron;

- c) quando pulverizada e umedecida torna-se plástica, após secagem é dura e rígida e após queima em temperatura elevada adquire a dureza do aço;
- d) possuir capacidade de troca de cátions entre 3 e 150 meq/100g (ácidos orgânicos apresentam capacidade de troca dentro dessa faixa).

As indústrias cerâmicas de um modo geral, no seu processo produtivo, utilizam matérias primas provenientes de sedimentos argilosos e/ou alterações de minerais formadores de rochas. Trata-se, portanto, de um material com alto grau de heterogeneidade tanto do ponto de vista mineralógico quanto em relação ao grau de alteração dos seus minerais, dificultando sobremaneira a previsão do comportamento mecânico do produto final (tijolos, telhas, etc.). Uma prática que é comumente adotada durante a confecção de peças cerâmicas é a mistura de diferentes tipos de solo, realizada muitas vezes, de maneira intuitiva e empírica, onde as características do produto são fortemente dependentes das proporções usadas nessas misturas. Prever o comportamento de artefatos cerâmicos baseando-se nas propriedades mineralógicas de seus constituintes pode vir a se constituir em uma importante ferramenta na busca da qualidade de peças cerâmicas vermelhas.

A maioria das olarias e cerâmicas do estado da Paraíba usa argilas sem o conhecimento de suas características cerâmicas, e não dispõe de condições para efetuar um processamento adequado das matérias-primas empregadas na manufatura de tijolos, blocos cerâmicos, telhas e componente de lajes, entre outros. Daí existir no mercado da cerâmica vermelha, no estado da Paraíba, produtos de baixa qualidade que apresentam defeitos de formas, com texturas alteradas e muitos com baixíssimas resistências mecânicas.

Segundo Albuquerque (1999), o nordeste brasileiro é geologicamente constituído por um substrato cristalino pré-cambriano onde existem discordantes terrenos primários, secundários, terciários e atuais, todos com importância variável. No caso que nos propomos a investigar: - o meio leste da Paraíba, há evidências geológicas de depósitos continentais terciários na faixa litorânea, de traços aluviões quaternários, principalmente nos estuários dos principais rios do

litoral, e de seqüência eruptiva responsável por uma importante região pegmatítica brasileira: a Província Pegmatítica da Borborema.

Estudou-se a área do meio leste paraibano: - que se estende do litoral até os sopés do planalto da Borborema, e para tal dividiu-se a região a ser estudada nos seguintes setores de busca e coleta :

- Setor 1 – Litoral – Municípios de Alhandra, Santa Rita, Mamanguape, Rio Tinto e Jacaraú
- Setor 2 – Brejo – Municípios de Guarabira, Mulungu, Mari e Gurinhém

Nessa pesquisa usa-se o termo argila no seu sentido mais amplo, incluindo materiais naturais designados por barros, massapês, caulins, filitos e outros

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – HISTÓRICO

Segundo Macedo (1997), não se pode determinar a época em que a cerâmica apareceu. Manifestação da inteligência e habilidade criadora do homem, este produto surgiu quando se revelaram os primeiros sonhos de espírito humano, na conquista de perspectivas capazes de exaltar sua capacidade de empreender o trato com a natureza. Os arqueólogos admitem que a cerâmica nasceu quando o primeiro ser humano despertou sobre a terra.

A fabricação de potes é a uma das indústrias humanas mais antigas. Encontram-se louças de barro desde períodos que datam cerca de 15000 a.C. e a sua fabricação estava bastante desenvolvida no Egito, dez séculos depois.

Palavra que vem do grego “keramiké”, derivada de “keremos”, a cerâmica veio da terra, não é de ninguém, pertence a todos. Simples mistura de elementos da terra, a cerâmica legou à humanidade, além de corantes e esmaltes, verdadeiros monumentos artísticos de beleza imortal que, desafiando séculos, chegaram até nossos dias com o mesmo vigor e imponência (Pillegi, 1958).

Os materiais de cerâmica vermelha encontram-se entre aqueles mais tradicionais empregados na construção civil. Sua origem reporta-se à antiguidade, especialmente às contribuições do começo da Era Cristã, (tijolo 4500 a.C no Oriente Médio), em Roma e na China. Registra-se também seu grande desenvolvimento na Europa, no século XVII, e no fim do século XIX e começo do século XX, quando a ciência e a engenharia foram aplicadas a essa arte antiga (Norton, 1973).

Segundo Verçoza (1975) a indústria de cerâmica é uma das mais antigas do mundo, em virtude da facilidade de fabricação e abundância de matéria-prima - a argila. Já no período neolítico, o homem pré-histórico calafetava as cestas de vime com o barro. Mais tarde verificou-se que podia dispensar o vime, e

fez potes apenas de barro. Posteriormente, constatou-se que o calor endurecia o barro, e surgiu a cerâmica propriamente dita, que foi largamente empregada para os mais diversos fins.

O revestimento cerâmico teve origem a partir da civilização babilônica no século VI a.C. e através dos tempos, a tecnologia de fabricação foi gradativamente ampliada e aperfeiçoada.

2.1.1 – A CERÂMICA NO BRASIL

Pillegi (1958) classifica a história da produção de cerâmica no Brasil em três períodos, a saber:

– PERÍODO PRÉ-CABRALIANO

Apesar das investigações feitas por muitos ceramógrafos, não é possível precisar com segurança a região exata em que se fabricaram peças de cerâmicas pela primeira vez no Brasil. Há registros de que índios Aruaques, por volta de 1541, no norte do território brasileiro no alto e médio Amazonas, teriam iniciados alguns trabalhos com cerâmica na região pois nessa redondeza há referências de olarias

– PERÍODOS COLONIAL E IMPERIAL

A história da manufatura de cerâmica nos períodos colonial e imperial é pobre, isenta de qualquer fator de maior importância, salvo aquele da fabricação da louça de barro para uso doméstico, ou da olaria para construção, pois a argila encontrada em nossos solos era de boa qualidade.

Em 1793, o químico e mineralogista, professor de humanidades no Rio de Janeiro e na Bahia, João Manso Pereira, fabricou vasos com argilas do país.

- PERÍODO CONTEMPORÂNEO

Na Europa, quase todos os países possuem sua indústria própria, bastante desenvolvida, com características peculiares à tradição ou à época atual.

Nas Américas, depois dos Estados Unidos e do Brasil, os países onde a cerâmica tem-se desenvolvido mais são o Canadá, o México, a Argentina, o Chile, o Peru, a Colômbia e Venezuela.

No Brasil, depois da segunda guerra mundial, a indústria cerâmica alcançou surpreendente desenvolvimento, graças à riqueza de nosso solo, de onde extraímos todas as matérias-primas essenciais a esse ramo, e graças ao aperfeiçoamento técnico já alcançado.

A cerâmica vermelha para construção tem experimentado grandes progressos no Brasil, centralizando no Estado de São Paulo sua maior produção. Na indústria cerâmica de construção, deve-se distinguir dois ramos distintos, o da olaria, que compreende a fabricação de tijolos e telhas comuns, e o da grande cerâmica, ou cerâmica para construções, que fabrica tijolos prensados, tijolos furados, ladrilhos, telhas prensadas, refratários, lajes, manilhas e tubos.

Com referência a indústria de cerâmica para revestimento no Brasil, ela surgiu a partir de antigas fábricas de tijolos, blocos e telhas de cerâmica, que já no início de século XX começaram a produzir ladrilhos hidráulicos e, mais tarde, pastilhas cerâmicas e de vidro.

Durante muitos séculos o revestimento cerâmico foi sinônimo de produto luxuoso, após a Segunda Guerra Mundial, a produção de placas cerâmicas para revestimento apresentou um desenvolvimento industrial considerável, com o surgimento de novas técnicas de produção. A fabricação em escala industrial reduziu os preços dos produtos, possibilitando o acesso para grande parte da população.

A indústria brasileira de revestimentos investiu em novas tecnologias a partir do início da década de 90, preparando-se para concorrência internacional promovida pela abertura da economia. Atualmente o Brasil é o quarto produtor mundial de cerâmica para revestimento, depois da China, Itália e Espanha.

2.2 – DEFINIÇÃO

2.2.1 – ARGILA

O termo argila segundo o ponto de vista da tecnologia cerâmica é definida como uma rocha finamente dividida, com alto teor de partículas com diâmetro menor do que $2\mu\text{m}$, constituída em grande parte por argilominerais, podendo conter impurezas não consideradas como argilominerais. Além disso, desenvolve plasticidade com adição conveniente de água, após secagem perde a plasticidade e após queima a uma temperatura superior a $1000\text{ }^\circ\text{C}$ adquire alta resistência mecânica.

As argilas também podem ser definidas como silicatos hidratados de alumínio e ferro, que contém elementos alcalinos e alcalinos terrosos e são constituídos essencialmente, por partículas denominadas argilominerais. Estes materiais apresentam granulação fina (inferior a $2\mu\text{m}$ de diâmetro) e adquirem plasticidade quando umedecidas, tornando-se duros após secagem e queima (Souza Santos, 1975).

Do ponto de vista geológico é o constituinte dos sedimentos geológicos com tamanho de partículas abaixo de $4\mu\text{m}$, sob os aspectos químicos e mineralógicos são constituídos essencialmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio.

Existem argilas que possuem definições particulares podendo apresentar variações quer devido a origem geológica, emprego tecnológico ou a composição mineralógica.

As argilas plásticas (ball-clays) são geralmente sedimentares, que queimam com cores brancas ou claras a 1250°C e apresentam grande plasticidade, elevada resistência mecânica antes e durante a queima, facilitando o manuseio e o empilhamento do forno. Essas argilas são cauliniticas, rica em matéria orgânica e ácidos húmicos podendo ser utilizadas como material refratário, as vezes podendo conter outros minerais como : gipsita, mica, quartzo e argilominerais como illita e montmorilonita. As argilas ball-clay apresentam um teor apreciável de partículas

de diâmetro equivalente abaixo de $2\mu\text{m}$ de diâmetro, o que lhe confere grande parte de suas características especiais.

Existem argilas que queimam com cor branca à 1250°C , mas não possuem as propriedades plásticas, reológicas e cerâmicas iguais a uma ball-clay, muito embora tenham granulometria até mais fina não contendo teores detectáveis de montmorilonita e não possuem elevados teores de partículas de diâmetro equivalente abaixo de $2\mu\text{m}$.

Essas variações de propriedades dificultam a definição do que vem a ser uma argila, podendo até algumas não satisfazer a todas as especificações: por exemplo, as argilas tipo flint (flint-clay) não apresentam plasticidade quando misturadas com água, embora tenham os outros atributos das argilas.

2.2.1.1 – Gênese das argilas

As argilas são formadas pela alteração dos silicatos de alumínio componentes das rochas, quer as de origem magmáticas, quer as metamórficas e sedimentares.

Os silicatos de alumínio mais abundantes são os feldspatos e as micas; é principalmente da decomposição desses minerais que resultam as grandes massas de argilas que cobrem a superfície do solo e enchem depressões dos terrenos. Sua remoção dos pontos de origem e deposição posterior em outros locais dá nascimento aos depósitos secundários de argilas estratificadas que ainda hoje estão se formando nas baixas alagáveis e no fundo dos lagos e mares.

Os principais tipos de depósitos de argilas podem ser enquadrados nas seguintes classes (Abreu, 1960):

- a) Na superfície das rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, como resultado da decomposição superficial das mesmas;
- b) Nos veios e diques de pegmatitos e como resultado da decomposição dos silicatos aluminosos, quer por intemperismo, quer por soluções hidrotermais;

- c) Nas camadas sedimentares de diversas idades geológicas (inclusive na atualidade) onde foram depositadas pelo vento ou pelas águas, em ambiente glacial, fluvial, lacustre ou marinho.

A formação química das argilas é geralmente explicada de maneira relativamente simples.

As rochas matrizes ou rochas mães dão origem aos solos e cada tipo de rocha é constituído de minerais primários. Cada mineral primário tem uma composição química própria. O Quartzo contém silício e oxigênio. Todos os outros minerais primários contém alumínio e silício e outros elementos químicos que os diferenciam. Estes minerais além do piroxênio, feldspato, anfibólios e micas, componentes das rochas deram origem as argilas silicatas por meio de dois processos: alteração e decomposição.

- a) **Alteração** – A água das chuvas, penetrando nas rochas por um longo período, amolece as rochas. Estas reagem com a água, que por hidrólise, hidratação ou mesmo água de cristalização, começam a se alterar. O umedecimento das rochas e a sua alteração vão liberando íons K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+} e outros, o silício combina-se com o oxigênio formando SiO_2 . O alumínio combina-se com o oxigênio formando Al_2O_3 . O silício (SiO_2) combina-se com alumínio (Al_2O_3) formando argila caulinita ou montmorilonita.
- b) **Decomposição** - Alterada a rocha há liberação de Si, Al e cátions. O silício e o alumínio se oxidam e formam SiO_2 e Al_2O_3 . Estes formam um gel, o alofano ou uma formação para – cristalina que evoluindo vai tomar uma forma cristalizada que é a argila.

Outras argilas são formadas pelo intemperismo atuando sobre rochas básicas: caso da terra roxa, ou cinzas vulcânicas ácidas: caso das bentonitas.

Em verdade, os fenômenos devem ser muito mais complexos, haja vista que as vezes as reações se processam no sentido de produzir caulim, enquanto em

outras vezes a rocha sofre uma evolução diferente dando origem a bauxita e a laterita, quando a presença de muito ferro. Caulinização e laterização são fenômenos menos complexos que recebem influência do clima, do PH, da variação do ambiente, da circulação da água e possivelmente também da ação de microorganismos do solo.

2.2.2 – ARGILOMINERAL

São os minerais constituintes característicos das argilas, geralmente cristalinos; quimicamente são silicatos de alumínio hidratados, contendo em certos tipos outros elementos, como magnésio, ferro, cálcio, sódio, potássio, lítio e outros, após secagem moagem, formam com água uma pasta mais ou menos plástica, que endurece após secagem ou após a queima (Souza Santos, 1975)

No conceito moderno, considera-se a argila como essencialmente compostas de partículas extremamente pequenas de um ou mais membros de um certo grupo de substâncias denominadas de argilominerais que são silicatos de alumínio hidratados contendo magnésio e ferro substituindo o alumínio total ou parcialmente; alguns deles contem também metais alcalinos ou alcalinos-terrosos.

Algumas vezes encontram-se argilas puras, no estado natural, mas é comum encontrar-se mais de um tipo de argilominerais nos depósitos naturais de argilas. Os argilominerais mais conhecidos são : caulinita, haloisita, montmorilonita, illita, vermiculita, clorita, sepiolita, atapulgita e paligorsquita.

A Tabela 2.1 mostra algumas propriedades cerâmicas de argilominerais:

Argilomineral	Água de plasticidade (%)	Retração Linear (%)	Módulo de ruptura à flexão (kgf/cm)	Retração linear após queima (%)
Caulinita	9-56	3-10	0,7-50	2-17
Haloisita	33-50	7-15	20	11
Montmorilonita	83-250	12-23	18-58	20
Illita	17-39	4-11	15-76	9-15
Paligorsquita	93	15	45	23

Tabela 2.1 – Propriedades cerâmicas de alguns argilominerais

(Souza Santos, 1969).

2.2.2.1 – Classificação dos argilominerais segundo Grim (1962):

I – Amorfos

Grupo de Atofana

II – Cristalinos

A – De duas camadas (Estruturas de lâminas compostas de unidade de uma camada de tetraedros de silício e uma camada de octaedros de alumínio).

1 – Equidimensionais - Grupo da Caulinita (Caulinita, nacrita, etc.)

2 - Alongados – Grupo da Halóisita

B – De três camadas (Estruturas de lâminas compostas de duas camadas de tetraedros de silício e uma camada central de dois ou três octaedros de alumínio)

1 – Rede expansiva

a) Equidimensional - Vermiculita

b) Alongada – Nontronita, Saponita, Hectorita

2 – Rede não expansiva – Grupo da Ilita

C – Camadas misturadas regulares – Grupo da Clorita

D – Estruturas em cadeia (Cadeias de tetraedros de silício ligadas entre si por grupos octaedros de oxigênio e oxidrilas contendo átomos de alumínio e magnésio) - Atapulgita, Sepiolita e Paligorsquita.

Os diversos tipos de argilas até agora conhecidos enquadram-se em três grandes grupos: argilas cauliníticas, montemoriloníticas e iliticas.

Ao grupo das cauliniticas pertence a caulinita, a diquita, a nacrita, a haloisita, a anauxita e a alofana, todas elas silicatos de alumínio hidratado.

Ao grupo das montmoriloniticas, pertence a montmorilonita típica, a saponita, a nontrita, a hectorita e a beidelfita, tendo frequentemente cálcio e sódio como íons trocáveis.

O grupo da illita abrange as variedades micáceas de argilas, formadas de silicatos hidratados, complexos, de alumínio, potássio, ferro e magnésio

2.2.2.2 – Propriedades dos principais argilominerais.

- A) **Caulinita** – é um mineral branco de partículas cristalinas em placas hexagonais, correspondendo à fórmula química $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, acusando na análise térmica diferencial, um pico endotérmico a $550^\circ C$ devido à desidratação da molécula e um exotérmico a $980^\circ C$ devido à formação da mulita. Estruturalmente é composto de camadas de silicato formado de um andar de tetraedros de silício e oxigênio e outro de octaedros de alumínio e hidroxilas unidas por fracas ligações de hidrogênio.
- B) **Alofano** – é um termo já em desuso para indicar argilas amorfas, altamente hidratadas, facilmente atacadas pelos ácidos, apresentando semelhanças com as argilas do grupo da montmorilonita.
- C) **Montmorilonita** – é um mineral hidratado de partículas muito finas, de fórmula teórica $4SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot H_2O \cdot nH_2O$, entre as várias admitidas, mas apresentando composição muito variável pela facilidade de substituição na rede espacial, podendo conter também FeO , CaO , Na_2O e K_2O

Entre $100^\circ C$ e $200^\circ C$ perde água de interposição entre as camadas de silicato. É constituída por camadas de octaedros de alumínio e hidroxilas entre duas camadas de tetraedros de silício e oxigênio

As bentonitas são formadas essencialmente de montmorilonita sódica. O nome bentonita abrange argilominerais de estruturas semelhantes às micas, sendo características expansionais da rede cristalina. É um produto de alteração das micas, contendo menos potássio e pouco

mais água. Compreende produtos de fórmulas complexas que se referem a minerais semelhantes à sericita, moscovita e biotita. O termo *ilita* não corresponde a um produto específico, mas um conjunto de minerais ainda pouco conhecido (Abreu, 1960).

- D) **Vermiculita** – é um silicato altamente hidratado de alumínio e magnésio (podendo conter cálcio e níquel) com clivagem paralela, apresentando-se em placas hexagonais, tendo duas reações iniciais, com picos entre 150°C e 200°C, seguida imediatamente por outro menor, a 250°C-275°C, ambos referentes à perda de água intersticial.

A fórmula atribuída à vermiculita é $4\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 6\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$.

Não tem o aspecto comum das argilas com sua fácil dispersão em água. Pode ser considerada com formada de camadas de mica separadas por moléculas de água, daí a sua propriedade de expandir-se pelo aquecimento até expulsar a água, tornando-se material altamente poroso e conseqüentemente de alto poder isolante quanto ao som e ao calor, assemelhando-se às micas, pela fácil clivagem paralela.

- E) **Clorita** – foi o nome usado inicialmente para indicar um grupo de silicatos hidratados de cor verde, com predominância de ferro ferroso e também relacionados muito estreitamente com as micas. Segundo Grim (1962) as cloritas são estruturalmente interestratificações de camadas simples de biotita e brucita.

- F) **Sepiolita, Atapulgita e Paligorsquita** – são argilominerais magnesianos ainda pouco caracterizados.

Sepiolita é o material terroso ou fibroso formado de silicatos de magnésio hidratado – $2\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2$ ou $4\text{H}_2\text{O}$.

Atapulgita é um silicato de magnésio altamente hidratado onde o magnésio em grande parte é substituído por alumínio; estruturalmente apresenta cadeias de óxido de silício em disposição similar a dos anfíbolios.

Paligorsquita representa uma família de hidro-silicatos de estrutura fibrosa formando séries isomórficas entre dois membros limites: um limite aluminoso denominado para-montmorilonita, diferenciando-se da

montmorilonita clássica pelo caráter fibroso e um limite magnésiano que é a sepiolita. As estruturas da paligorsquita-sepiolita tem sido assemelhadas ora a dos amfíboleos, ora a das micas.

Análises químicas de argilas típicas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	46,90	44,75	51,14	44,00	26,68	34,04	54,83	51,17	55,03
Al ₂ O ₃	37,40	36,94	19,76	10,60	25,20	15,37	0,28	13,73	10,24
Fe ₂ O ₃	0,65	0,31	0,83			8,01	0,45	1,55	3,53
FeO								0,31	
MgO	0,27		3,22	24,30	26,96	22,58	24,51	6,40	10,49
CaO	0,29	0,11	1,62	2,00	0,28		0,55	2,89	
K ₂ O	0,84		0,11				0,03		0,47
Na ₂ O	0,44		0,04				0,35		
TiO ₂	0,18								
H ₂ O		2,53	14,81	12,60	8,70		8,18	10,29	9,73
H ₂ O+	12,95	14,89	7,99	6,20	11,70	19,93	10,74	13,24	10,13
Total	99,92	99,53	99,52	99,70	99,52	99,93	99,92	99,58	99,62

- 1 - Caulinita, Macon, Georgia, EUA
- 2 - Haloisita, Liège, Bélgica
- 3 - Montmorilonita, de Montmorillon, França
- 4 - Saponita, San Bernadino, Califórnia, EUA
- 5 - Clorita, Ducktow, Ten, EUA
- 6 - Vermiculita, Konia
- 7 - Sepiolita, Yavapai County, Arizona, EUA
- 8 - Paligorsquita, Nizhnii-Novgorod, Russia
- 9 - Atapulgita, Attapulgus, Georgia, EUA

Tabela 2.2 – Fonte : Ralph Grim – Clay Mineralogy. New York, 1953.

A composição química de argilas proporciona informações importantes, que auxiliam na formulação de dados para sua aplicação. De uma maneira geral, as composições químicas são interpretadas da seguinte forma:

- Perda ao fogo – Proveniente dos diversos tipos de água presentes nas argilas, matéria orgânica e componentes voláteis que também são incluídos.
- SiO₂ – A maior fração está relacionada com o SiO₂ combinado, pertencente aos argilominerais e a outra com a sílica livre, em suas diversas variedades

crystalinas e amorfas. A sílica livre diminui a plasticidade e a retração das argilas, sendo que em alguns casos aumenta a refratariedade. Nesta sua ação refratária depende dos outros elementos e da temperatura de queima.

- Al_2O_3 – A maior fração está presente na forma combinada, formando os argilominerais. A alumina livre aumenta a refratariedade das argilas.
- Fe_2O_3 – Atua na coloração das argilas após a queima e diminui a refratariedade. Em teores elevados e na presença de baixas quantidades de SiO_2 ocorre formação de magnetita, causando o escurecimento do produto e não há formação de vidro.
- CaO e MgO – São fundentes e podem se apresentar externo às argilas ou como componentes de argilominerais. Bastante utilizados na formulação de massas cerâmicas para revestimentos porosos. Estes óxidos reagem com fases amorfas e formam fases cristalinas que são mais estáveis frente a ação da umidade.
- TiO_2 – Apresenta-se externo as argilas, em teores próximos a 1% é pouco reativo, não tendo influência nas propriedades das argilas quando queimadas.
- Na_2O e K_2O – São fundentes e portanto indispensáveis para a queima. Nas argilas o teor de óxido de potássio geralmente é bem superior ao do óxido de sódio. Alguns tipos de argilas como os filitos e taguas apresentam elevado teor de óxido de potássio e são bastantes utilizados no processamento de pavimentos gresificados.

2.3 – UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DAS ARGILAS

As argilas são matéria prima para aproximadamente meia centena de produtos industriais cerâmicos e não cerâmicos; o estudo de argilas visando sua utilização industrial constitui o objetivo de Tecnologia de Argilas, que é a aplicação dos conhecimentos fundamentais sobre a estrutura e as propriedades físico-químicas das argilas e dos argilominerais, às indústrias artes e profissionais que trabalham com argilas como matéria prima (Souza Santos, 1975).

Sendo as argilas, na natureza, de dimensões coloidais, diferenças apreciáveis existem nas propriedades físico-químicas, tais como a capacidade de

troca de cátions, natureza dos cátions trocáveis, distribuição granulométrica das partículas, área específica, potencial eletrocinético, viscosidade de suspensões, plasticidade e outras. Essas diferenças levam a propriedades tecnológicas diversas para as indústrias de cerâmica, indústria química, papel, borracha, metalúrgica, de petróleo, agrícola, entre outras.

Desta forma, vemos que não é possível descrever uma argila por um número pequeno de propriedades. Geralmente são os seguintes os fatores que controlam, as propriedades que uma determinada argila possui (Grim, 1962):

- A composição mineralógica dos argilominerais qualitativa e quantitativa, e distribuição granulométrica das partículas.
- A composição mineralógica dos não-argilominerais, qualitativa e quantitativamente, e a distribuição granulométrica das partículas.
- Teor em eletrólitos, quer de cátions trocáveis, quer de sais solúveis, qualitativa e quantitativamente.
- Natureza e teor de componentes orgânicos
- Características texturais da argila, tais como forma dos grãos de quartzo, grau de orientação ou paralelismo das partículas dos argilominerais, silificação e outros.

Ferreira(1972) fez um estudo de classificação tecnológico operacional para usos industriais de argilas englobando os principais usos industriais existentes, conforme mostra a Tabela 2.3.

Grupos	Subgrupos	Usos industriais das argilas
Argilas cerâmicas	SG1 - Argilas para cerâmica vermelha SG2 - Argilas para cerâmica branca SG3 - Argilas para materiais refratários	U1 - Argilas para tijolos maciços e furados U2 - Argilas para telhas U3 - Argilas para manilhas U4 - Argilas para ladrilhos de piso U5 - Argilas para agregados leves U6 - Argilas para vidrados e esmaltes U7 - argilas para grés sanitário U8 - Argilas refratárias ligantes e para obtenção de chamotas
Argilas como carga em produtos industriais	SG4 - Argilas como carga ativa SG5 - Argilas como carga inerte	U9 - Argilas como carga ativa para borracha U10 - Argilas como carga ativa para plásticos U11 - Argilas para cobertura de papéis U12 - Argilas como carga ativa para adesivos e colas U13 - Argilas como diluentes para inseticidas U14 - Argilas como carga inerte para borracha U15 - Argilas como carga inerte para papel U16 - Argilas como carga inerte para cobertura de sementes U17 - Argilas como carga inerte para linóleos e oleados
Argilas como agente de emulsão, estabilização e suspensão	SG6 - Argilas como agente de emulsão, estabilização e suspensão para produtos de utilização direta pelo homem SG7 - Argilas como agente de emulsão, estabilização e suspensão para produtos industriais SG8 - Argilas como agente de suspensão	U18 - Argilas para usos medicinais e farmacêuticos U19 - Argilas para cosméticos e produtos de toncador U20 - Argilas para rações alimentares U21 - Argilas como agentes de emulsão e estabilização de produtos industriais U22 - Argilas utilizadas na indústria de couro U23 - Argilas de sabões e outros detergentes U24 - Argilas para limpadores e polidores U25 - Fluidos para perfuração de poços de petróleo
Argilas decorantes	Não é adequada a divisão em subgrupos	U26 - Argilas decorantes para óleo minerais, vegetais e animais U27 - Argilas decorantes para água, vinhos, heores e produtos similares U28 - Argilas decorantes para papéis e produtos têxteis U29 - Argilas para rejeição de resíduo radioativo e limpeza em geral
Argilas como ligantes	Não é adequada a divisão em subgrupos	U30 - Argilas ligantes para fabricação de minas de lapis U31 - Argilas aglomerantes de areias de moldagem para fundição U32 - Argilas ligantes para pelotização de minérios
Argilas para engenharia civil	Não é adequada a divisão em subgrupos	U33 - Argilas para pozolanas U34 - Argilas para impermeabilização U35 - Argilas plastificantes
Argilas para produtos químicos	Não é adequada a divisão em subgrupos	U36 - Argilas para fabricação de catalisadores silico-aluminosos U37 - Argilas para fabricação de tintas U38 - Argilas para fabricação de cimentos U39 - Argilas para fabricação de ultramarinas U40 - Argilas para fabricação de alumina e alumínio U41 - Argilas para fabricação de zeólitas U42 - Argilas para fabricação de graxas lubrificantes U43 - Argilas para fabricação de al sífims U44 - Argilas para fabricação de fertilizantes e adubos

Tabela 2.3 – Classificação tecnológica operacional para usos industriais de argilas (Ferreira, 1972)

As argilas como vemos têm um vasto campo de aplicações, desde o barro bruto impuro até as mais finas qualidades fornecidas pelas usinas de beneficiamento com purezas garantidas por análises químicas, exames físicos e controles eletrônicos. As grandes aplicações industriais das argilas podem ser resumidas nas mencionadas a seguir:

1. **Cerâmica** – Usa-se a argila para a fabricação de cerâmica vermelha como tijolos comuns, maciços ou furados, telhas, ladrilhos cerâmicos, manilhas, etc. São empregadas para esse fim as argilas da decomposição *in loco* das rochas granito-gnaissicas e as tabatingas das baixadas aluvionais. A cerâmica branca requer argila pura, praticamente isenta de ferro, encontrado emprego nela os caulins de jazidas primárias (pegmatitos decompostos) ou de depósitos secundários (caulins sedimentares).
2. **Cimento** – A argila usada é para fornecer a sílica, a alumina e o ferro, para a formação dos constituintes essenciais do cimento Portland: o silicato bi-cálcico, o silicato tri-cálcico, o aluminato tri-cálcico e o ferro-aluminato tetra-cálcico.
3. **Sondagens de petróleo** – No sistema de sondagem hoje universalmente adotado, usa-se uma lama preparada convenientemente para exercer quatro funções. 1º - lubrificar e resfriar a broca no atrito contra as camadas do subsolo; 2º - servir de fluido transportador dentro do poço, dos fragmentos de rochas destacados; 3º - servir de tampão para evitar jorro de petróleo ao atingir um horizonte petrolífero; 4º - servir de escoramento para evitar o desmoronamento das paredes do poço, antes da descida do revestimento de aço.
4. **Refinação de óleos** – Usam-se para esse fim as argilas dotadas de propriedades descorantes e desodorantes, que são as de estrutura montmoriloníticas.
5. **Indústria de papel** – Usa-se caulim de elevado grau de pureza como carga e como acabamento de certos tipos de papel, principalmente papéis

para impressão aonde a proporção de caulim chegam a ser da ordem de 5%.

6. **Industria de Borracha** – Usam-se argilas especiais e caulins para servir de carga e fortalecimento da borracha manufaturada, entrando em algumas composições até 20% de argila.
7. **Inseticidas** – Para a diluição de inseticidas sólidos empregam-se certos materiais que proporcionam grande superfície para suportar inseticidas e facilitam a sua disseminação por meio de polvilhamento.

O grande número de usos industrial das argilas é consequência de um conjunto de fatores que são específicos para as argilas e que outras rochas ou minerais não os possuem simultaneamente. Esses fatores são os seguintes:

- As argilas são constituídas por argilominerais, os quais compreendem vários grupos, que incluem diversas espécies mineralógicas;
- As diversas espécies mineralógicas apresentam composições químicas diferentes, quer devido às estruturas cristalinas (silicato de alumínio e/ou magnésio hidratado), quer devido às substituições isomórficas (por exemplo, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , H_3O^+ , Fe^{3+} , Al^{3+});
- As diversas espécies mineralógicas apresentam propriedades físico-químicas variando numa faixa ampla de valores (por exemplo, capacidade de troca de cátions entre 3meq/100g e 150meq/100g), baixa granulometria (passam totalmente em peneira USS nº 325 de 44 μm de abertura), forma anisotérmica das partículas (lamelas ou tubular-fibrilar) com relação diâmetro/ espessura (placas) ou comprimento/ diâmetro (fibras) variando numa faixa ampla de valores;
- As argilas são rochas naturalmente subdivididas, isto é, não precisam ser moída para se obter a individualização das partículas já naturalmente menores que 44 μm ; é necessário apenas uma desagregação que é muito mais barata que a moagem, como, por exemplo, a de um calcário para a

fabricação de cimento Portland. Dai resulta que as argilas têm a área da superfície externa das partículas muito grande, levando a valores da área específica que somente se encontram em produtos industriais caros, como negros-de-fumo e catalisadores.

- As argilas, sendo produto de alteração de rochas por ação de intemperismo deutérico ou hidrotermal e depois transportadas, são constituintes de sedimentos flúvio-lacustres, por isso estão freqüentemente próximas às comunidades humanas atuais: isto é, de forma simples, onde há água superficial, há argilas em quantidade.
- As indústrias químicas de processo exigem matéria-prima de propriedade as mais constantes possíveis (isto é, com pequeno desvio-padrão em torno da média aritmética), ora, as argilas podem ocorrer em depósitos grandes e bastante homogêneos, apesar da possível variabilidade em propriedades, as impurezas (são geralmente minerais detritais) são facilmente separáveis (para um dado custo de produção) porque têm, geralmente, uma granulometria bastante acima da peneira nº 325;
- As argilas são facilmente dispersáveis em água (e em outros solventes) podendo dar suspensões quer instáveis, quer estáveis, com uma faixa ampla de propriedades reológicas.

Esse conjunto de propriedades torna as argilas matérias-primas com amplas possibilidades de aplicação industrial, além de serem abundantes e geralmente próxima a agrupamentos humanos e possuírem granulometria extremamente fina ou elevada área específica, com custo de aquisição muito baixo (Souza Santos, 1975).

Para industrialização de matérias primas não-metálicas, como é o caso de argilas, deve ser seguido uma seqüência de operações concatenadas, compreendendo as seguintes etapas:

- Identificação de ocorrências
- Identificação de uma ou mais jazidas nas ocorrências viáveis
- Produção em escala piloto
- Implantação da indústria

Com os dados da amostragem encaminhados ao laboratório, realizar-se-ão os ensaios científicos e tecnológicos, com a finalidade de caracterizar científica e tecnicamente uma amostra de argila, através de uma seqüência de ensaios específicos, procurando determinar sua provável adequabilidade para determinados usos industriais.

2.3.1 UTILIZAÇÃO DE ARGILAS PARA USO INDUSTRIAL EM CERÂMICA VERMELHA.

2.3.1.1 - Argilas para fabricação de tijolos

Estudos realizados por Durães (1983), demonstram que as argilas, para terem emprego na fabricação de tijolos, devem ter valor médio ou elevado para tensão e ruptura ou módulo de ruptura à flexão, antes e após a queima. Costumam apresentar cor vermelha, após a queima em baixas temperaturas (geralmente 950°C, que é a temperatura usual de queima para esse tipo de produto), com um mínimo de trincas e empenamentos. Elevados teores de ferro divalente, elementos alcalinos e alcalinos-terrosos são prejudiciais pelo fato de causarem uma excessiva retração, reduzir a faixa de vitrificação e causar colorações indesejáveis. As argilas aqui utilizadas devem ter as seguintes características:

- **Plásticas** – argilas que, adicionadas de quantidade adequada de água, passam ao estado pastoso, e se deixam moldar facilmente por extrusão, conservando a forma moldada até a secagem, quando se tornam mecanicamente duras e bastante resistentes. A pasta moldável não deve apresentar-se arenosa ao tato.

- **Ferruginosas** – argilas que contêm uma porcentagem de até 5% de óxidos ou hidróxidos de ferro. Os óxidos de ferro, até o limite máximo de 5%, são benéficos, dando aos tijolos a coloração avermelhada desejada, além de facilitar a ceramização durante a queima.
- **Fundentes** – argilas que contêm impurezas de metais alcalinos, que lhes fornecem propriedades de sinterização à baixa temperatura. A presença dessas impurezas na argila permitem que os tijolos sejam queimados a temperaturas mais baixas com economia de combustíveis e tempo de queima.
- **Silicosas ou magras** – argilas quem contêm alto teor de anidrido silícico. São utilizadas para reduzir a plasticidade excessiva das argilas plásticas fortes ou gordas. Entretanto, o excesso de argila silicosa enfraquece o tijolo, aumentando sua porosidade após a queima.

2.3.1.2 – Argilas para fabricação de telhas

As argilas, para serem utilizadas na fabricação de telhas, devem possuir as seguintes características: plasticidade adequada para moldagem, tensão ou módulo de ruptura à flexão elevada, quando secas, para permitir o manuseio durante a fabricação e após a secagem; porosidade aparente e absorção de água baixa para não permitir a permeação de água; ausência de trincas e empenamentos, após secagem e queima. Este tipo de argila ainda costuma apresentar cor vermelha após queima a cerca de 950°C, uma tensão de ruptura elevada ($\approx 6,5\text{MPa}$, após queima, segundo Barzaghi e Salge (1982)) uma larga faixa de vitrificação e retração uniforme para proporcionar um bom controle das dimensões finais do produto acabado.

A cor vermelha da argila, após queima, é um dos fatores principais para a aceitação de uma argila para fabricação de telhas, devido ao fato do mercado brasileiro exigir, em geral, telhas de cores vivas, variando de alaranjado ao vermelho. Entretanto, existem argilas pobres em ferro que podem produzir telhas de cores claras com características cerâmicas satisfatórias para a fabricação de telhas. Argilas quaternárias recentes e antigas são utilizadas para essa finalidade (Souza Santos, 1975).

2.3.1.3 – Argilas para fabricação de ladrilhos de piso

São argilas plásticas e folhelhos argilosos, de fácil moldagem, com elevados teores de ferro e de metais alcalinos, que vitricam a temperaturas relativamente baixas, sem tendência a empenar. A cor vermelho-viva, sem manchas escuras (após queima entre 1000°C e 1100°C, que faixa de temperaturas de queima usual), é uma característica desejável, além dos valores baixos de absorção de água e porosidade aparente, geralmente abaixo de 5%, devido ao elevado grau de vitrificação atingido, o qual dá origem a uma elevada resistência à abrasão. A faixa de vitrificação deve ser a maior possível (acima de 50°C) para assegurar uniformidade de cor e de dimensões aos ladrilhos de piso (Souza Santos, 1975).

2.3.1.4 – Argilas para fabricação de manilhas vidradas

São argilas de fácil extrusão, de elevada resistência mecânica à compressão no estado úmido para não se deformar sob o peso próprio. Devem ter uma composição conveniente para absorver sal ou um vidrado fundido para produzir uma camada de vidro (esmalte cerâmico) uniforme e sem trincas. Geralmente são utilizadas argilas do mesmo tipo das usadas para fabricação de telhas e folhelhos argilosos, são muito ricas em fúndentes e de boa extrudabilidade.

2.3.1.5 – Argilas para fabricação de agregados leves

Apesar da complexidade dos requisitos necessários a uma argila adequada para fabricação de agregados leves, algumas generalizações existem na literatura que permitem orientar o presente estudo. Segundo a literatura (Souza Santos (1975) e Ferreira(1975)), procura-se estabelecer uma composição química de argilas e folhelhos argilosos com a propriedade de inchar ou não entre as temperaturas de 1100°C e 1350°C: O material deve possuir um mineral que libere gás nessas temperaturas para produzir o inchamento.

Estudos realizados por Souza Santos (1975) concluem que o critério preliminar para o ensaio de argilas para agregados leves baseia-se no aumento de volume apresentado pelas amostras, após aquecimento a 1350°C entre 3 e 10 mm, resultado em massa específica aparente abaixo de 1,0 g/cm³.

2.3.1 - PROPRIEDADES DAS ARGILAS RELACIONADAS COM SUAS APLICAÇÕES

A primeira providência a ser tomada para utilização de uma argila em cerâmica é, portanto, fazer uma sondagem perfeita das jazidas e a determinação das suas principais propriedades. Podemos resumir as principais propriedades nas seguintes:

- a) **Tamanho das partículas** - As argilas são constituídas por partículas diminutas fracamente agregadas que se dispersam e água permitindo a separação das partículas maiores que sedimentam, das menores que se mantêm em suspensão coloidal se o meio não contém eletrólitos que provocam sua floculação.
- b) **Plasticidade** - É a propriedade que têm as argilas quando molhadas de se deixarem moldar conservando as formas que lhe são dadas. Essa propriedade está relacionada com os envoltórios de água sobre a superfície de cada partícula de argila, produzindo uma ação lubrificante que facilita o deslizamento de cada uma delas sobre as outras.
- c) **Contração** - A argila úmida contrai-se pela secagem devido à perda de água e conseqüentemente aproximação das partículas. O índice de contração varia com a natureza das argilas; as de partículas mais finas sofrem maior contração. Além dessa contração devido à perda de água de umedecimento, nova contração ocorre quando as argilas são aquecidas até perder sua água de constituição. Essa é a contração pelo cozimento que vem acompanhada por modificações profundas nas propriedades da argila.

O cozimento proporciona a rigidez que permite a utilização da argila na fabricação de tijolos, telhas, e vasos diversos (Abreu, 1960).

- d) **Refratariedade** – O ponto de fusão das argilas depende de sua constituição química. O silicato de alumínio hidratado correspondente ao caulim funde aproximadamente a 1700°C enquanto as argilas contendo bases, quer na própria molécula, quer por misturas com outros produtos, tem pontos de fusão mais baixos. As argilas de alto ponto de fusão são chamadas refratárias e correspondem às de natureza caulínica: as montmorilonitas e as ilitas tem mais baixo ponto de fusão. A presença de feldspato e micas faz baixar muito a refratariedade das argilas (Abreu, 1960).
- e) **Tixotropia** – As argilas coloidais dispersas em água numa adequada concentração adquirem o estado de gel, solidificando-se quando ficam em repouso. Esse fenômeno tem grande importância prática no preparo de lamas para uso em sondagens de petróleo. A tixotropia é propriedade relacionada com as argilas de partículas extremamente finas, do grupo da montmorilonita, tais como as bentonitas.

2.4 – GEOLOGIA DA REGIÃO EM ESTUDO

2.4.1 - A MINERAÇÃO NA PARAÍBA

A mineração na Paraíba caracteriza-se como uma atividade primária não tradicional, funcionando, em seu conjunto, através de processos rudimentares, principalmente no setor de extração, onde a garimpagem assume papel de destaque. Evidentemente, uma análise global não retrata as peculiaridades e, como tal, há local em que a mineração se individualiza regionalmente, como tal, há local em que a mineração se individualiza regionalmente, como uma atividade tradicional, como, por exemplo, no Seridó Paraibano. Por outro lado, há locais

onde os processos de extração e beneficiamento já apresentam relativo grau de mecanização. Como exemplo pode ser citada a extração de calcário para fabricação de cimento, em João Pessoa, e a extração e beneficiamento de bentonita, em Campina Grande (Atlas Geográfico da Paraíba, 1985).

Dentre os minerais encontrados na Paraíba, cerca de vinte e seis, entre metálicos e não metálicos, são ou foram explorados com certa regularidade: berilo, cassiterita, columbita, tantalita, espodumênio, lepidolita, monlibdenita, ouro, rutilo, scheelita, titânio, zircônio, ferro, bentonita, caulim, apatita, calcário, barita, fluorita, feldspato, quartzo, mica, amianto, areia, argila, granito, quartizito, água mineral, entre outros.

Destacam-se a bentonita (a mais importante reserva existente no país); o calcário, o tungstênio e importantes mineralizações em pegmatita com tantalita, columbita, cassiterita, caulim, berilo, quartzo, feldspato e mica. A indústria extrativa mineral da Paraíba participa modestamente na produção nacional. As principais substâncias minerais exploradas no Estado podem ser observadas no gráfico 2.1.

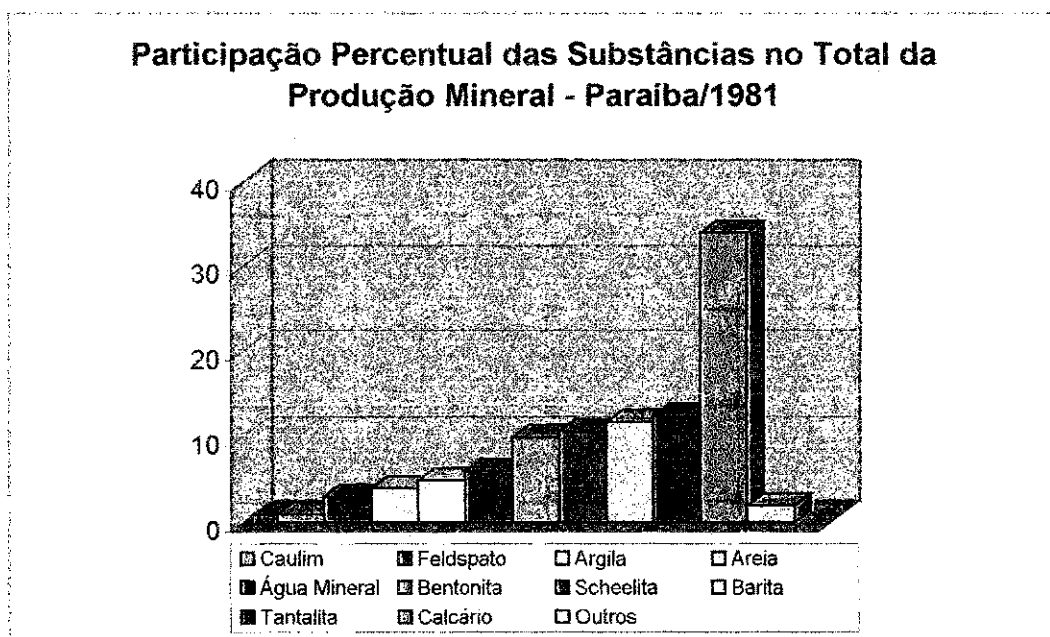


Gráfico 2.1 – Fonte : SEMENA / 1981 – Pesquisa da Produção Mineral

2.4.2 OS SOLOS NA PARAÍBA

Os solos da Paraíba vão refletir duas ordens de fatores importantes: climáticos e edáficos (natureza da rocha-mãe).

Sendo assim, cerca de 1/5 do território paraibano apresenta solos evoluídos em função do clima quente e úmido (26°C; 900 - 1700mm; 7 a 9 meses com chuvas) Trata-se das áreas úmidas do litoral e de algumas serras, assim como do Brejo e do corredor sub-úmido da depressão sublitorânea. As únicas exceções são representadas pelos *solos brutos arenosos* das restingas e praias, dos *solos aluviais* das várzeas e dos solos salinos e encharcados dos mangues. Mas, apesar dos condicionantes climáticos que atuam nessa porção do Estado, a rocha-mãe vai desempenhar um importante papel nos tipos de solos que ali se encontram (Atlas Geográfico da Paraíba, 1985).

É assim que os tabuleiros costeiros e sub-costeiros formados a partir dos sedimentos heterogêneos apresentam solos do tipo podzol, quando as camadas rochosas são arenosas, enquanto as camadas argilosas, as de nosso interesse, normalmente ostentam lateríticos (latossolos) diversos, lixiviados e solos podzólicos (Atlas Geográfico da Paraíba, 1985).

Na área do Brejo, ou seja, no rebordo úmido elevado da Borborema que recebe influência das massas de ar úmidas provenientes do Atlântico, as rochas graníticas e os restos dos capeamentos sedimentares dão origem a uma imensa variedade de latossolos e de solos podzólicos pobres em nutrientes (Atlas Geográfico da Paraíba, 1985).

Já o setor representado pela depressão sublitorânea e submetido a uma pluviosidade menos, a grande variedade de rochas cristalinas engendram solos podzólicos, mais ricos em nutrientes, associados a solos com hidromorfia temporária e a solos pouco espessos, do tipo bruno (Atlas Geográfico da Paraíba, 1985)

A topografia e a rocha-mãe introduzem modulações nesse quadro geral.

Os gnaisses e xistos normalmente dão origem a solos argilosos, compactos e pedregosos fortemente sujeitos à erosão (litossolos e solos bruno litólicos).

Já os granitos grosseiros dão origem a solos mais arenosos, um pouco mais profundos.

2.5 – CONCLUSÃO

Esta revisão bibliográfica tem a forma e conteúdo apresentado uma vez que não se encontram na literatura disponível informações adicionais com relação às localizações específicas de jazidas na região meio leste da Paraíba. Nestas localizações deveriam constar também, além do potencial existente, a caracterização e determinação dos parâmetros que caracterizam uma argila. Sendo assim, este espaço vazio deve ser ocupado por pesquisas que englobem a localização e caracterização de depósitos /jazidas de argilas. Estas pesquisas favoreceram o uso mais adequado e racional das argilas.

Capítulo 3

OBJETIVOS

Esta dissertação de mestrado tem como objetivos:

- Mapear as jazidas de argila nos municípios da região do meio leste da Paraíba de acordo com o interesse local para a aplicação na indústria de cerâmica.
- Identificar características nas argilas coletadas nas jazidas para uso em indústrias de cerâmica através de metodologia empregada por Sousa Santos (1975): - identificação mineralógica, caracterização do solo e ensaios tecnológicos de cerâmica.
- Com os resultados obtidos na identificação das argilas, tipificá-las de acordo com as normas específicas de uso como cerâmica vermelha, branca ou refratária.
- Identificar, finalmente, as jazidas de argila da região meio leste da Paraíba segundo sua vocação para indústria cerâmica.

Capítulo 4

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – MATERIAIS

3.1.1 – LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS MUNICÍPIOS COM JAZIDAS ESTUDADAS.

Foram coletadas dezoito amostras de nove municípios, conforme localização abaixo discriminada:



Figura 3.1 – Localização dos Municípios com jazidas analisadas.

Santa Rita - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	762
Latitude do distrito sede do município	-7,11389
Longitude do distrito sede do município	-34,97806
Altitude distrito sede do município (m)	16

População

Total da população residente	115605
Total da população residente urbana	100327
Total da população na sede do município	98333
Densidade demográfica (hab/km ²)	151,65

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	35
Estabelecimentos de ensino fundamental	87
Estabelecimentos de ensino médio	8
Hospitais	3
Agências bancárias	3

Tabela 3.1 - Posição Geográfica e População de Santa Rita - Fonte: IBGE, 1997.

Rio Tinto - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	504
Latitude do distrito sede do município	6,80306
Longitude do distrito sede do município	35,08056
Altitude distrito sede do município (m)	12

População

Total da população residente	22956
Total da população residente urbana	13925
Total da população na sede do município	12684
Densidade demográfica (hab/km ²)	45,52

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	42
Estabelecimentos de ensino fundamental	44
Estabelecimentos de ensino médio	2
Hospitais	2
Agências bancárias	0

Tabela 3.2 - Posição Geográfica e População de Rio Tinto - Fonte: IBGE, 1997.

Mamanguape - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	336
Latitude do distrito sede do município	6,83861
Longitude do distrito sede do município	35,12611
Altitude distrito sede do município (m)	36

População

Total da população residente	38752
Total da população residente urbana	30806
Total da população na sede do município	29474
Densidade demográfica (hab/km ²)	115,24

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	50
Estabelecimentos de ensino fundamental	52
Estabelecimentos de ensino médio	2
Hospitais	3
Agências bancárias	3

Tabela 3.3 – Posição Geográfica e População de Mamanguape - Fonte: IBGE, 1997.

Jacarauá - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	256
Latitude do distrito sede do município	6,61222
Longitude do distrito sede do município	35,29278
Altitude distrito sede do município (m)	171

População

Total da população residente	14101
Total da população residente urbana	7100
Total da população na sede do município	5888
Densidade demográfica (hab/km ²)	55,08

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	27
Estabelecimentos de ensino fundamental	38
Estabelecimentos de ensino médio	1
Hospitais	1
Agências bancárias	0

Tabela 3.4 – Posição Geográfica e População de Jacarauá - Fonte: IBGE, 1997.

Guarabira - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	149
Latitude do distrito sede do município	6,85472
Longitude do distrito sede do município	-35,49
Altitude distrito sede do município (m)	98

População

Total da população residente	51456
Total da população residente urbana	44038
Total da população na sede do município	43320
Densidade demográfica (hab/km ²)	345,68

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	59
Estabelecimentos de ensino fundamental	69
Estabelecimentos de ensino médio	6
Hospitais	3
Agências bancárias	5

Tabela 3.5 – Posição Geográfica e População de Guarabira - Fonte: IBGE, 1997.

Mulungu - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	224
Latitude do distrito sede do município	-7,02444
Longitude do distrito sede do município	-35,46194
Altitude distrito sede do município (m)	99

População

Total da população residente	9012
Total da população residente urbana	4136
Total da população na sede do município	4136
Densidade demográfica (hab/km ²)	40,3

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	24
Estabelecimentos de ensino fundamental	31
Estabelecimentos de ensino médio	1
Hospitais	1
Agências bancárias	0

Tabela 3.6 – Posição Geográfica e População de Mulungu - Fonte: IBGE, 1997.

Mari - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	157
Latitude do distrito sede do município	7,06
Longitude do distrito sede do município	35,31944
Altitude distrito sede do município (m)	144

População

Total da população residente	20671
Total da população residente urbana	17426
Total da população na sede do município	17426
Densidade demográfica (hab/km ²)	131,79

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	15
Estabelecimentos de ensino fundamental	22
Estabelecimentos de ensino médio	1
Hospitais	1
Agências bancárias	0

Tabela 3.7 – Posição Geográfica e População de Mari - Fonte: IBGE, 1997.

Gurinhém - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	225
Latitude do distrito sede do município	7,12389
Longitude do distrito sede do município	35,42444
Altitude distrito sede do município (m)	104

População

Total da população residente	13178
Total da população residente urbana	5540
Total da população na sede do município	5540
Densidade demográfica (hab/km ²)	58,54

Infra-Estrutura

Estabelecimentos de ensino pré-escolar	1
Estabelecimentos de ensino fundamental	31
Estabelecimentos de ensino médio	1
Hospitais	1
Agências bancárias	0

Tabela 3.8 – Posição Geográfica e População de Gurinhém - Fonte: IBGE, 1997.

Alhandra - PB

Posição Geográfica

Área da unidade territorial (km ²)	224
Latitude do distrito sede do município	-7,43861
Longitude do distrito sede do município	-34,91444
Altitude distrito sede do município (m)	50
População	
Total da população residente	15907
Total da população residente urbana	8936
Total da população na sede do município	8936
Densidade demográfica (hab/km ²)	70,88

Infra-Estrutura

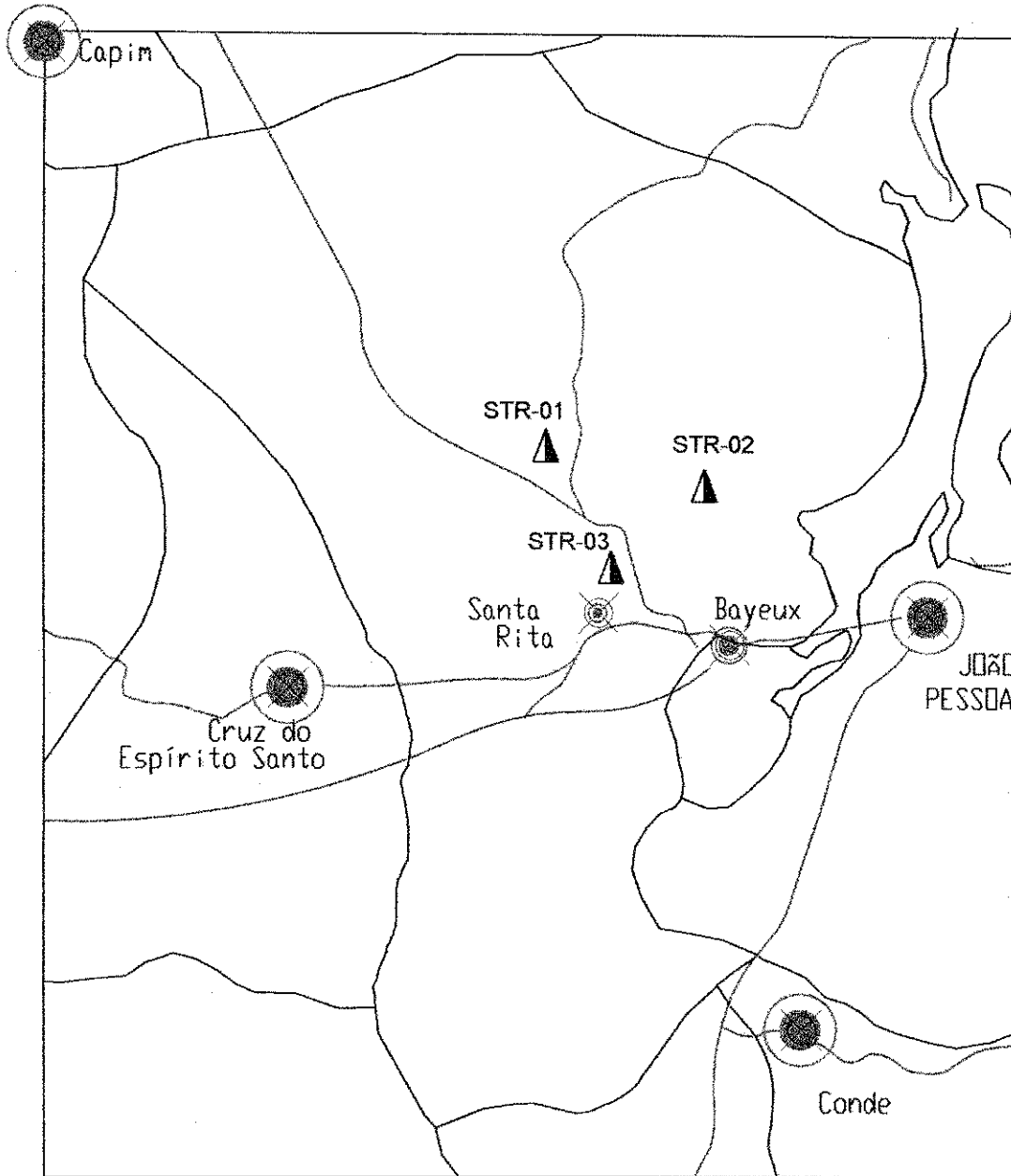
Estabelecimentos de ensino pré-escolar	25
Estabelecimentos de ensino fundamental	27
Estabelecimentos de ensino médio	1
Hospitais	1
Agências bancárias	1

Tabela 3.9 - Posição Geográfica e População de Alhandra - Fonte: IBGE, 1997.

3.1.2 LOCALIZAÇÃO DAS JAZIDAS EM CADA MUNICÍPIO

As dezoito jazidas analisadas localizam-se nos nove municípios conforme mapas especificados.

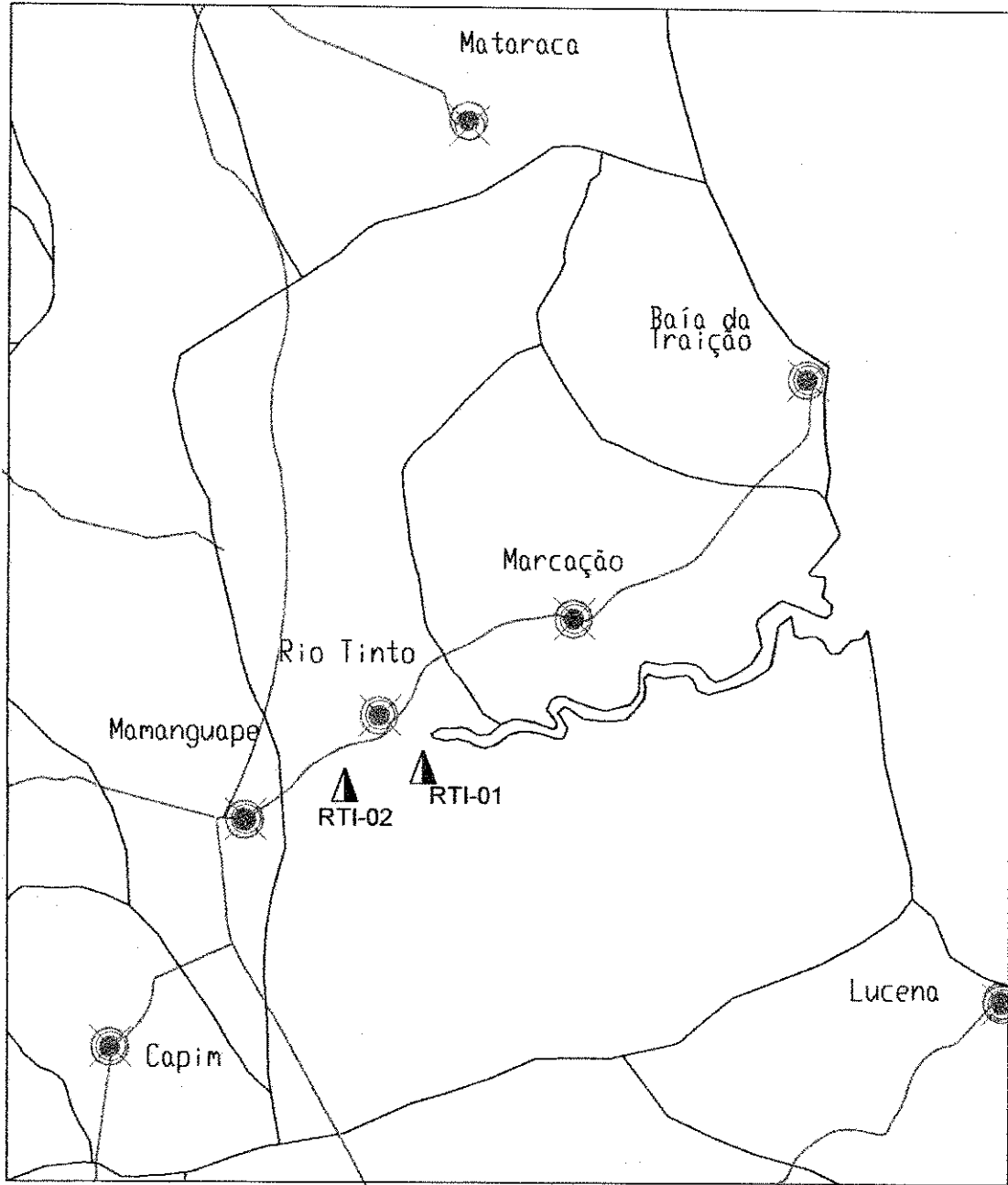
SANTA RITA



Legenda

- | | | | |
|--------|---|-----------------------|---|
| Cidade | ⊗ | Divisa dos Municípios | — |
| Jazida | ▲ | Rodovias Federais | — |
| | | Rodovias Estaduais | — |

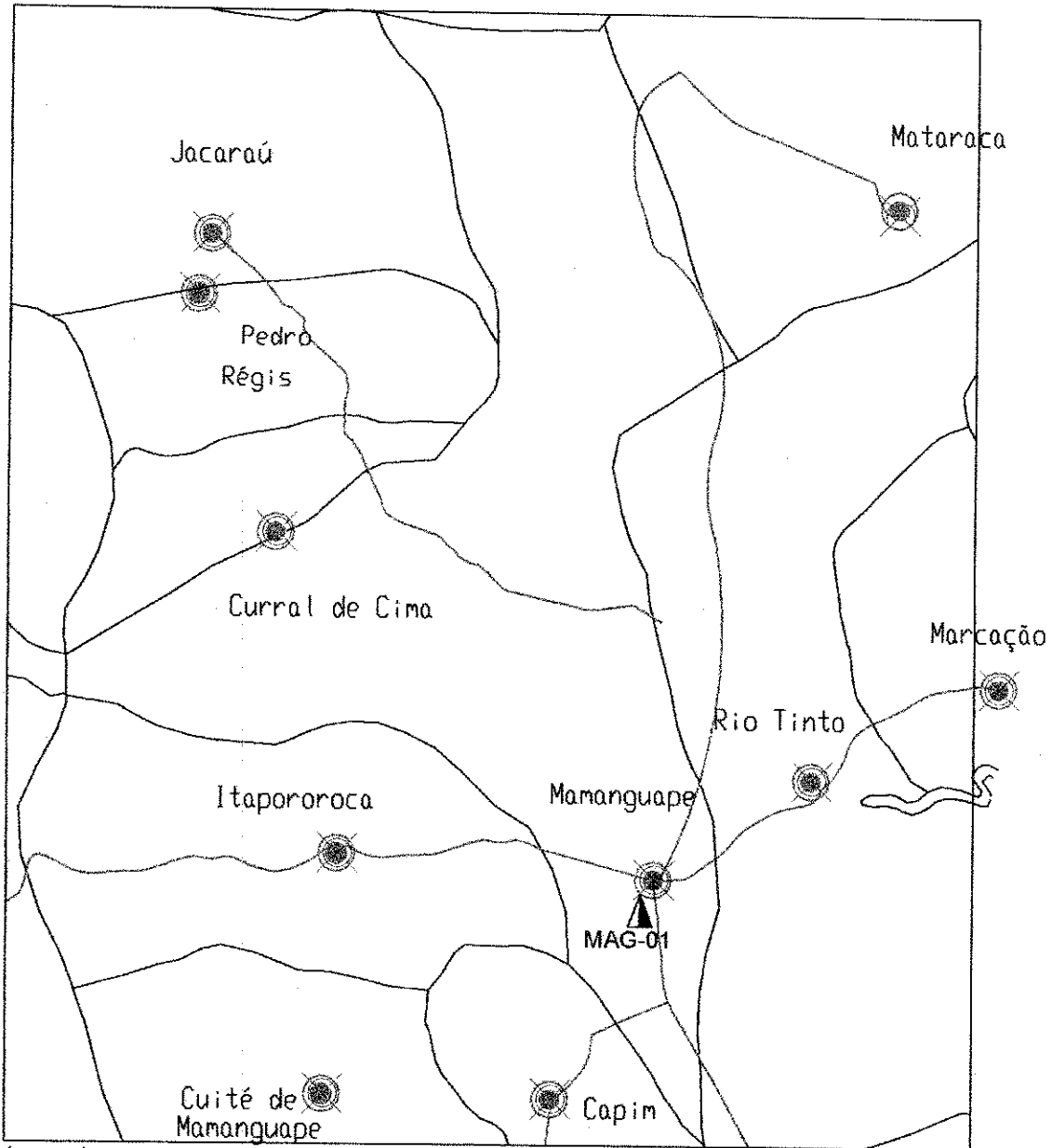
RIO TINTO



Legenda

Cidade	☉	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	==
		Rodovias Estaduais	- - -

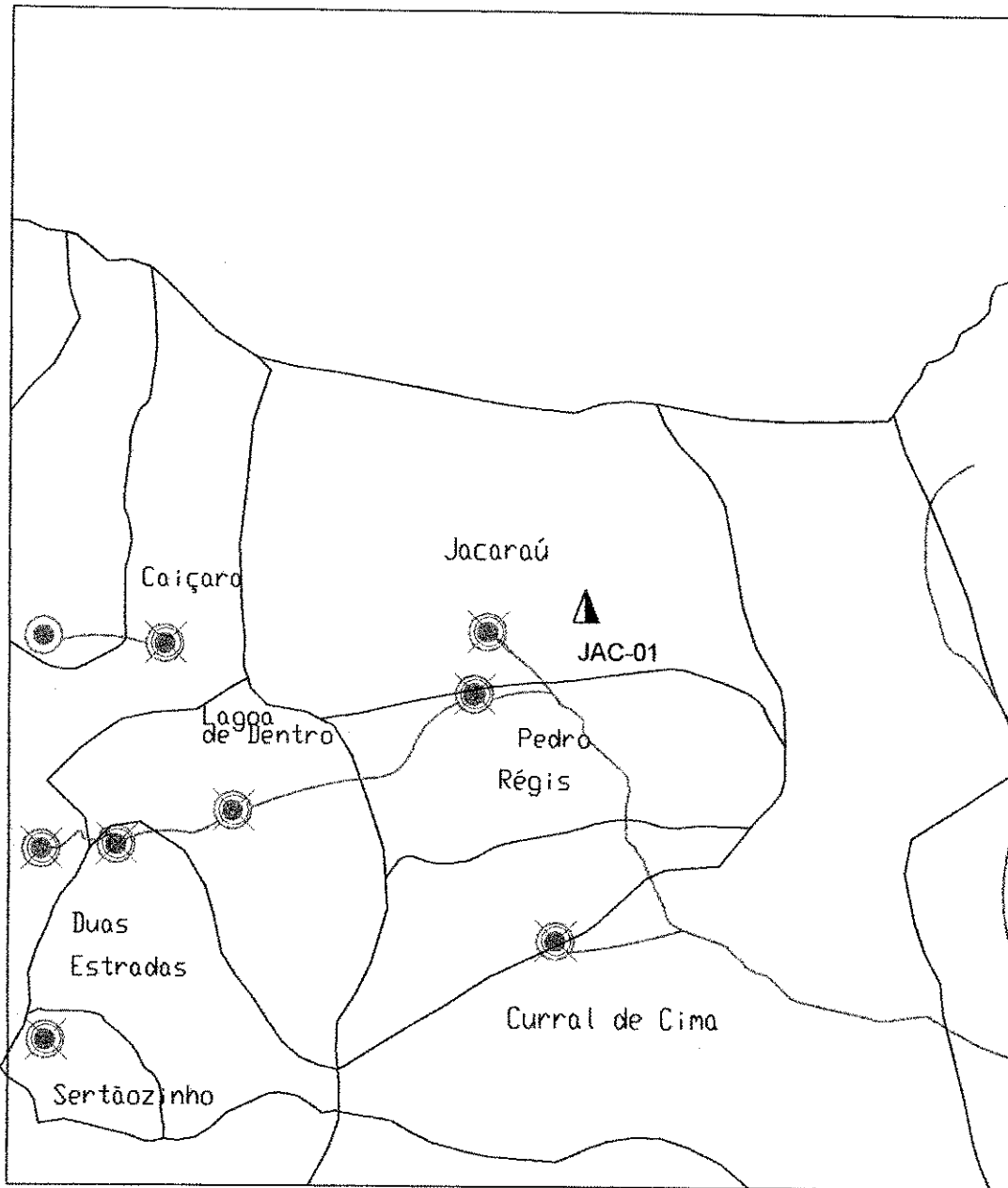
MAMANGUAPE



Legenda

- | | | | |
|--------|---|-----------------------|----|
| Cidade | ☼ | Divisa dos Municípios | — |
| Jazida | ▲ | Rodovias Federais | == |
| | | Rodovias Estaduais | — |

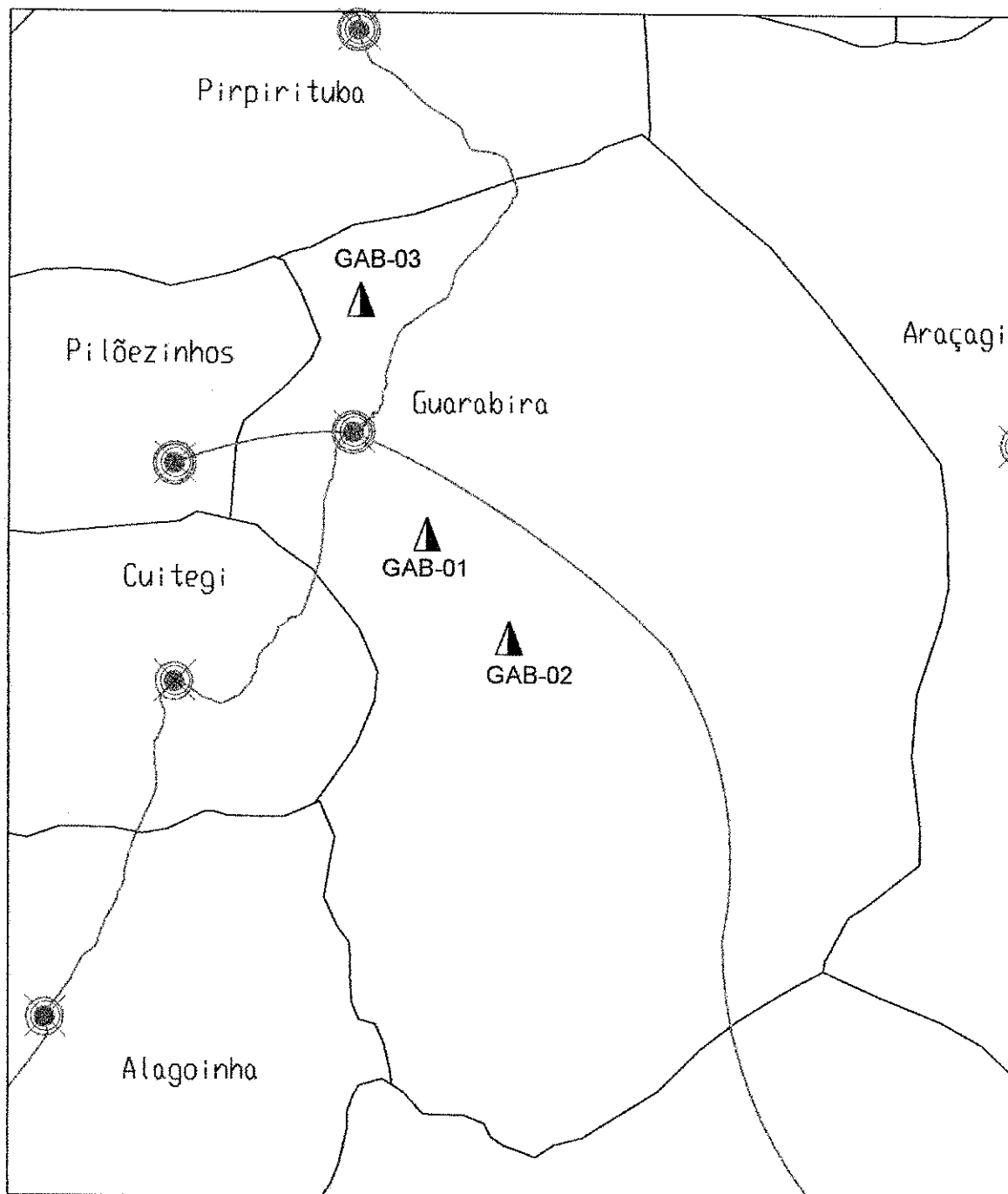
JACARAÚ



Legenda

Cidade	⊗	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	==
		Rodovias Estaduais	≡

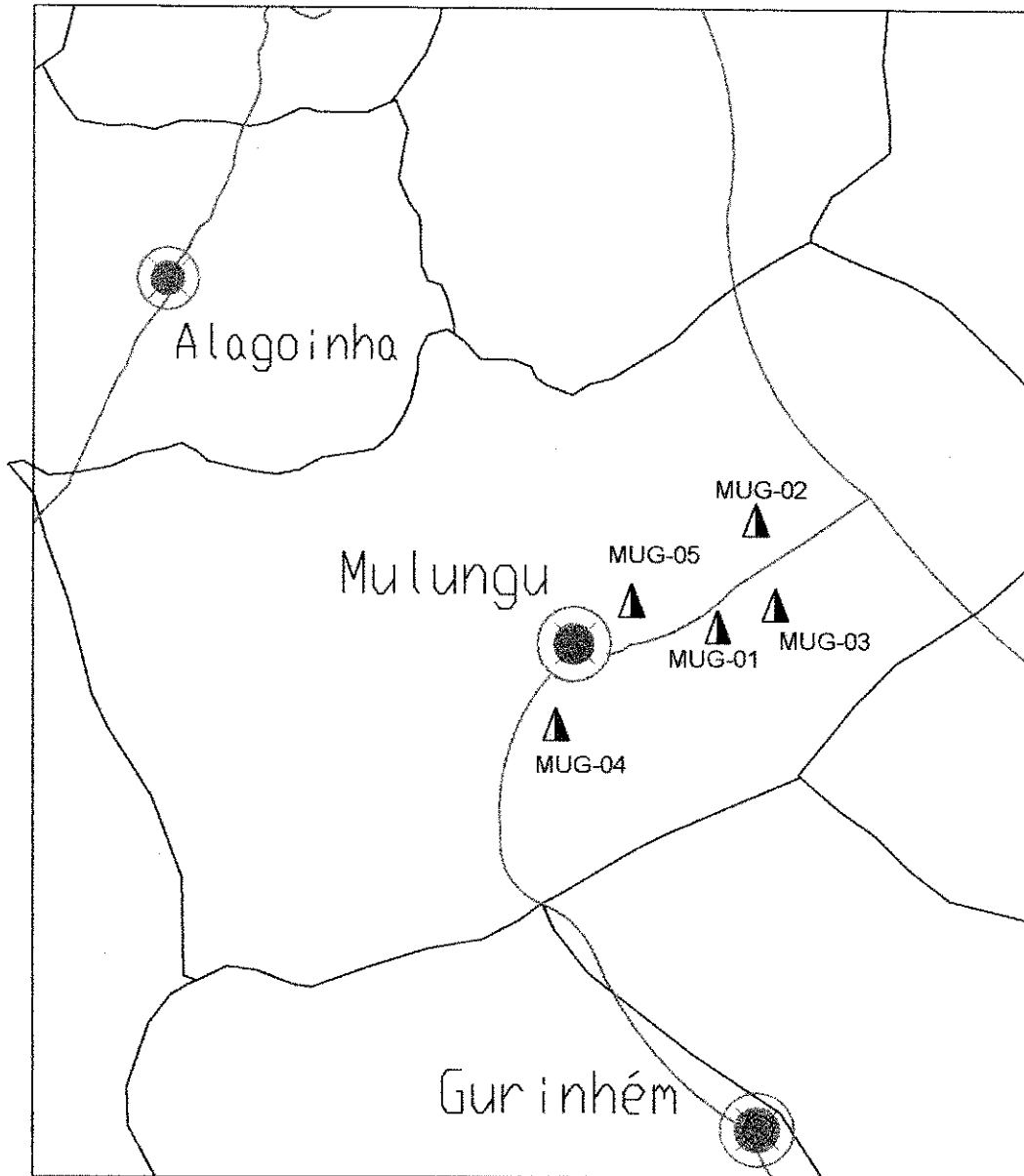
GUARABIRA



Legenda

Cidade	☼	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	==
		Rodovias Estaduais	---

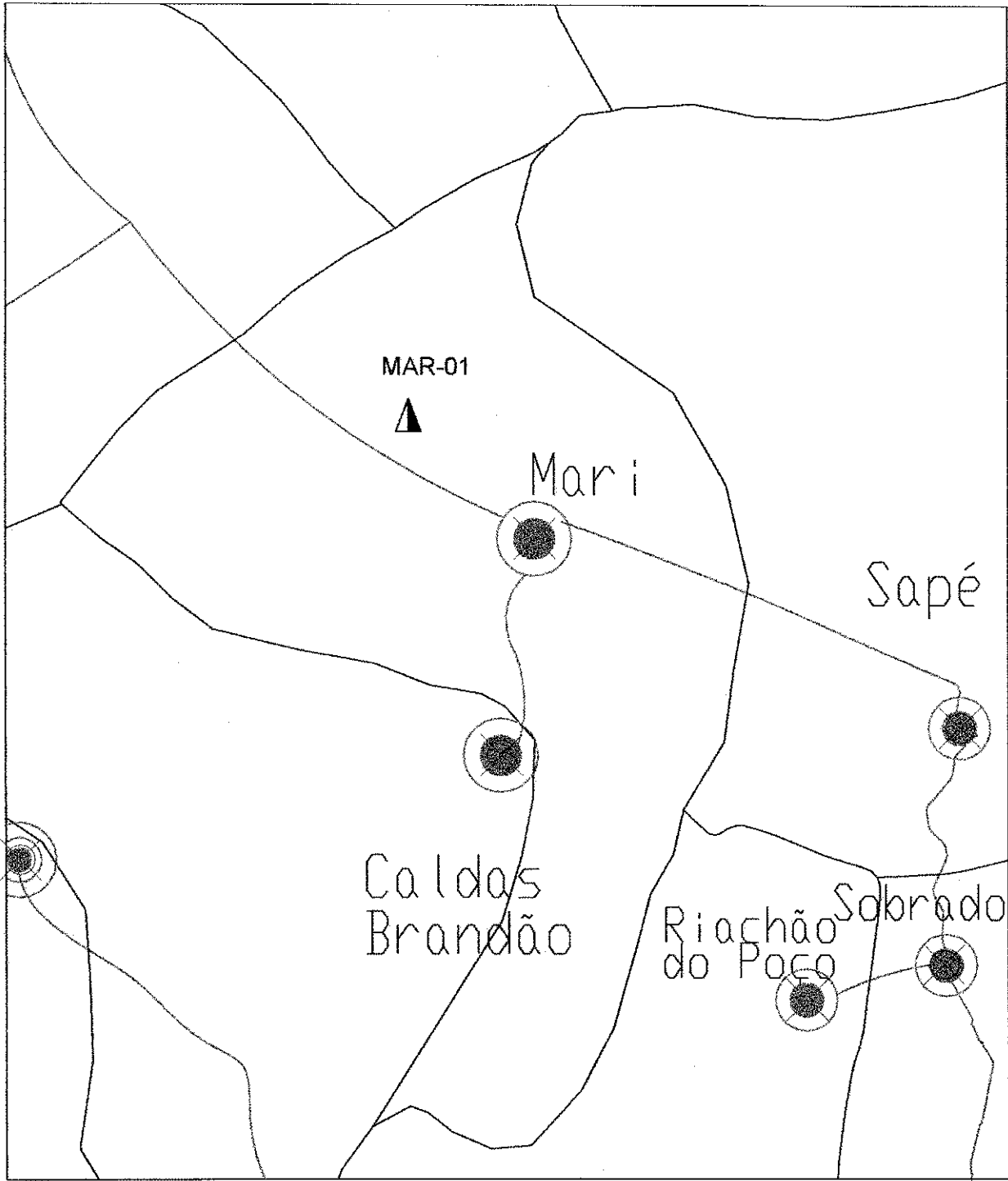
MULUNGU



Legenda

Cidade	⊗	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	==
		Rodovias Estaduais	—

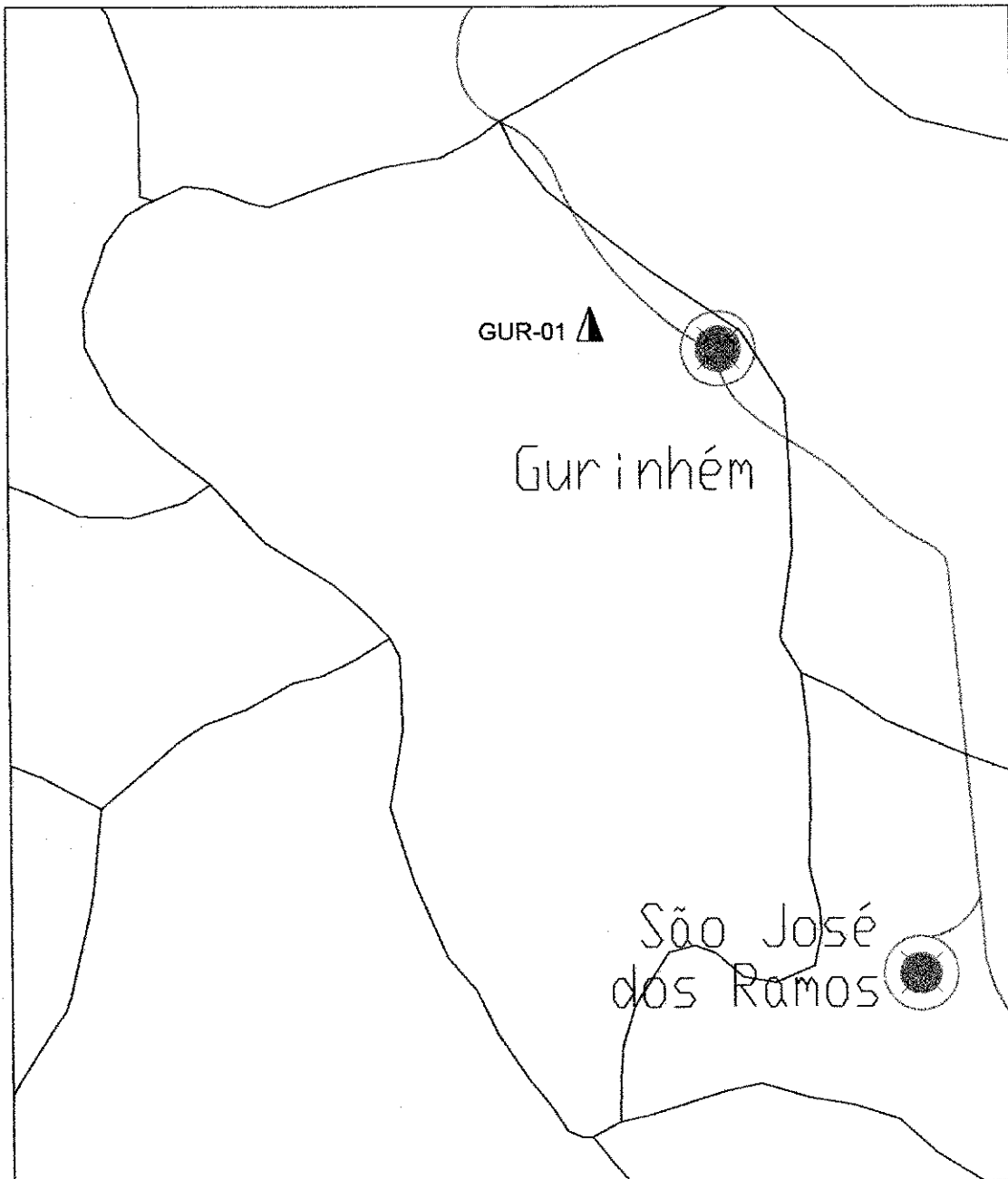
MARI



Legenda

Cidade	⊗	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	==
		Rodovias Estaduais	---

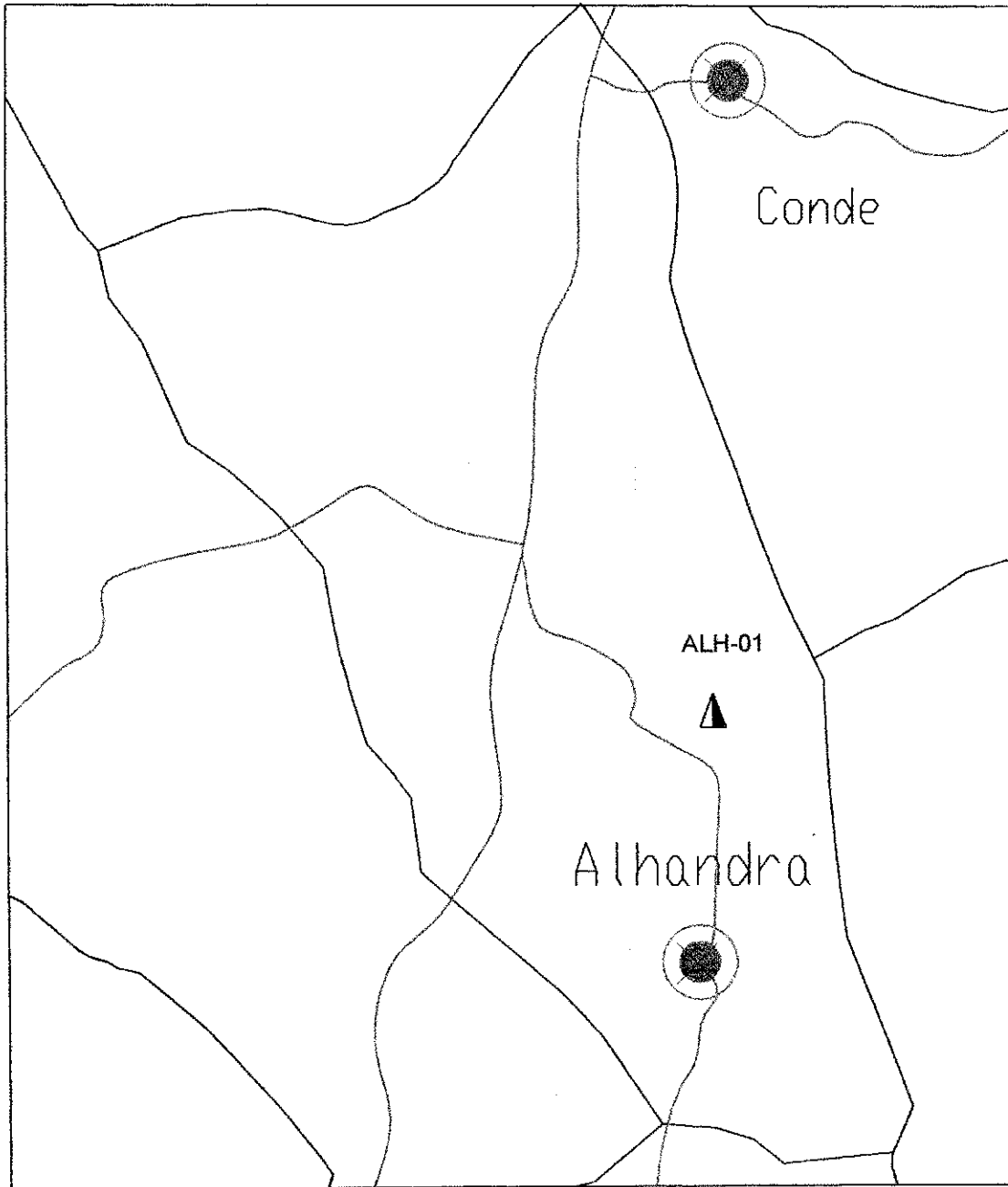
GURINHÉM



Legenda

Cidade	⊗	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	—
		Rodovias Estaduais	—

ALHANDRA



Legenda

Cidade	⊗	Divisa dos Municípios	—
Jazida	▲	Rodovias Federais	==
		Rodovias Estaduais	---

3.1.3 - DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

a) Município de Santa Rita

Amostras	Localização e Descrição
STR-01	Material proveniente da jazida Estância Dois Irmãos, que fornece sua argila a indústria de cerâmica Cincera. Apresenta cor cinza escuro. A amostra apresenta-se na forma de agregadas muito duros.
STR-02	Material proveniente da jazida Carapeba, que fornece sua argila a indústria de cerâmica Ceramina. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual
STR-03	Material proveniente da jazida Clara Neta, que fornece sua argila a indústria de cerâmica Caiongo. Apresenta cor cinza escuro, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.

b) Município de Rio Tinto

Amostras	Localização e Descrição
RTI-01	Material proveniente da jazida Luiz de Tó, que fornece sua argila a indústria de cerâmica DRN. Apresenta cor cinza esverdeado, argilo-arenoso, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual.
RTI-02	Material proveniente da jazida da própria cerâmica DRN. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.

c) Município de Mamanguape

Amostras	Localização e Descrição
MAG-01	Apresenta cor cinza claro, argilo-arenoso, pertencente a depósitos recentes, e de difícil desagregação manual.

d) Município de Jacaraú

Amostras	Localização e Descrição
JAC-01	Material proveniente de jazida de propriedade da indústria de revestimento Cordeiro, que fornece sua argila a sua indústria localizada no município de Conde. Apresenta amarelo claro, argilo-arenoso, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresentava-se na forma de agregados com diâmetros variáveis e de fácil desagregação manual.

e) Município de Guarabira

Amostras	Localização e Descrição
GAB-01	Material proveniente da jazida da indústria cerâmica Cemarisa. Apresenta cor cinza escuro. Apresenta cor cinza escuro. A amostra apresenta-se na forma de agregadas muito duros.
GAB-02	Material proveniente da jazida da indústria de cerâmica Cecida. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresenta-se na forma de agregados duros e compactos de difícil desagregação manual.
GAB-03	Material proveniente de jazida localizada na localidade de Utinga. Apresenta cor cinza escuro, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.

f) Município de Mulungu

Amostras	Localização e Descrição
MUG-01	Material proveniente da jazida Passinho, que fornece sua argila a indústria de cerâmica Santa Bárbara. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.
MUG-02	Material proveniente da jazida Dr. Ageu. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso. A amostra apresenta-se na forma de agregados duros e compactos de difícil desagregação manual.
MUG-03	Material proveniente da jazida Sr. Adonis, que fornece sua argila a indústria de cerâmica Santa Bárbara. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.
MUG-04	Material proveniente de jazida da cerâmica Jardins. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.
MUG-05	Material proveniente da jazida Alexandre. Apresenta cor cinza escuro, argilo-arenoso. A amostra apresentava-se na forma de agregados com diâmetros variáveis e de fácil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.

g) Município de Mari

Amostras	Localização e Descrição
MAR-01	Material proveniente da jazida Humberto Madruga. Apresenta cor vermelha escura, argila-arenoso, pertencente a depósito recente e de difícil desagregação manual.

h) Município de Gurinhém

Amostras	Localização e Descrição
GUR-01	Material proveniente de jazida Gurinhém. Apresenta cor cinza escuro, pertencente a depósitos recentes. A amostra apresenta-se na forma de agregados de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.

i) Município de Alhandra

Amostras	Localização e Descrição
ALH-01	Material proveniente de jazida Alhandra. Apresenta cor cinza clara. A amostra apresenta-se na forma de agregados duros e compactos de difícil desagregação manual, sendo visível a matéria orgânica na forma de raízes.

3.1.4 – AMOSTRAGEM

A amostragem consistiu em uma sequência de operações com o objetivo de retirar uma parte representativa de seu universo. Esta parte representativa é denominada de amostra primária ou global. Desta pode-se retirar frações destinadas a análise ou ensaio de laboratório. Esta fração é chamada amostra final ou reduzida, que deve ser representativa da amostra global, e portanto, do todo amostrado (Albuquerque, 1999)

Segundo Souza Santos (1975), a amostragem de jazidas pode ser feita com dois objetivos diferentes que correspondem aos casos denominados como amostragem preliminar e como amostragem extensiva.

- a) **Amostragem Preliminar** : é a que é feita quando se deseja obter uma informação prévia, superficial, sobre a característica da argila, sem importar a extensão da jazida, nem o valor econômico dela

- b) **Amostragem Extensiva** : é utilizada quando se deseja obter, isolada ou conjuntamente, os seguintes dados: extensão, em área e profundidade da jazida de argila; distribuição em área e em profundidade das diversas camadas de solo.

A amostragem preliminar foi a utilizada para a coleta de nossas amostras, ou seja, foi feita em locais onde haviam exposição de argila a ser ensaiada por processos naturais (desbarrancamentos, formigueiros), por processos mecânicos (cortes para abertura de estradas, sondagens) ou mesmo amostras que já se encontravam em indústrias cerâmicas.

Em locais onde foram coletadas argilas obtidas através de exposição natural, a amostra foi obtida seguindo alguns procedimentos. No afloramento da argila, limpamos uma área de 1m², retirando vegetação, pedras e todo solo arável dessa área até aparecer argila; retiramos, então, a argila da escavação fazendo um monte até que sua cor e sua textura mudassem, começando uma nova camada ou terminando a camada de argila.

Em amostras enviadas por indústrias cerâmicas, foi-se solicitado amostras de pelo menos quatro pontos distintos da jazida.

Todas as argilas foram homogeneizadas por quarteação para formação da amostra.

3.1.4.1 – Preparação de amostras de argilas para ensaios tecnológicos

A preparação das amostras compreendeu as seguintes operações:

- a) **Secagem** - A argila conforme foi recebida foi secada para poder ser moída. A amostra foi espalhada e deixada em ambiente livre de poeiras e com

circulação de ar; quando o tempo permitiu, a amostra foi exposta ao sol. Foi guardado um torrão da amostra conforme foi recebida, em um saco plástico para se ter uma referência da amostra em sua forma "bruta". A argila foi deixada secar até os torrões poderem ser desagregados. Segundo Sousa Santos, em hipótese alguma a amostra deve ser secada em temperaturas superiores a 40°C, pois acima dessa temperatura as propriedades plásticas são alteradas.

- b) **Britagem** - A britagem foi feita manualmente com martelo, em fragmentos de 5 cm de diâmetro.
- c) **Moagem** - Após a britagem a amostra foi levada a um moinho de bolas tipo Sonnex da Pavitest®. Feita a moagem, a amostra foi homogeneizada, e separada, por quarteação, 2 kg da amostra para serem preparados para ensaios físicos e químicos. O restante da amostra foi colocado em um saco para aguardar o início dos ensaios tecnológicos.

3.2 – MÉTODOS

O procedimento experimental e os métodos utilizados neste trabalho estão sintetizados segundo o fluxograma abaixo:

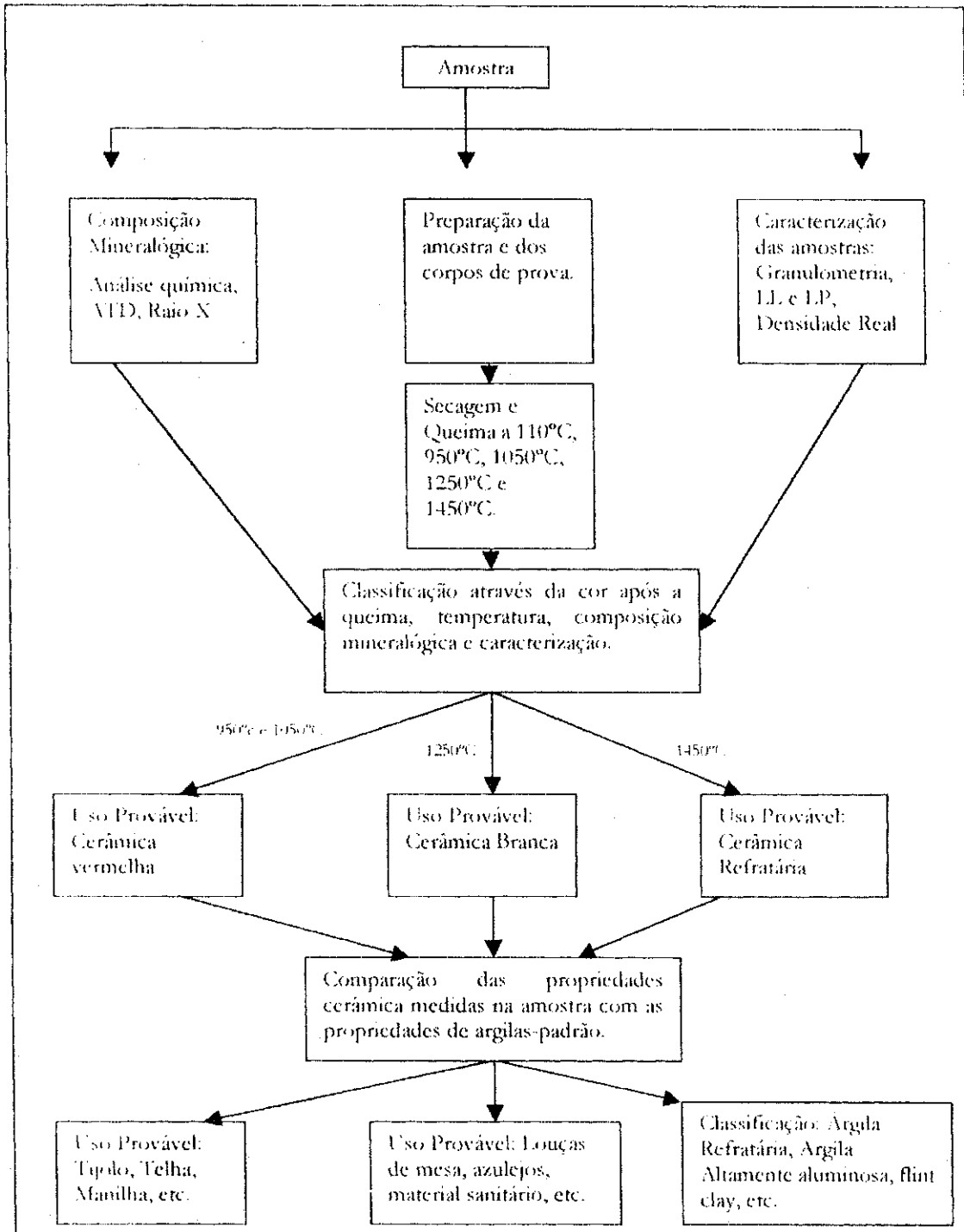


Figura 3.11 - Procedimento experimental e métodos utilizados.

3.2.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

3.2.1.1 - Análise Granulométrica

As amostras foram ensaiadas segundo métodos descritos da NBR-7181 da ABNT e do manual técnico de procedimentos do Laboratório de Reologia da Escola Mario Amato.

A análise granulometria consiste em determinar a distribuição granulométrica da argila, ou seja, a percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de grãos representa na massa seca total utilizada para o ensaio.

O ensaio de granulometria foi dividido em duas partes distintas, utilizáveis de acordo com o tipo do material e as finalidades do ensaio. São elas: análise granulométrica por peneiramento e análise granulométrica por sedimentação.

Através dos resultados obtidos desse ensaio, foi possível a construção de curvas de distribuição granulométrica, o que possibilita estimar a percentagem (em relação ao solo seco total) correspondente a cada fração granulométrica da argila

- a) **Amostra** - Todas as amostras foram submetidas aos ensaios de determinação da composição granulométrica por peneiramento em via úmida e sedimentação.
- b) **Preparação das amostras** - As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas.

3.2.1.2 – Determinação dos limites de liquidez e de plasticidade

As amostras foram ensaiadas segundo métodos descritos da NBR-6459 e NBR-7180 da ABNT, destinados a solos e corretamente utilizados no Laboratório de Materiais e Produtos Cerâmicos – CT – Campus I - UFPB.

Neste método, o limite de liquidez é determinado no aparelho de Casagrande, que consiste em um prato de latão, em forma de concha, sobre um suporte de Ebonite; por meio de um excêntrico imprimem-se ao prato, repetidamente, quedas de altura de 1cm e intensidade constante. Com os valores obtidos, traça-se a linha de escoamento do material no intervalo compreendido entre 10 e 50 golpes. O limite de liquidez do solo é o teor de umidade para o qual o sulco se fecha com 25 golpes. O limite de plasticidade é determinado pelo cálculo da porcentagem de umidade, para que qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar, com ele, um cilindro de 3mm de diâmetro e cerca de 10cm de comprimento.

Os limites de consistência (limite de líquidos e de plasticidade) das argilas são fatores representativos do efeito combinado de uma série de propriedades (tipo do argilomineral, estrutura, etc.)

O limite de liquidez é definido como a umidade acima da qual a argila se comporta como material plástico. É a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo.

O limite de plasticidade é definido como a umidade em que a argila deixa de ser plástica, tornando-se quebradiça. É a umidade de transição entre os estados plástico e semi-sólido da argila.

A plasticidade é a propriedade que possuem as argilas de se deixarem modelar, quando pastosas, pela adição de água. Para uma definição mais técnica, plasticidade é a propriedade que o material tem de ficar deformado pela aplicação de pressão sendo que a deformação permanece quando a pressão aplicada é retirada.

A plasticidade é propriedade básica das argilas. Conhecendo-se a plasticidade das argilas pode-se prever suas aplicações nas indústrias, assim como certos problemas que podem ocorrer num produto em processamento

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas aos ensaios de determinação dos limites de liquidez e de plasticidade.
- b) **Preparação das amostras** – A preparação das amostras constas de quatro etapas: secagem, britagem, moagem e peneiramento na peneira USS nº80 (0,177mm). Segundo Souza Santos (1975), em hipótese alguma as amostras deverão ser secas em temperaturas superiores a 40°C, pois suas propriedades plásticas e geológicas poderão ser alteradas irreversivelmente.

3.2.1.3 - Massa Específica Real pelo método do picnômetro.

As amostras foram ensaiadas segundo métodos descritos da NBR-6221 da ABNT que tem como fundamentação teórica o princípio de Arquimedes, segundo o qual o corpo submerso num líquido sofre um empuxo vertical cujo valor é igual ao peso do volume de líquido deslocado pelo corpo

A massa específica real de um solo é o valor médio da massa específica dos grãos dos minerais que o compõe, ou seja, os vazios não são computados ou considerados. A sua obtenção é necessária para o cálculo do ensaio de sedimentação e a determinação de vários índices físicos das argilas.

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas aos ensaios de determinação da massa específica real pelo método do picnômetro.
- b) **Preparação das amostras** – As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas, passando-se apenas na peneria USS nº10.

3.2.1.4 – Caracterização química das amostras.

As amostras foram ensaiadas segundo métodos contidos nas referências (17, 18 e 19). A partir dos dados da composição química podem ser calculados: Composição Mineralógica e temperatura de fusão segundo método contido na referência (3). Através da análise química das argilas temos informações com bastante exatidão das seguintes determinações: umidade, perda ao fogo, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , Cu , Mn , e matéria orgânica.

A análise química foi realizada segundo o método clássico (determinações gravimétricas) e seu resultado é de suma importância, principalmente na formulação de massas cerâmicas e desenvolvimento de matérias de cerâmica.

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas aos ensaios de análise química.
- b) **Preparação das amostras** – As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas, passando-se apenas na peneira USS nº200 (0,0074mm).

3.2.1.5 – Difração de Raio X.

As amostras foram ensaiadas em um difrator de raios-X, modelo D5000 X-RAY Diffractometer – Siemens, segundo método contido em sua referência. A difração de raios-X (DRX) é a técnica que só por si fornece informações mais amplas, precisas e detalhadas quanto à qualificação, caracterização e quantificação dos minerais presentes numa argila. Além disto, a difração de raios-X é uma técnica não destrutiva, rápida e muito versátil (Gomes, 1986).

A escolha da difração de raios X como método analítico em face de outros, é em virtude do difratograma de raios X apresentar um grande número de picos, o que facilita, a identificação, principalmente no caso de misturas onde pode haver superposição de alguns picos, mas nunca de todos (Souza Santos, 1975 e Gomes, 1986).

O método de difração para estudo de cristais utiliza a radiação característica k-alfa de um metal determinado como alvo do tubo de raios X. Para a obtenção de um feixe monocromático de raios X usa-se na maioria dos casos, um tubo de raios X de alvo de cobre; a radiação branca e k-beta são absorvidas por uma folha ou filtro de níquel de massa específica superficial $0,019\text{g/cm}^2$ ou de $0,021\text{ mm}$ de espessura, que transmite 40% da radiação k-alfa. Para os trabalhos normais de identificação de argilas, usa-se para o comprimento de onda da radiação k-alfa do cobre um valor médio que é de $1,5418\text{Å}$ (Souza Santos, 1975).

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas aos ensaios de difração de raio X.
- b) **Preparação das amostras** – As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas, passando-se apenas na peneira USS nº400.

3.2.1.6 – Análise Térmica Diferencial (ATD).

As amostras foram ensaiadas em um Analisador Termodiferencial, modelo RB3000 da BP Engenharia, segundo método contido em sua referência. A análise térmica diferencial consiste num método de análise na qual uma amostra de argila é aquecida em velocidade constante, juntamente com uma substância termicamente inerte, registrando as diferenças de temperatura entre o padrão inerte e a argila em estudo, em função da temperatura; quando ocorrem transformações endotérmicas e exotérmicas, estas aparecem como deflexões em sentidos opostos na curva termodiferencial ou termograma (Souza Santos, 1975).

As curvas de ATD revelam mudanças de energia que ocorrem em um determinado material durante o seu aquecimento ou arrefecimento. As mudanças de energia podem resultar de quatro causas principais: transição de fases, decomposição do estado sólido; reações com gás ativo e transições de segunda ordem (mudança de entropia sem mudança de entalpia) (Gomes, 1986).

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas aos ensaios de análise termodiferencial.
- b) **Preparação das amostras** – As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas, passando-se apenas na peneira USS nº80 (0,177mm).

3.2.2 – ENSAIOS TECNOLÓGICOS

3.2.2.1 – Ensaios preliminares de argilas visando sua aplicação cerâmica com base nas cores após secagem e queima e nos característicos cerâmicos em cinco temperaturas.

As amostras foram ensaiadas seguindo métodos contidos nas referências (3,9). As cores dos corpos de prova foram determinadas visualmente. Os característicos cerâmicos foram determinados segundo método da ABNT (20 e 21) e métodos contidos na referência (2).

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas ao ensaio preliminar de argilas, visando sua utilização cerâmica.
- b) **Preparação das amostras** – As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas, passando-se apenas na peneira USS nº80 (0,177mm).

3.2.2.2 – Ensaio completo de argilas para industria cerâmica

As amostras foram ensaiadas seguindo métodos contidos nas referências (3,9). As cores dos corpos de prova foram determinadas visualmente. Os característicos cerâmicos, ou seja, os ensaios físico-mecânicos foram determinados segundo métodos da ABNT (20,21,22) e métodos contidos na referência (2).

- a) **Amostra** – Todas as amostras foram submetidas ao ensaio preliminar completo de argilas para cerâmica vermelha, visando sua utilização em cerâmica vermelha.

- b) **Preparação das amostras** – As amostras foram ensaiadas na forma bruta, conforme recebidas, passando-se apenas na peneira USS nº80 (0,177mm).

Capítulo 5

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

5.1-CARACTERIZAÇÃO DAS DEZOITO AMOSTRAS SELECIONADAS

5.1.1 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados obtidos através da análise granulométrica por peneiramento e sedimentação estão percentualmente apresentadas na Tabela 5.1.

	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Fina	Argila+Silte
	(%)	(%)	(%)	(%)
STR-01	0,002	0,763	5,067	94,164
STR-02	0,016	1,246	19,589	79,149
STR-03	0,524	0,420	8,948	90,108
RTI-01	0,090	2,134	9,114	88,663
RTI-02	0,009	3,395	10,677	85,920
MAG-01	0,053	1,091	36,312	62,544
JAC-01	8,659	4,444	25,599	61,298
GAB-01	0,086	0,856	18,746	80,312
GAB-02	0,201	1,077	38,171	60,551
GAB-03	0,161	2,825	16,072	80,942
MUG-01	1,048	1,370	8,586	88,996
MUG-02	0,631	2,301	29,716	67,352
MUG-03	0,069	0,620	28,514	70,798
MUG-04	0,008	2,668	9,852	87,472
MUG-05	0,335	0,974	14,358	84,333
MAR-01	0,235	0,844	9,039	89,882
GUR-01	0,162	2,403	5,171	92,264
ALH-01	0,110	2,380	9,668	87,843

Tabela 5.1 – Resumo da Granulometria das 18 amostras.

Através da análise dos resultados, observou-se que as amostras ensaiadas apresentaram, em sua grande maioria, grande quantidade de fração fina (Silte + Argila), sendo todos classificados como solos finos, seguindo método encontrado em referência (25), utilizado para classificação pelo método do Sistema Unificado de Classificação (U.S.C.).

As amostras coletadas no município de Santa Rita (STR-01, STR-02 e STR-03) apresentaram alto teor de fração fina, com destaque para a amostra STR-01 que apresentou o maior percentual de fração fina entre todas as amostras.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação (U.S.C.), podemos classificar STR-01 como CH, ou seja, um solo argiloso de alta compressibilidade. A amostra STR-02 foi classificada como ML, ou seja, um solo siltoso de baixa compressibilidade. A amostra STR-03 foi classificada como CL, um solo argiloso de baixa compressibilidade.

As amostras coletadas no município de Rio Tinto (RTI-01 e RTI-02) apresentaram percentuais bem aproximados, destacando a grande presença de fração fina, sendo ambos classificados como solos argilosos. Porém, com questão a sua compressibilidade, houve uma diferenciação. Assim, os solos foram classificados: RTI-01 como CL, solo argiloso de baixa compressibilidade e RTI-02 como CH, solo argiloso de alta compressibilidade.

As amostras coletadas nos municípios de Mamanguape (MAG-01) e Jacaraú (JAC-01) apresentaram menores índices de fração fina em relação as demais amostras. Notadamente, MAG-01 apresentou alto percentual de areia fina e JAC-01 o maior percentual de areia grossa entre todas as amostras. De acordo com o Sistema Unificado de Classificação (U.S.C.), podemos classificar MAG-01 como CL, ou seja, um solo argiloso de baixa compressibilidade. A amostra JAC-01 foi classificada como ML, ou seja, um solo siltoso de baixa compressibilidade.

Quanto as amostras coletadas no município de Guarabira observou-se que as amostras GAB-01 e GAB-03 apresentaram granulometria bastante parecida. Porém, a amostra GAB-02 apresentou a menor quantidade de fração fina entre todas as amostras. Isto é justificável, pois essa amostra funciona na indústria cerâmica que foi coletada como redutora de plasticidade, apresentando grande percentual de material com grãos de maior diâmetro.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação (U.S.C.), podemos classificar GAB-01 e GAB-02 como CL, ou seja, solos argilosos de

baixa compressibilidade. A amostra GAB-03 foi classificada como CH, um solo argiloso de alta compressibilidade.

As amostras coletadas no município de Mulungu (MUG-01, MUG-02, MUG-03, MUG-04 e MUG-05) apresentaram percentual de fração fina (silte+argila) variando de 67,352% a 88,996%.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação (U.S.C), podemos classificar MUG-01, MUG-03, MUG-04 e MUG-05 como CH, ou seja, solos argilosos de alta compressibilidade. A amostra MUG-02 foi classificada como ML, ou seja, um solo siltoso de baixa compressibilidade.

As amostras coletadas nos municípios de Mari (MAR-01), Gurinhém (GUR-01) e Alhandra (ALH-01) apresentaram altos índices de fração fina (Argila + Silte)

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação (U.S.C), podemos classificar MAR-01 e GUR-01 como CH, ou seja, um solo argiloso de alta compressibilidade. A amostra ALH-01 foi classificada como CL, um solo argiloso de baixa compressibilidade.

Apresentamos nos gráficos 5.1 a 5.18 as curvas granulométricas de todas as amostras.

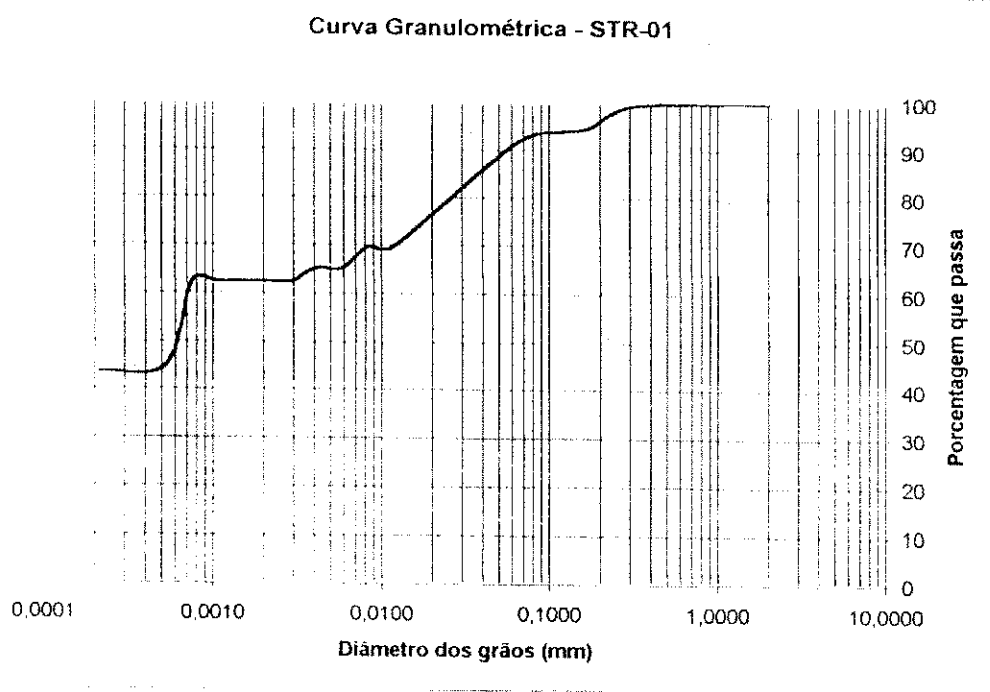


Gráfico 5.1- Curva Granulométrica da amostra STR-01.

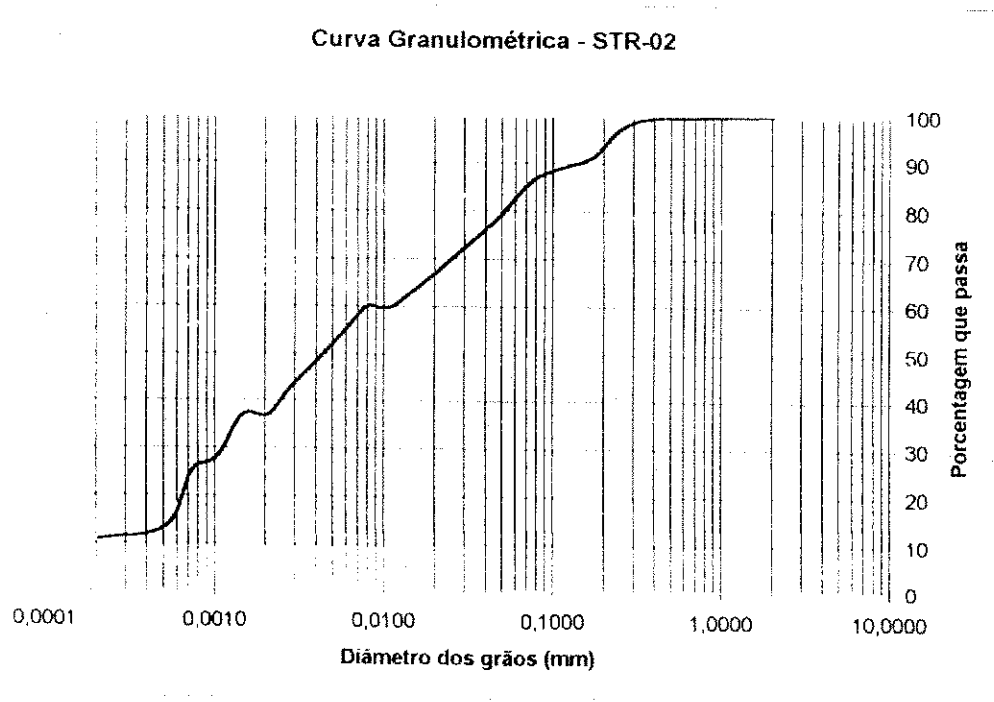


Gráfico 5.2- Curva Granulométrica da amostra STR-02.

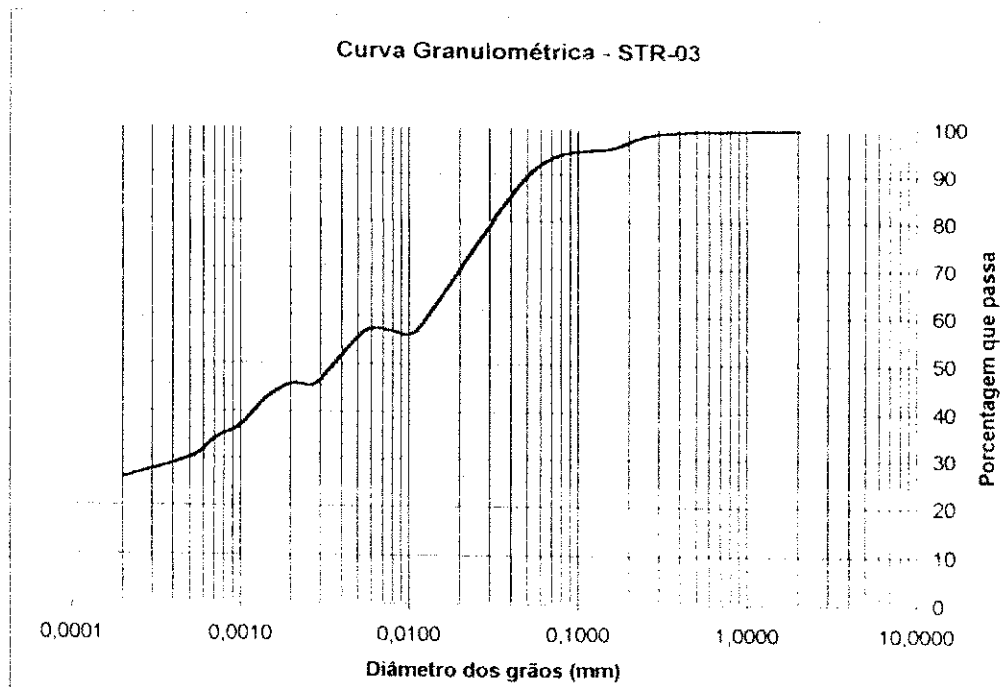


Gráfico 5.3– Curva Granulométrica da amostra STR-03.

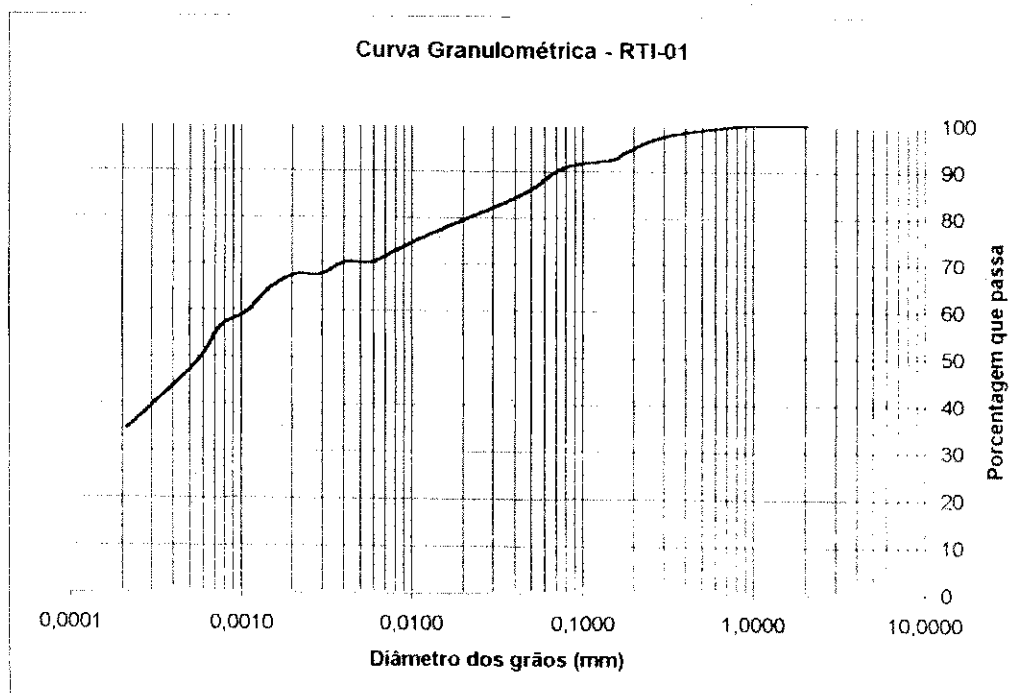


Gráfico 5.4– Curva Granulométrica da amostra RTI-01.

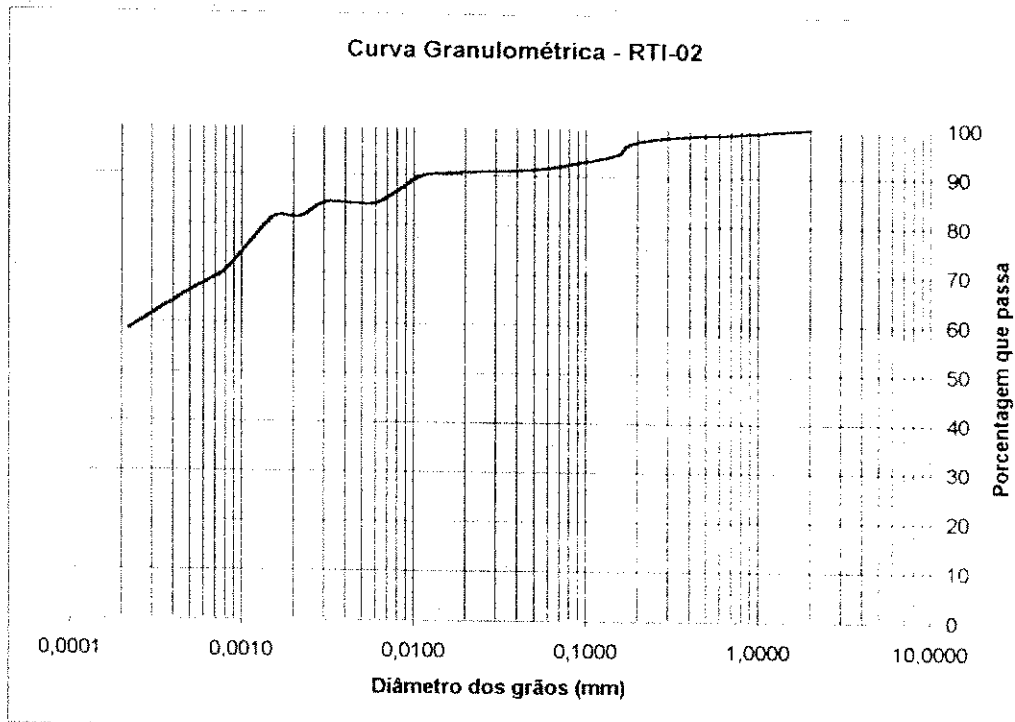


Gráfico 5.5- Curva Granulométrica da amostra RTI-02.

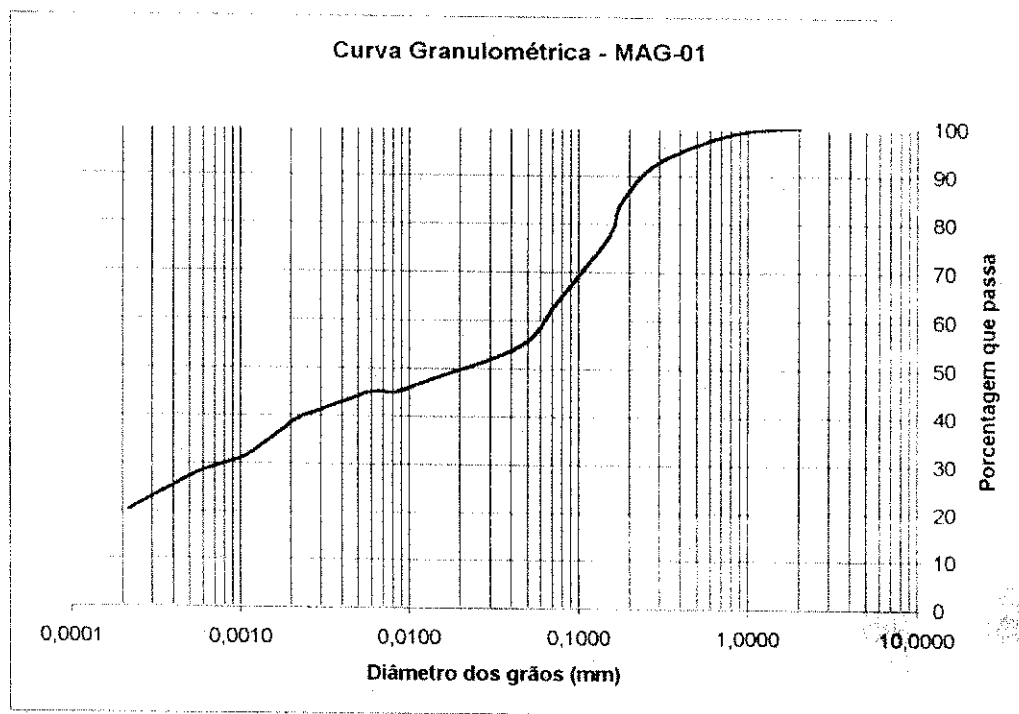


Gráfico 5.6- Curva Granulométrica da amostra MAG-01.

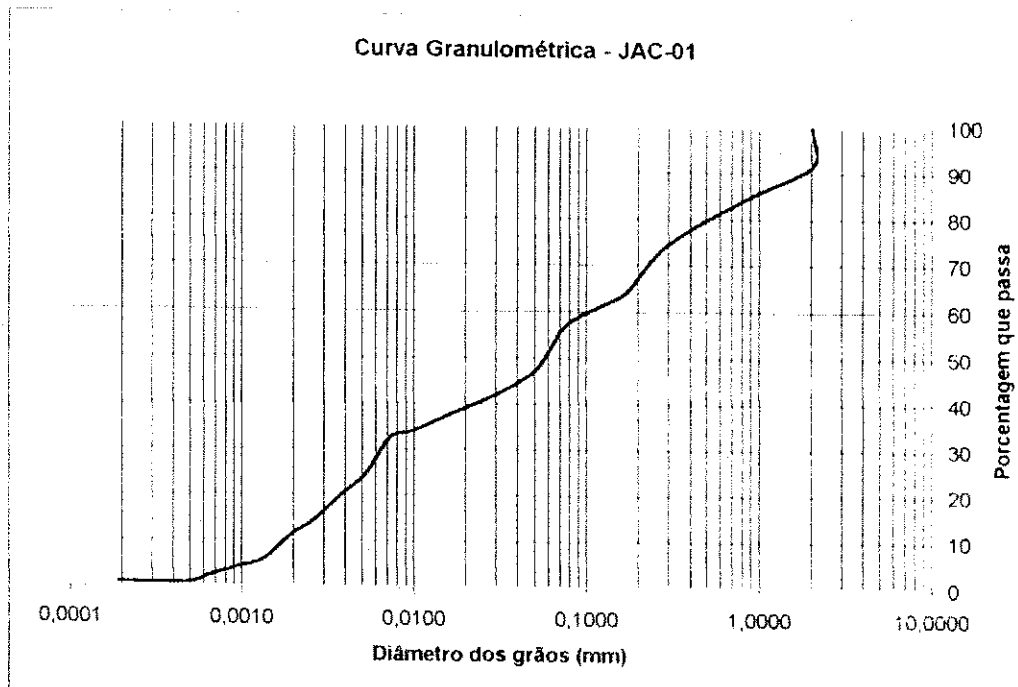


Gráfico 5.7- Curva Granulométrica da amostra JAC-02.

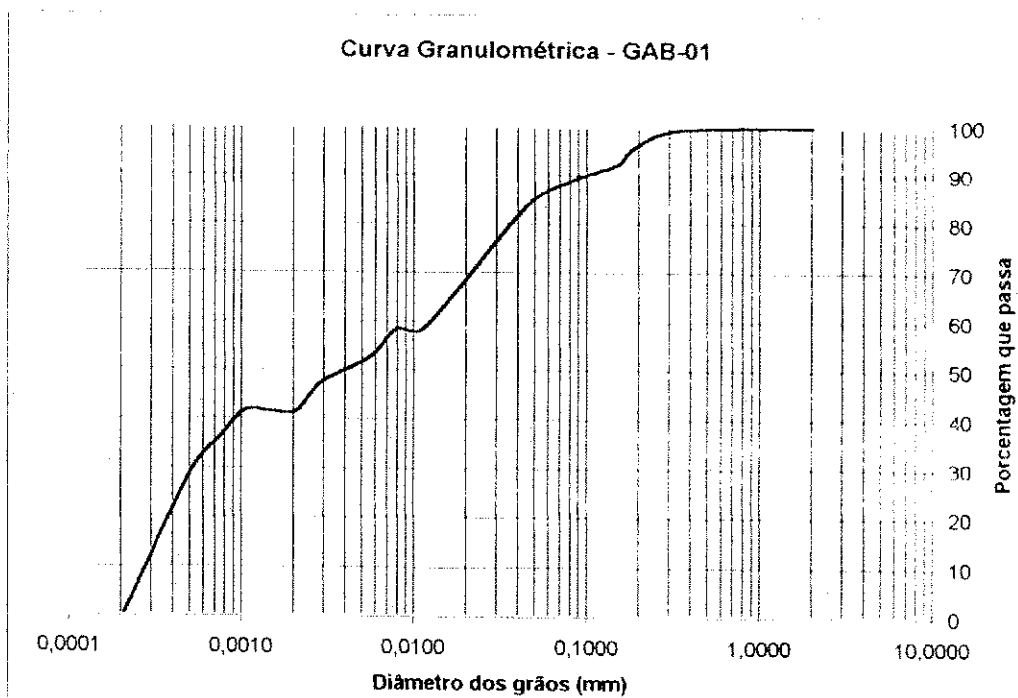


Gráfico 5.8- Curva Granulométrica da amostra GAB-01.

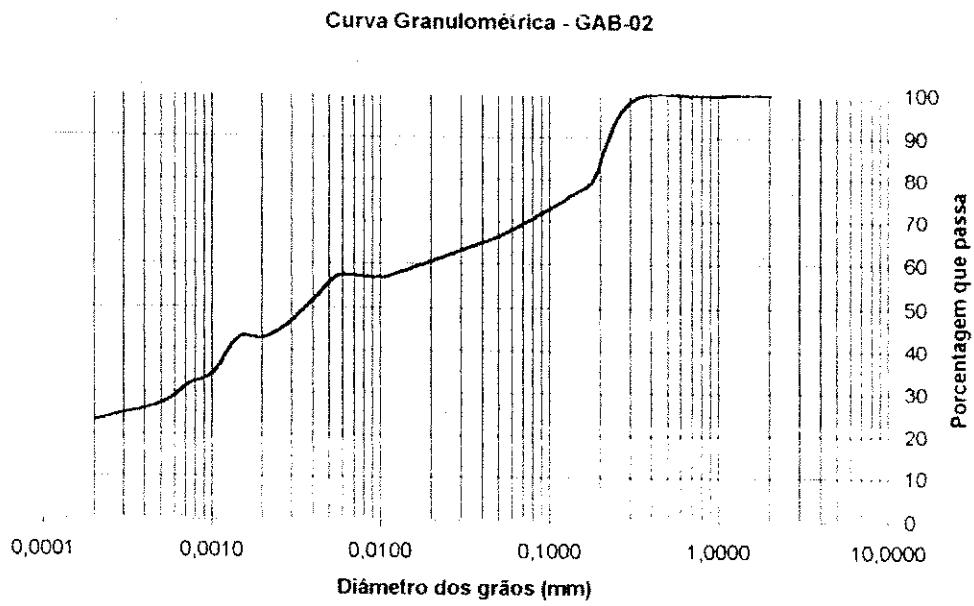


Gráfico 5.9-- Curva Granulométrica da amostra GAB-02.

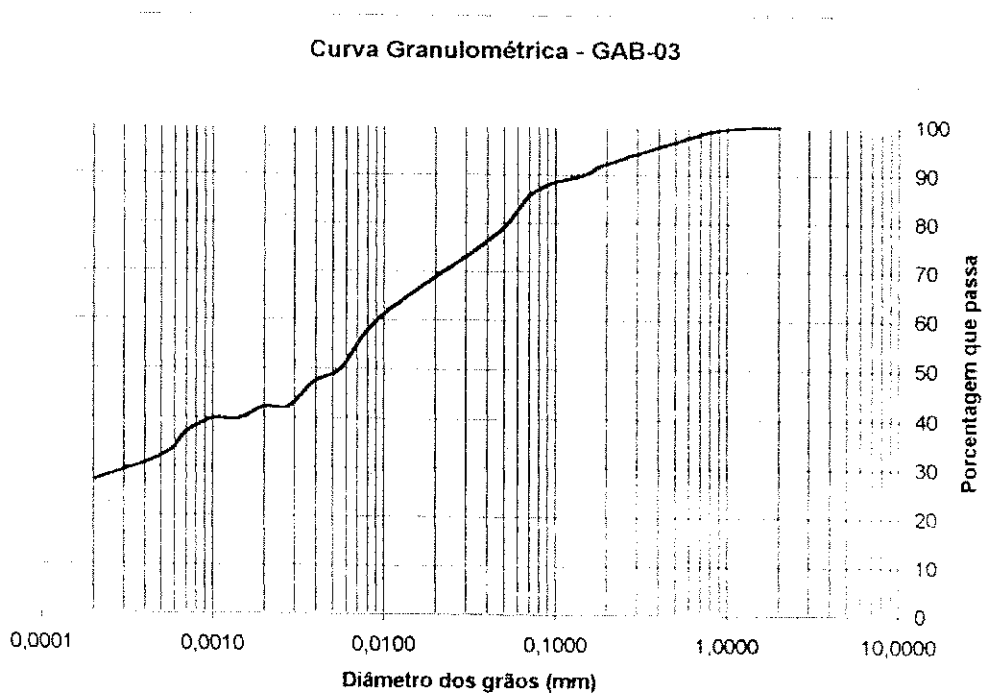


Gráfico 5.10-- Curva Granulométrica da amostra GAB-03.

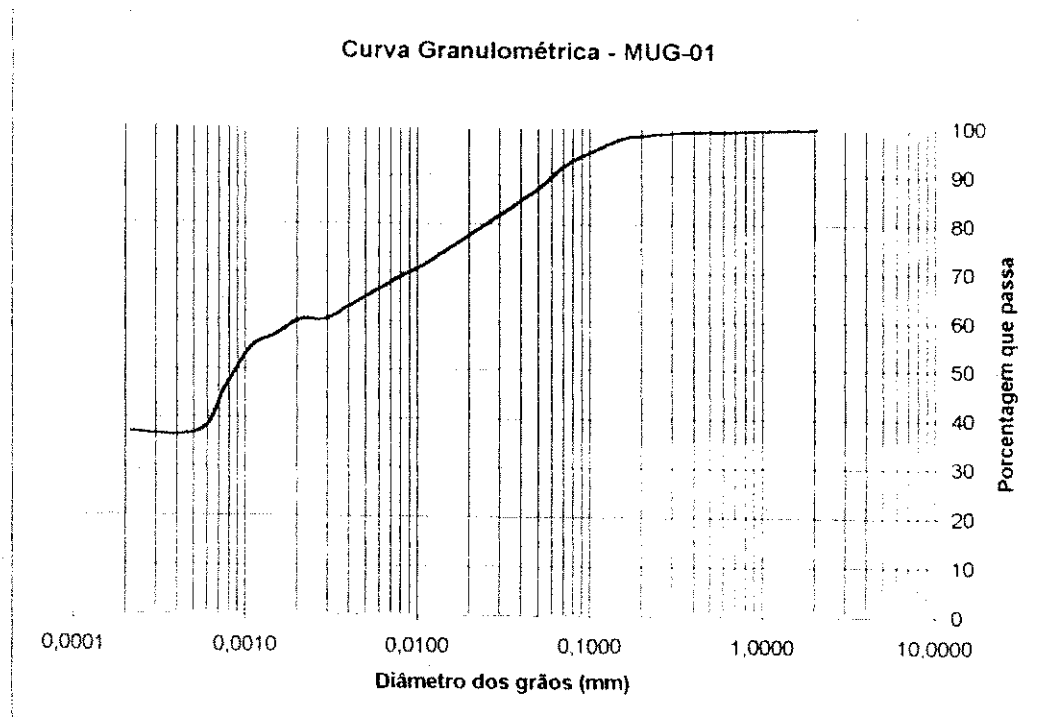


Gráfico 5.11 - Curva Granulométrica da amostra MUG-01.

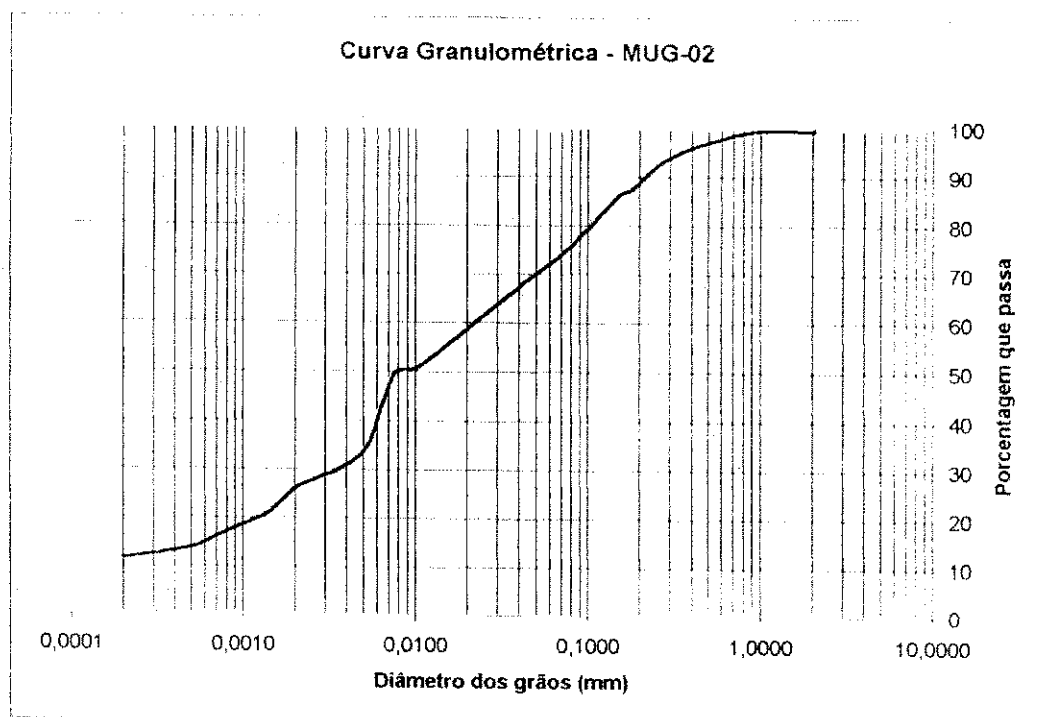


Gráfico 5.12 - Curva Granulométrica da amostra MUG-02.

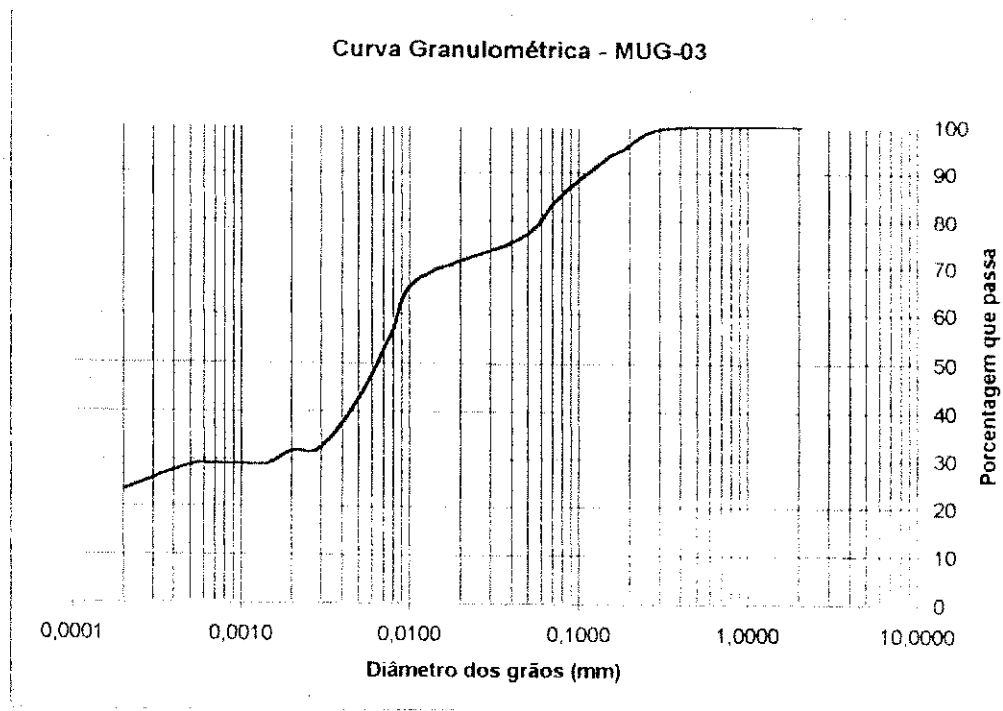


Gráfico 5.13– Curva Granulométrica da amostra MUG-03.

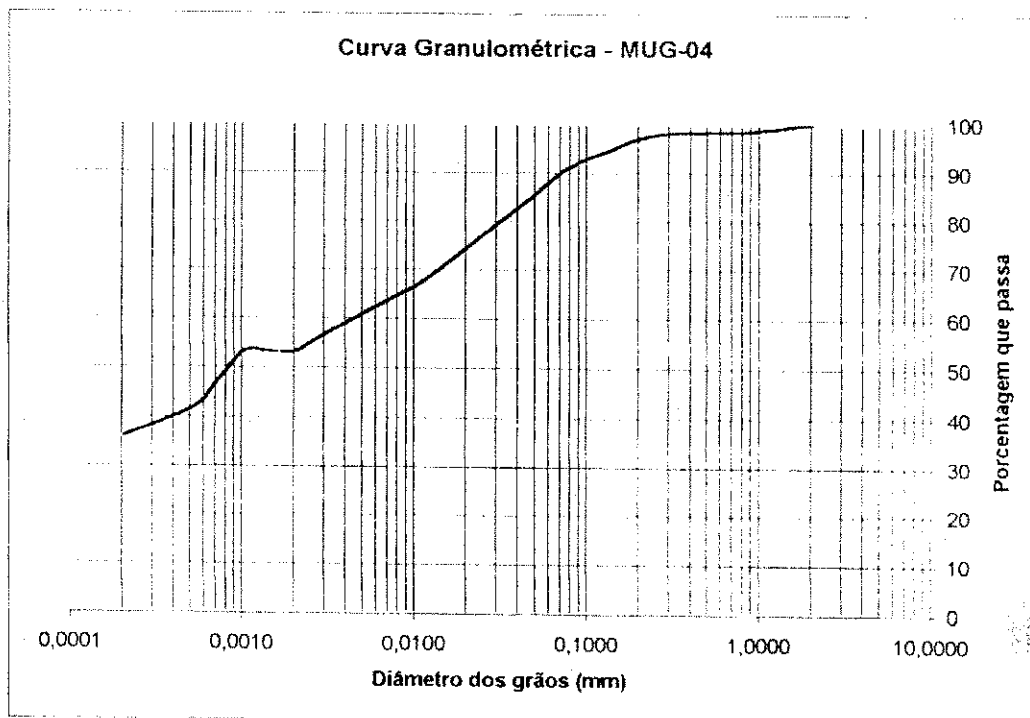


Gráfico 5.14– Curva Granulométrica da amostra MUG-04.

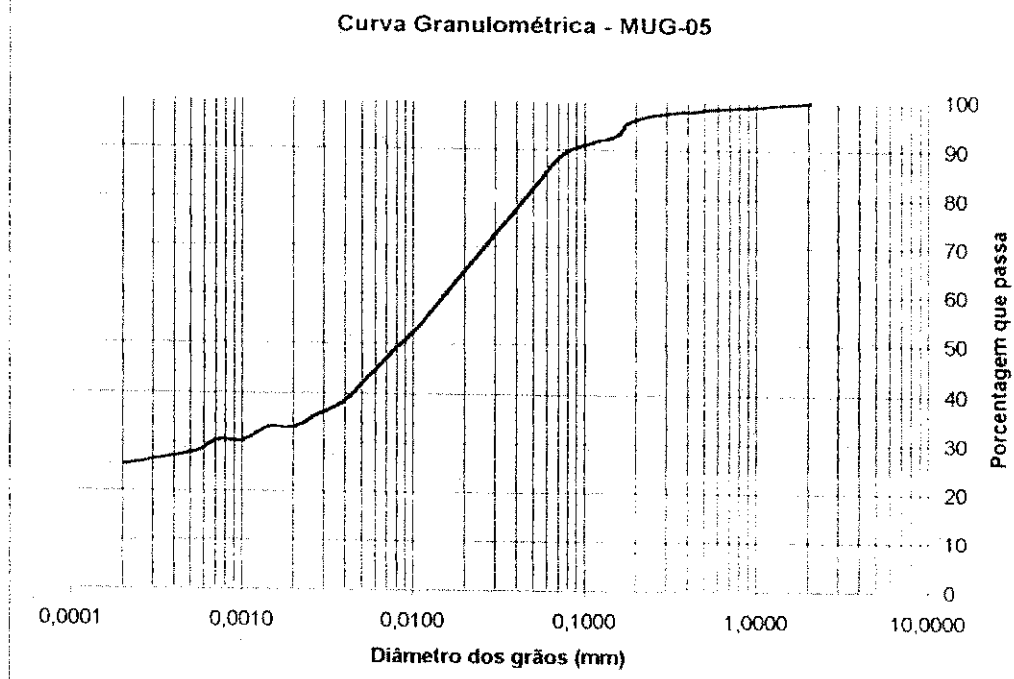


Gráfico 5.15– Curva Granulométrica da amostra MUG-05.

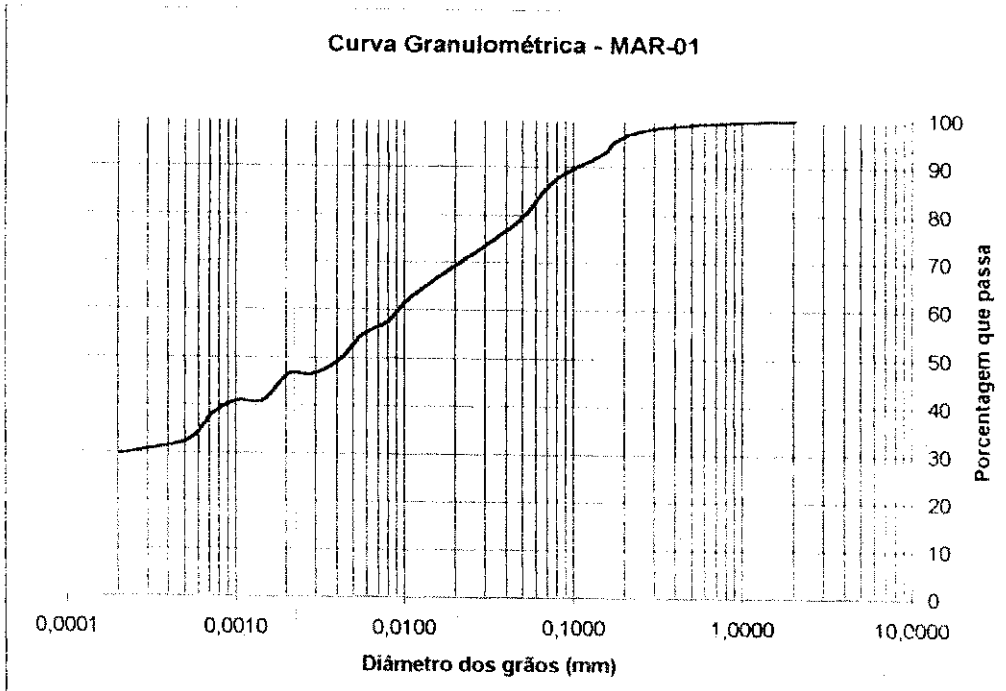


Gráfico 5.16– Curva Granulométrica da amostra MAR-01.

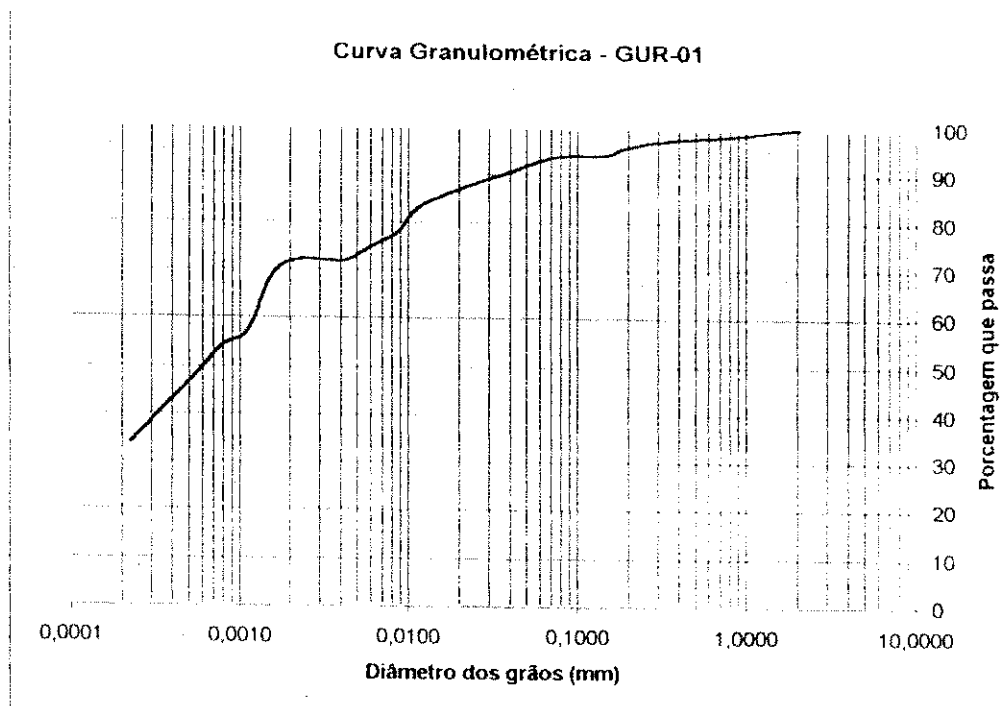


Gráfico 5.17- Curva Granulométrica da amostra GUR-01.

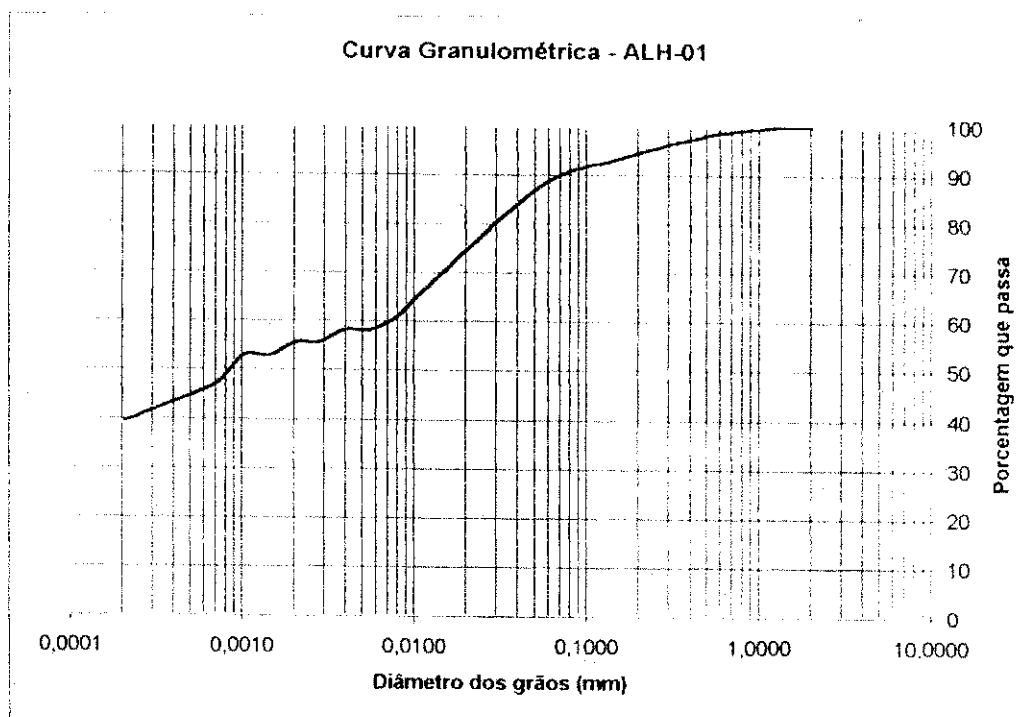


Gráfico 5.18- Curva Granulométrica da amostra ALH-01.

5.1.2 - DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE LIQUIDEZ E DE PLASTICIDADE

Os resultados obtidos com a determinação dos limites de liquidez e plasticidade estão apresentados na Tabela 5.2.

	LL	LP	IP
	(%)	(%)	(%)
STR-01	57,70	33,53	24,17
STR-02	35,52	16,96	18,56
STR-03	47,90	24,53	23,37
RTI-01	48,60	31,03	17,57
RTI-02	56,30	32,16	24,14
MAG-01	44,30	24,46	19,84
JAC-01	36,20	24,49	11,71
GAB-01	47,60	22,94	24,66
GAB-02	26,60	13,31	13,29
GAB-03	51,05	25,29	25,76
MUG-01	55,10	26,69	28,41
MUG-02	38,80	20,48	18,32
MUG-03	56,00	23,16	32,84
MUG-04	55,60	29,27	26,33
MUG-05	60,70	27,76	32,94
MAR-01	55,20	21,41	33,79
GUR-01	66,60	32,63	33,97
ALH-01	48,60	27,60	21,00

Tabela 5.2– Resumo dos índices de plasticidade das dezoito amostras.

Após análise comparativa do conjunto de resultados obtidos observou-se o seguinte:

- a) O Índice de Plasticidade, entre todas as amostras, variam de 11,71% a 33,97%.
- b) O maior Limite de Liquidez encontrado foi a da amostra GUR-01, com 66,60%.

- c) O menor Limite de Liquidez e de Plasticidade foi encontrado na amostra GAB-02, com 26,60% e 13,31% respectivamente.
- d) O maior Limite de Plasticidade encontrado foi o da amostra STR-01, com 33,53%.

Todas as amostras foram analisadas com base na Tabela 5.3 (24). Esta tabela tem como base a classificação de argilas quanto ao seu índice de plasticidade.

Argilas	Índice de Plasticidade
Excessivamente plástica	>25
Plástica	19 a 25
Excelente	17 a 19
Boa	15 a 17
Regular	13 a 15
Fraca	11 a 13
Material de Capa	5 a 11

Tabela 5.3 - Classificação das argilas quanto ao Índice de Plasticidade.

As amostras coletadas no município de Santa Rita, STR-01 e STR-03 foram classificadas como Plásticas, enquanto a amostra STR-02 foi classificada como Excelente de acordo com a Tabela 5.3.

As amostras do município de Rio Tinto apresentaram o mesmo comportamento, RTI-01 foi classificada como Excelente, enquanto RTI-02 como Plástica.

A amostra MAG-01, coletada no município de Mamanguape foi classificada como Plástica, com 19,84%.

A amostra coletada no município de Jacaraú, JAC-01, foi a amostra que obteve menor índice de plasticidade, ficando classificada como Fraca.

As amostras coletadas no município de Guarabira apresentaram classificações bastante heterogêneas, apesar do número reduzido de amostras. GAB-01 foi classificada como Plástica, GAB-02 como Regular e GAB-03 como Excessivamente Plástica.

As amostras do município de Mulungu apresentaram em sua maioria plasticidade excessiva, ficando assim classificadas: MUG-01, MUG-03, MUG-04 e MUG-05 como Excessivamente Plástica e MUG-02 como Plástica.

As amostras coletadas nos municípios de Mari e Gurinhem apresentaram alto índice de plasticidade ficando ambas classificadas como Excessivamente Plásticas.

A amostra ALH-01, coletada no município de Alhandra foi classificada como Plástica, com seus 21%.

A tabela 5.4. resume como foi o comportamento das amostras de acordo com a classificação por índice de plasticidade.

Classificação	Quantidade	Percentual
Excessivamente Plástica	7	38,89%
Plástica	6	33,33%
Excelente	3	16,67%
Bom	0	0,00%
Regular	1	5,56%
Fraca	1	5,56%
Material de Capa	0	0,00%

Tabela 5.4. -- Resumo percentual da classificação das amostras

5.1.3 – MASSA ESPECÍFICA REAL PELO MÉTODO DO PICNÔMETRO.

Os resultados obtidos com a determinação da massa específica real pelo método do picnômetro estão apresentados na Tabela 5.5.

Amostra	Massa Específica Real (g/cm ³)
STR-01	2,336
STR-02	2,374
STR-03	2,498
RTI-01	2,234
RTI-02	2,181
MAG-01	2,383
JAC-01	2,595
GAB-01	2,338
GAB-02	2,497
GAB-03	2,434
MUG-01	2,250
MUG-02	2,420
MUG-03	2,384
MUG-04	2,386
MUG-05	2,419
MAR-01	2,367
GUR-01	2,167
ALH-01	2,625

Tabela 5.5 – Massa Específica Real das amostras

Após uma análise do conjunto de resultados para a massa específica real das argilas, observou-se o seguinte:

- a) As amostras coletadas no município de Santa Rita, STR-01 e STR-02, obtiveram valor de massa específica real bastante aproximado, enquanto a amostra STR-03 teve como resultado um valor mais elevado.
- b) As amostras RTI-01 e RTI-02, coletadas no município de Rio Tinto, tiveram seus resultados como entre os mais baixos das amostras.
- c) As amostras dos municípios de Mamanguape, Jacaraú, Guarabira e Mari, obtiveram valores variando entre 2,367g/cm³ e 2,595g/cm³.

- d) As amostras coletadas no município de Mulungu, MUG-02, MUG-03, MUG-04 e MUG-05 obtiveram valores de massa específica real bastante aproximado, enquanto a amostra MUG-01 teve como resultado um valor mais baixo.
- e) A amostra coletada no município de Gurinhém, GUR-01, foi a amostras que obteve menor valor de massa específica real, com $2,167\text{g/cm}^3$.
- f) A amostra coletada no município de Alhandra, ALH-01, foi a amostra que obteve o maior valor de massa específica real, com $2,625\text{g/cm}^3$.

5.1.4 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS

Com o objetivo de ser feita uma identificação mineralógica, as amostras foram analisadas através de método de análise química no Laboratório de Análises Mineraias – LAM - Campus II - UFPB.

Os resultados obtidos dessa análise apresentaram para as amostras as composições químicas mostradas na Tabela 5.6.

Amostra	Pr (%)	RI (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
STR-01	9,66	5,55	51,08	8,50	23,18	traços	traços	0,81	2,06
STR-02	7,49	3,05	55,38	8,26	22,10	traços	traços	1,08	2,36
STR-03	7,29	3,16	56,12	8,66	20,98	traços	traços	1,01	2,03
RTI-01	10,83	2,53	50,01	8,34	23,99	traços	traços	1,11	2,41
RTI-02	12,63	2,10	43,45	5,95	32,40	traços	traços	1,15	1,70
MAG-01	11,12	2,61	54,80	4,03	27,08	traços	traços	0,11	0,13
JAC-01	6,14	2,04	56,78	8,82	21,91	traços	traços	1,04	2,33
GAB-01	8,37	4,72	53,78	7,27	21,11	traços	traços	1,08	2,57
GAB-02	7,99	4,28	53,33	8,06	22,10	traços	traços	1,08	2,43
GAB-03	8,17	2,58	56,33	8,90	21,65	traços	traços	0,19	1,36
MUG-01	8,57	4,22	54,64	7,98	21,90	traços	traços	1,04	1,40
MUG-02	6,85	5,75	54,31	8,06	21,99	traços	traços	0,68	0,97
MUG-03	7,90	5,64	54,77	8,30	21,05	traços	traços	1,01	1,30
MUG-04	7,90	2,49	56,97	7,35	22,15	traços	traços	1,01	1,95
MUG-05	8,02	4,98	53,54	6,59	24,06	traços	traços	1,01	1,73
MAR-01	8,23	2,34	56,24	8,62	21,11	traços	traços	1,09	2,01
GUR-01	10,52	1,58	47,21	9,18	27,71	traços	traços	0,99	2,10
ALH-01	10,15	2,48	54,56	5,95	24,58	traços	traços	0,98	1,04

Pr	Perda ao Rubro	CaO	Óxido de Cálcio
RI	Resíduo insolúvel	MgO	Óxido de Magnésio
SiO ₂	Óxido de Silício	Na ₂ O	Óxido de Sódio
Fe ₂ O ₃	Óxido de Ferro	K ₂ O	Óxido de Potássio
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio		

Tabela 5.6 -- Composição química das amostras

Com base nos dados obtidos na análise química das amostras e mostrado na Tabela 5.6 tem-se as seguintes conclusões:

- 1) As amostras coletadas no município de Santa Rita, STR-01, STR-02 e STR-03 apresentaram composição química similares as de folhelhos argilosos brasileiros, caracterizando-se por apresentarem teores elevados de potássio e ferro (3).
- 2) As amostras coletadas no município de Rio Tinto apresentaram características químicas diferentes. A amostra RTI-01 apresenta composição química semelhante a de outras argilas para cerâmica vermelha (3).
- 3) A amostra RTI-02 apresentou composição química similar a de outras argilas para cerâmica vermelha, observando um teor mais elevado de óxido de alumínio, o que poderia proporcionar qualidades refratárias. Porém, devido ao grande percentual de óxido de ferro, sódio e potássio, todos materiais fundentes, o material fica impossibilitado de apresentar propriedades refratárias.
- 4) As amostras coletadas no município de Mamanguape e Alhandra, MAG-01 e ALH-01, apresentaram um teor elevado de óxido de alumínio e baixo teor de óxido de ferro, sódio e potássio, o que lhes proporcionaram excelentes qualidades refratárias.
- 5) A amostra JAC-01, coletada no município de Jacaraú, apresenta característica química similares as de folhelhos argilosos brasileiros (3), caracterizando-se por apresentarem teores elevados de potássio e ferro.
- 6) As amostras coletadas no município de Guarabira, GAB-01 e GAB-02 apresentaram características semelhante a de folhelhos argilosos brasileiros (3).

- 7) A amostra GAB-03 apresentou característica química típica de outras argilas brasileiras para cerâmica vermelha.
- 8) Todas as amostras coletadas no município de Mulungu, MUG-01, MUG-2, MUG-03, MUG-04 e MUG-05 apresentaram características químicas similares a de outras argilas brasileiras para cerâmica vermelha. Entretanto, comparando com valores de composição química da caulinita (3), observa-se que os teores de sílica são inferiores e os teores de alumina são superiores ao valor padrão.
- 9) A amostra GUR-01, do município de Gurinhém, apresentaram características químicas similares a de outras argilas brasileiras para cerâmica vermelha. Observa-se em sua composição química a presença de alto teor de óxido de alumínio, o que poderia oferecer qualidade refratárias. Porém, a alta presença de óxido de ferro e de potássio, componentes fundentes, associado a baixa quantidade de óxido de silício retira a refratariedade do material.
- 10) A amostras coletadas o município de Mari, MAR-01, apresentou características químicas similares a de outras argilas brasileiras para cerâmica vermelha.

5.1.6.1 PONTO DE FUSÃO

A determinação dos pontos de fusão de cada amostra foi estabelecida a partir de cálculos feitos utilizando a da fórmula de Schuen (3), onde se incluíram os dados obtidos na análise química.

Os resultados encontrados a partir da fórmula de Schuen - as temperaturas de fusão de cada amostra -, estão listados na Tabela 5.7. Segundo

Souza Santos, 1975, esse “ponto de fusão”, dada pela fórmula de Schuen, e aproximadamente igual a refratariedade pela norma técnica N° 69 da ABNT.

Amostra	Temperatura de Fusão Fórmula Schuen (°C)
STR-01	1665,99
STR-02	1652,73
STR-03	1646,98
RTI-01	1669,12
RTI-02	1727,70
MAG-01	1705,28
JAC-01	1647,60
GAB-01	1654,68
GAB-02	1656,70
GAB-03	1654,88
MUG-01	1658,74
MUG-02	1662,77
MUG-03	1654,18
MUG-04	1656,52
MUG-05	1674,01
MAR-01	1647,24
GUR-01	1687,35
ALH-01	1680,21

Tabela 5.7 – Ponto de fusão das amostras pelo método de Schuen

5.1.5 - DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Para caracterizar mineralogicamente as amostras utilizou-se, como descrito antes, o método de Difração de Raios-X. Com esse objetivo usou-se o difrator de raios-X, modelo D5000 X-RAY Diffractometer - Siemens, que é um instrumento de registro gráfico automático das distâncias interplanares obtidas quanto da difração dos raios-x sobre a amostra.

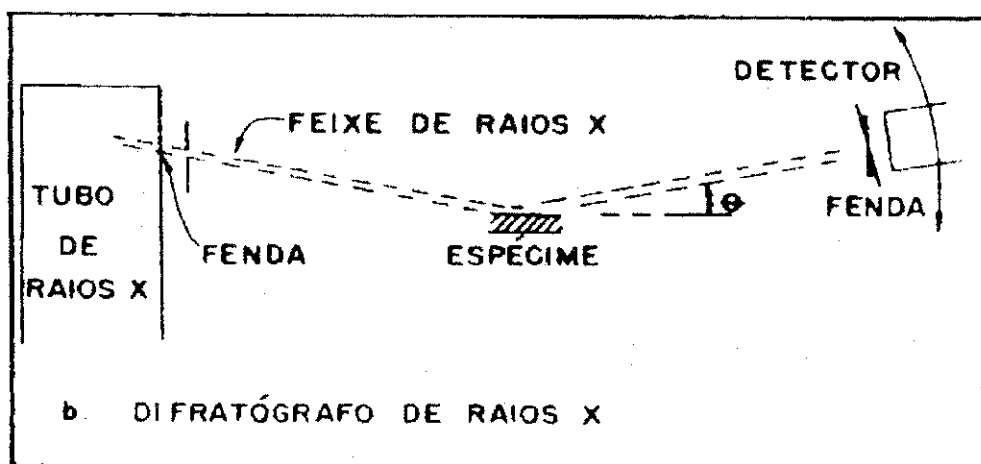


Figura 5.1 - Difratorômetro de Raios X

Para se ter interferência dos raios X refletidos por planos cristalinos sucessivos e paralelos, a distância entre cada um deles deve ser um múltiplo inteiro do comprimento de onda da difração X utilizada.

A lei de Bragg: $n\lambda = 2d\sin\theta$ é a condição para a existência de raios X difratados, de comprimento de onda λ por um plano cristalino de distância interplanar d .

Os gráficos 5.55 a 5.72 e as tabelas 5.8 a 5.25 apresentam os resultados da difração de raio das amostras.

A partir dos difratogramas – gráficos de difração de raios-x - obtidos, podemos observar que cada amostra apresentou picos de reflexão que correspondem aos seguintes argilominerais:

Amostra STR-01:

- a) Quartzo: 4,260 Λ° , 3,345 Λ° , 2,455 Λ° e 1,819 Λ°
- b) Ilita: 4,471 Λ° , 4,260 Λ° , 4,036 Λ° , 3,662 Λ° , 3,345 Λ° , 3,201 Λ° e 2,339 Λ°

Essa amostra, coletada no município de Santa Rita, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Dois picos foram sobrepostos entre os minerais de quartzo e ilita (4,260 Λ° e 3,345 Λ°)

Amostra STR-02:

- a) Quartzo: 4,256 Λ° , 3,346 Λ° , 2,239 Λ° e 2,128 Λ°
- b) Ilita: 4,042 Λ° , 3,769 Λ° , 3,346 Λ° , 3,295 Λ° , 3,193 Λ° , 2,940 Λ° , 2,716 Λ° , 2,617 Λ° , 1,736 Λ°

Essa amostra, coletada no município de Santa Rita, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Apenas um pico foi sobreposto entre os minerais de quartzo e ilita (3,346 Λ°).

Amostra STR-03:

- a) Quartzo: 4,261 \AA° , 3,347 \AA° e 2,458 \AA°
- b) Caulinita: 7,129 \AA° , 4,471 \AA° , 3,189 \AA°
- c) Ilita: 4,471 \AA° , 4,404 \AA° , 3,669 \AA° , 2,902 \AA°

Essa amostra, coletada no município de Santa Rita, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Apenas um pico foi sobreposto, que foi entre os minerais de caulinita e ilita (4,471 \AA°).

Amostra RTI-01:

- a) Quartzo: 4,262 \AA° , 3,350 \AA° e 1,819 \AA°
- b) Caulinita: 7,213 \AA° , 4,466 \AA° e 3,201 \AA°
- c) Ilita: 4,507 \AA° , 4,466 \AA° e 3,619 \AA°

Essa amostra, coletada no município de Rio Tinto, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Apenas um pico foi sobreposto, que foi entre os minerais de caulinita e ilita (4,466 \AA°).

Amostra RTI-02:

- a) Quartzo: 3,346 \AA° e 1,818 \AA°
- b) Caulinita: 7,207 \AA° , 4,453 \AA° , 3,768 \AA° , 3,579 \AA° e 3,346 \AA°
- c) Ilita: 4,453 \AA° , 3,579 \AA° , 3,346 \AA° e 1,818 \AA°

Essa amostra, coletada no município de Rio Tinto, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Os picos que utilizamos para identificar a presença de quartzo (3,346 \AA° e 1,818 \AA°) se sobrepõem com picos de ilita. Três picos foram sobrepostos entre os minerais de caulinita e ilita (4,453 \AA° , 3,579 \AA° e 3,346 \AA°)

Amostra MAG-01:

- a) Quartzo: 4,263 \AA° , 3,346 \AA° , 2,459 \AA° , 2,128 \AA° , 1,980 \AA° , 1,818 \AA°
- b) Caulinita: 7,187 \AA° , 4,457 \AA° , 3,589 \AA° , 3,032 \AA° , 2,719 \AA° , 2,562 \AA° , 2,340 \AA° , 2,128 \AA° e 1,980 \AA°

Essa amostra, coletada no município de Mamanguape, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e caulinita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Dois picos foram sobrepostos entre os minerais de quartzo e caulinita (2,128 \AA° , 1,980 \AA°)

Amostra JAC-01:

- a) Quartzo: 4,253 A°, 3,346 A°, 2,238 A°, 2,128 A° e 1,818 A°
- b) Ilita: 9,995 A°, 4,038 A°, 3,786 A°, 3,673 A°, 3,194 A°, 2,564 A° e 1,797 A°

Essa amostra, coletada no município de Jacaraí, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. No caso da amostra JAC-01 não aconteceu sobreposição em nenhum pico.

Amostra GAB-01:

- a) Quartzo: 4,254 A°, 3,348 A° e 1,819 A°
- b) Caulinita: 7,152 A°, 3,728 A°, 3,348 A° e 3,198 A°
- c) Ilita: 4,041 A°, 3,772 A°, 3,246 A° e 3,198 A°

Essa amostra, coletada no município de Guarabira, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Apenas um pico utilizado para identificar a presença de quartzo (3,348 A°) se sobrepõe com picos de caulinita. Um pico foi sobreposto entre os minerais de caulinita e Ilita (3,198 A°)

Amostra GAB-02:

- a) Quartzo: 4,264 A°, 3,348 A° e 1,926 A°
- b) Caulinita: 7,154 A°, 3,348 A° e 2,129 A°
- c) Ilita: 10,009 A°, 4,470 A°, 4,040 A° e 3,244 A°, 2,561 A°, 2,238 A° e 2,129 A°

Essa amostra, coletada no município de Guarabira, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Apenas um pico utilizado para identificar a presença de quartzo (3,348 A°) se sobrepõe com picos de caulinita. Um pico foi sobreposto entre os minerais de caulinita e ilita (2,129 A°)

Amostra GAB-03:

- a) Quartzo: 4,264 A°, 3,345°, 2,458 A° e 1,817 A°
- b) Caulinita: 7,190 A°, 4,470 A°, 3,190 A° 2,999 A° e 2,128 A°
- c) Ilita: 4,470 A°, 4,260 A°, 3,470 A°, 3,243 A° e 2,458A°.

Essa amostra, coletada no município de Guarabira, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Um pico (2,458 A°) foi identificado como sobreposição dos minerais, quartzo e ilita.

Amostra MUG-01:

- a) Quartzo: 4,259 \AA° , 3,344 \AA° , 2,458 \AA° e 1,818 \AA°
- b) Caulinita: 7,119 \AA° , 4,437 \AA° , 2,458 \AA° e 2,280 \AA°
- c) Ilita: 4,043 \AA° , 3,203 \AA° e 2,280 \AA°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Um pico (2,458 \AA°) foi identificado como sobreposição dos minerais, quartzo e caulinita. Apenas um pico utilizado para identificar a presença de caulinita (2,280 \AA°) se sobrepõe com picos de ilita.

Amostra MUG-02:

- a) Quartzo: 4,255 \AA° e 3,346 \AA°
- b) Ilita: 4,502 \AA° , 4,048 \AA° , 3,718 \AA° , 3,204 \AA° , 2,940 \AA° e 1,858 \AA°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos.

Amostra MUG-01:

- a) Quartzo: 4,259 A°, 3,344 A°, 2,458 A° e 1,818 A°
- b) Caulinita: 7,119 A°, 4,437 A°, 2,458 A° e 2,280 A°
- c) Ilita: 4,043 A°, 3,203 A° e 2,280 A°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo, caulinita e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Um pico (2,458 A°) foi identificado como sobreposição dos minerais, quartzo e caulinita. Apenas um pico utilizado para identificar a presença de caulinita (2,280 A°) se sobrepõe com picos de ilita

Amostra MUG-02:

- a) Quartzo: 4,255 A° e 3,346 A°
- b) Ilita: 4,502 A°, 4,048 A°, 3,718 A°, 3,204 A°, 2,940 A° e 1,858 A°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos.

Amostra MUG-03:

a) Quartzo: 4,251 A° e 3,350 A°

b) Ilita 4,512 A°, 4,038 A°, 3,764 A°, 3,199 A°, 3,136 A° e 2,940 A°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos

Amostra MUG-04:

a) Quartzo: 4,257 A°, 3,345 A°, 2,455 A° e 1,817 A°

b) Ilita: 4,457 A° e 3,196 A°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e Ilita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos.

Amostra MUG-05:

a) Quartzo: 4,251 A° e 3,347 A°

b) Ilita: 4,493 A°, 3,201 A°, 3,130 A°, 2,936 A°, 2,713 A° e 2,028 A°

Essa amostra, coletada no município de Mulungu, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e illita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos.

Amostra MAR-01:

- a) Quartzo: 4,253 A°, 3,346 A°, 2,458 A° e 1,818 A°
- b) Caulinita: 7,171 A°, 4,458 A°, 3,583 A°, 2,561 A°, 2,497 A°, 2,346 A° e 1,818 A°

Essa amostra, coletada no município de Mari, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e caulinita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Apenas um pico utilizado para identificar a presença de quartzo (1,818 A°) se sobrepõe com picos de caulinita.

Amostra GUR-01:

- a) Quartzo: 4,253 A°, 3,347 A° e 1,802 A°
- b) Caulinita: 7,138 A°, 4,440 A°, 3,871 A°, 2,377 A° e 2,339 A°
- c) Illita: 3,246 A° e 2,609 A°

Essa amostra, coletada no município de Gurinhém, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais quartzo, caulinita e illita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos.

Amostra ALH-01:

a) Quartzo: 4,260 Å, 3,346 Å, 2,457 Å, 2,283 Å e 1,819 Å

b) Caulinita: 7,189 Å, 4,466 Å e 3,574 Å

Essa amostra, coletada no município de Alhandra, indica a presença de picos referentes a presença dos minerais: quartzo e caulinita. Observamos que existe a sobreposição de alguns picos no difratograma que pode mascarar a presença de outros minerais. Sabemos que essas sobreposições podem acontecer em alguns picos, mas nunca em todos. Nessa amostra não houve sobreposição de picos.

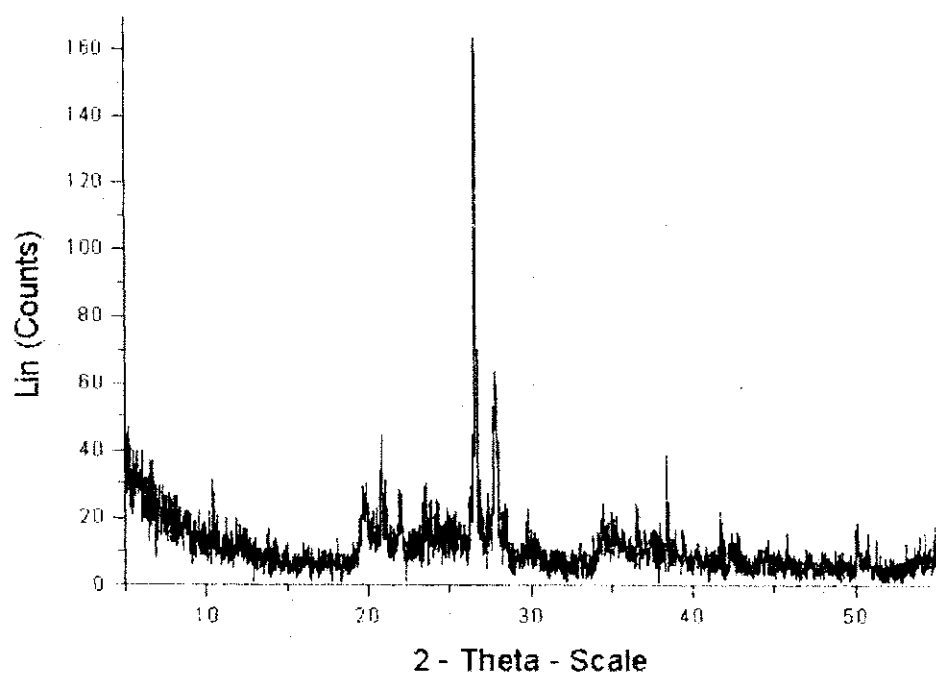


Gráfico 5.55 – Difratoograma da amostra STR-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
19,841	4,471	24	14,6
20,837	4,260	45	27,4
22,003	4,036	27	16,5
23,558	3,773	30	18,3
24,284	3,662	25	15,2
26,624	3,345	164	100,0
27,844	3,201	64	39,0
36,569	2,455	24	14,6
38,454	2,339	26	15,9
50,100	1,819	19	11,6

Tabela 5.8 – Tabela de picos do difratograma da amostra STR-01

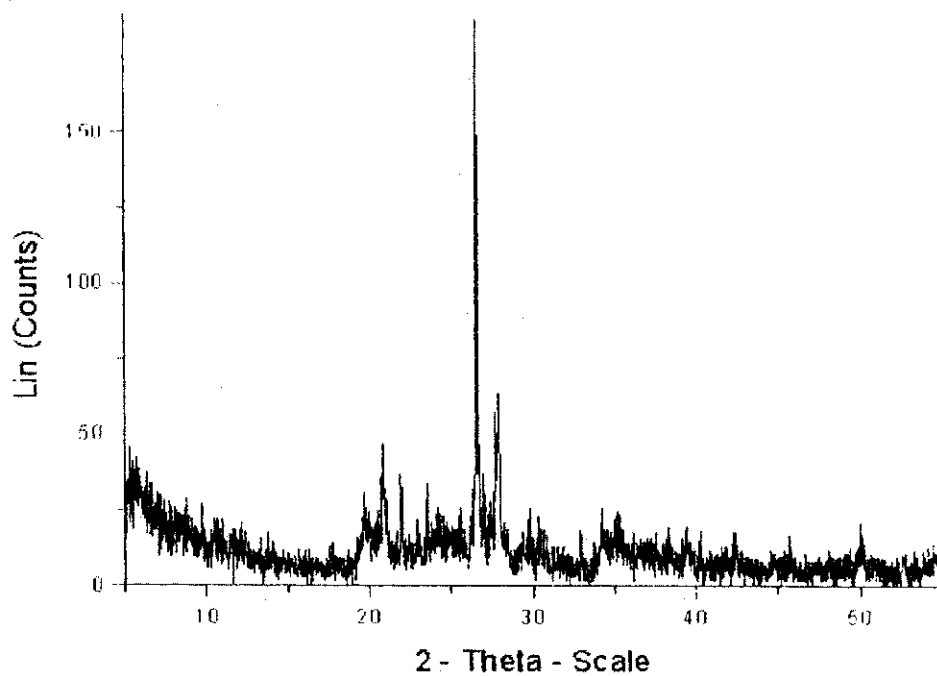


Gráfico 5.56 – Difratoograma da amostra STR-02

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
20,854	4,256	46	24,5
21,974	4,042	34	18,1
23,589	3,769	34	18,1
26,621	3,346	188	100,0
27,037	3,295	37	19,7
27,921	3,193	64	34,0
30,400	2,938	23	12,2
32,951	2,716	19	10,1
34,231	2,617	18	9,6
40,251	2,239	19	10,1
42,444	2,128	16	8,5
52,677	1,736	10	5,3

Tabela 5.9 – Tabela de picos do difratograma da amostra STR-02

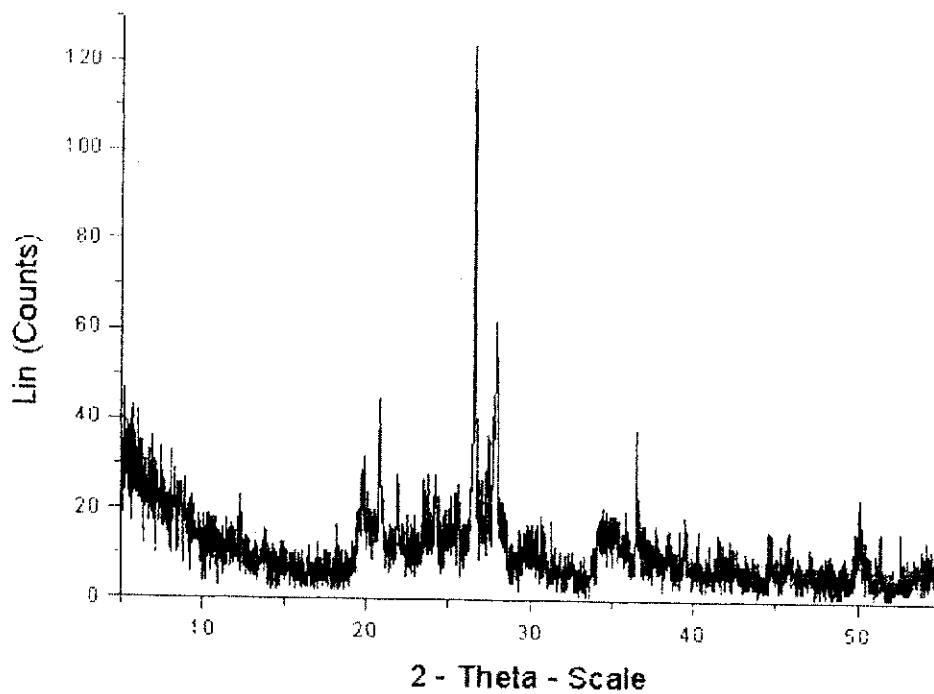


Gráfico 5.57 -- Difratograma da amostra STR-03

Ângulo 2-Theta ^o	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,421	7,129	23	18,5
19,890	4,472	27	21,2
28,830	4,261	45	36,3
21,963	4,044	28	22,6
24,240	3,669	24	19,4
26,609	3,347	124	100,0
27,442	3,248	37	29,8
27,953	3,189	62	50,0
30,784	2,902	17	13,7
36,525	2,458	38	30,6

Tabela 5.10 – Tabela de picos do difratograma da amostra STR-03

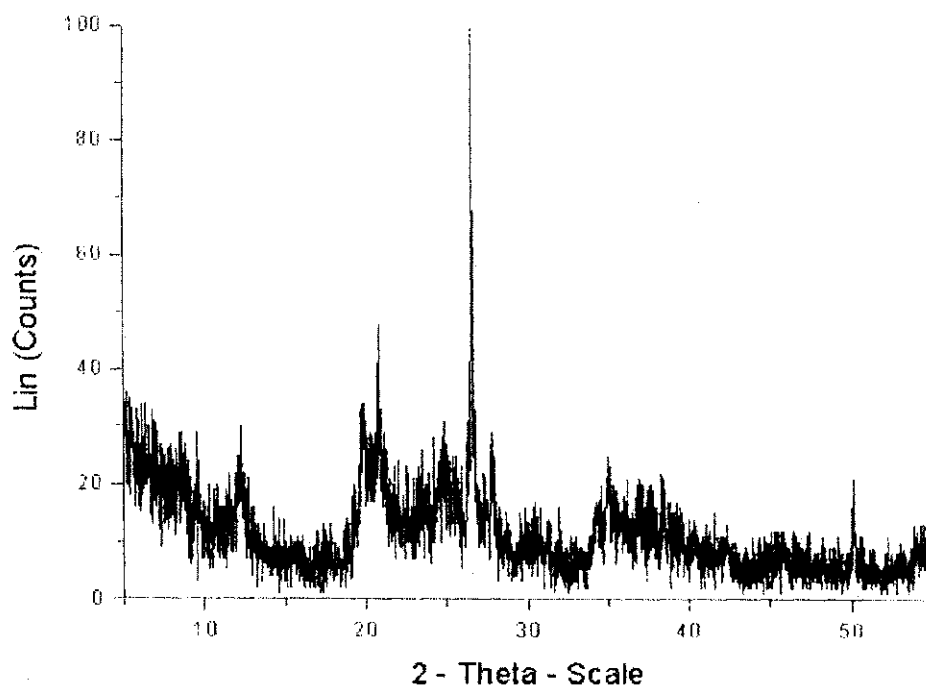


Gráfico 5.58 – Difratoograma da amostra RTI-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,260	7,213	30	29,7
19,698	4,507	31	30,7
19,863	4,466	31	30,7
20,824	4,262	48	47,5
24,601	3,619	28	27,7
26,590	3,350	101	100,0
27,846	3,201	26	25,7
50,111	1,819	21	20,8

Tabela 5.11 – Tabela de picos do difratograma da amostra RTI-01

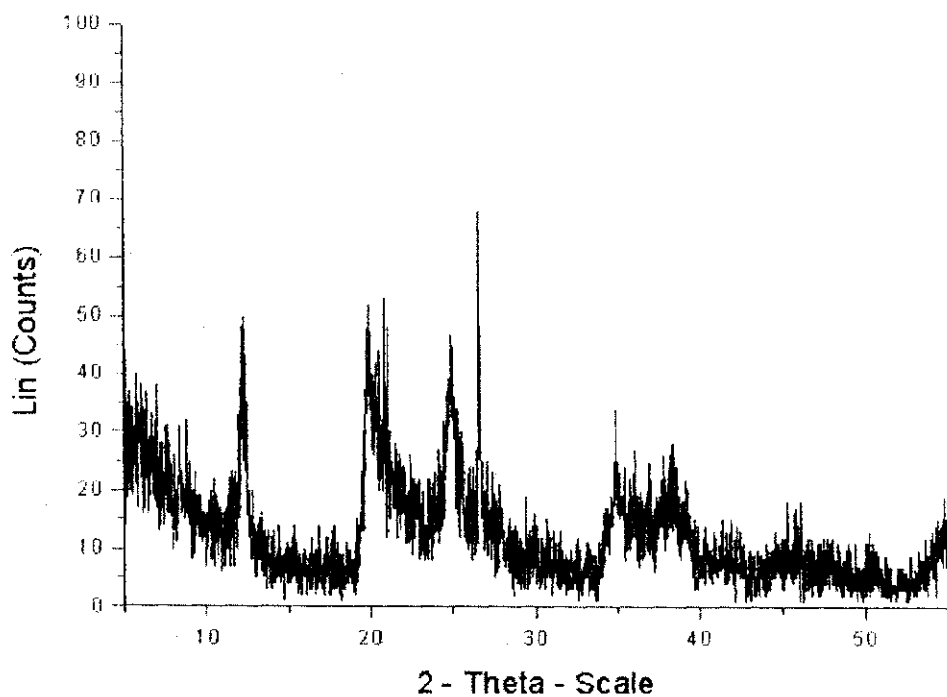


Gráfico 5.59 – Difratoograma da amostra RTI-02

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,271	7,207	41	60,3
19,920	4,453	47	69,1
23,595	3,768	21	30,9
24,856	3,579	47	69,1
26,619	3,346	68	100,0
50,122	1,818	11	16,2

Tabela 5.12 – Tabela de picos do difratograma da amostra RTI-02

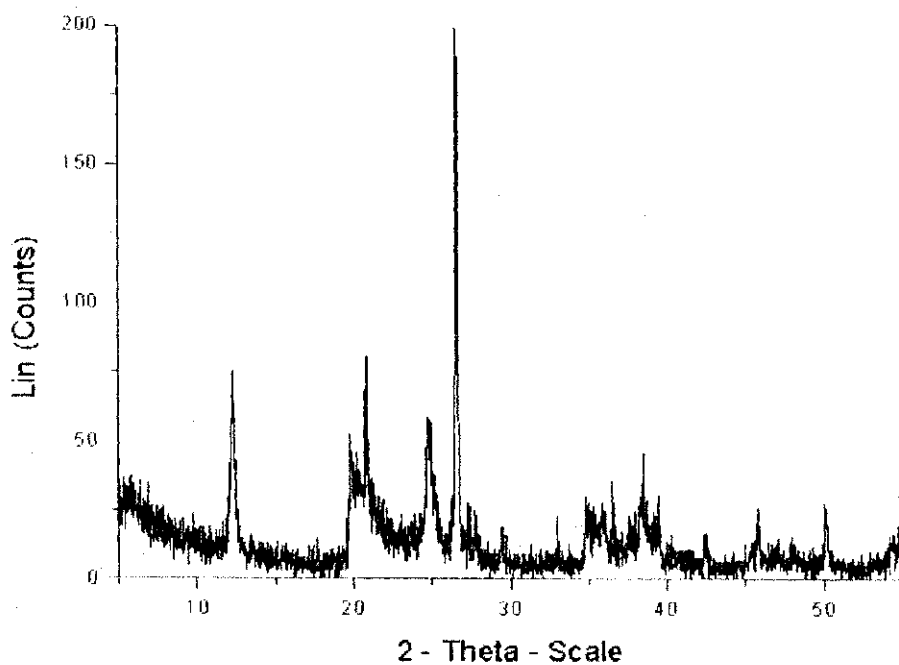


Gráfico 5.60 – Difratoograma da amostra MAG-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,306	7,187	75	37,9
19,906	4,457	47	23,7
20,819	4,263	81	40,9
24,788	3,589	59	29,8
26,616	3,346	198	100,0
27,366	3,256	28	14,1
27,766	3,210	25	12,6
29,430	3,032	19	9,6
33,021	2,710	23	11,6
34,995	2,562	22	11,1
36,507	2,459	36	18,2
38,429	2,340	30	15,2
42,434	2,128	14	7,1
45,791	1,980	26	13,1
50,123	1,818	26	13,1

Tabela 5.13 – Tabela de picos do difratograma da amostra MAG-01

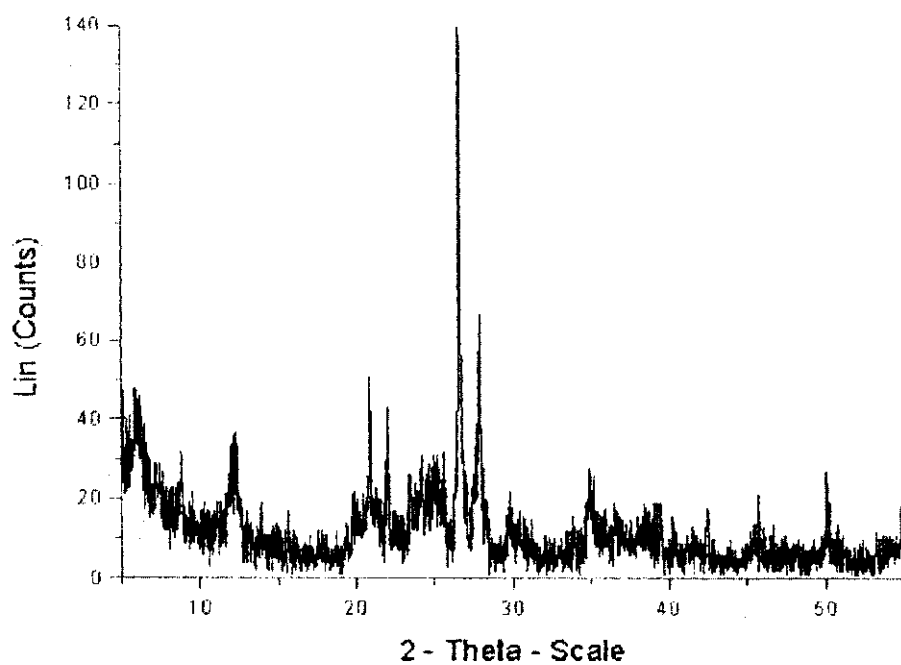


Gráfico 5.61 – Difratoograma da amostra JAC-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
8,840	9,995	32	23,4
20,872	4,253	38	27,7
21,995	4,038	43	31,4
23,479	3,786	26	19,0
24,213	3,673	31	22,6
26,615	3,346	137	100,0
27,912	3,194	67	48,9
34,967	2,564	26	19,0
40,262	2,238	16	11,7
42,441	2,128	18	13,1
50,140	1,818	24	17,5
50,752	1,797	14	10,2

Tabela 5.14 – Tabela de picos do difratograma da amostra JAC-01

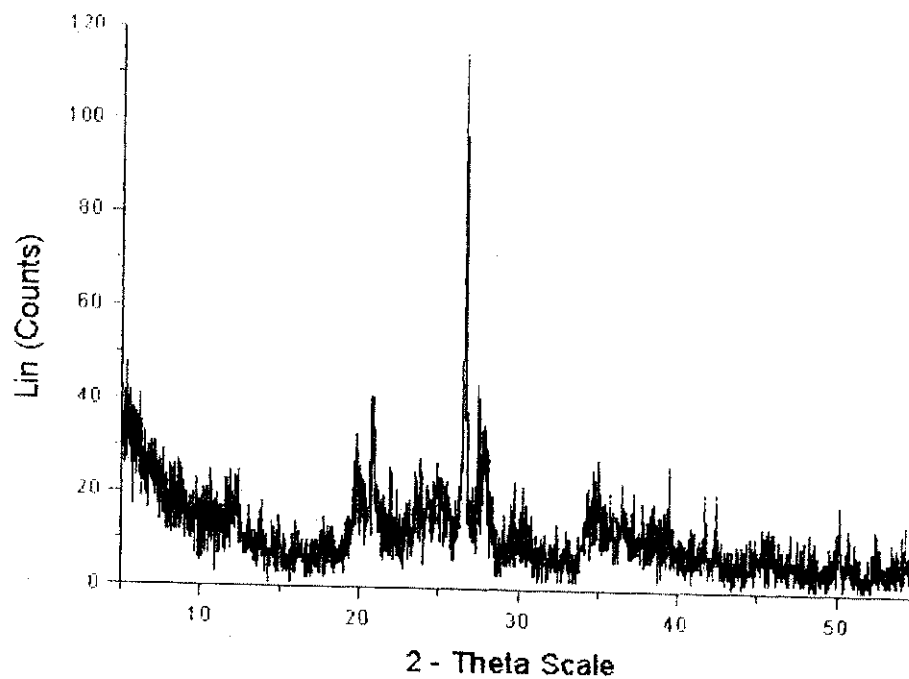


Gráfico 5.62 – Difratoograma da amostra GAB-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,321	7,152	28	24,3
20,864	4,254	39	33,9
21,977	4,041	25	21,7
23,566	3,772	25	21,7
23,850	3,728	28	24,3
26,599	3,348	115	100,0
27,451	3,246	44	38,3
27,871	3,198	29	25,2
50,115	1,819	19	16,5

Tabela 5.15 – Tabela de picos do difratograma da amostra GAB-01

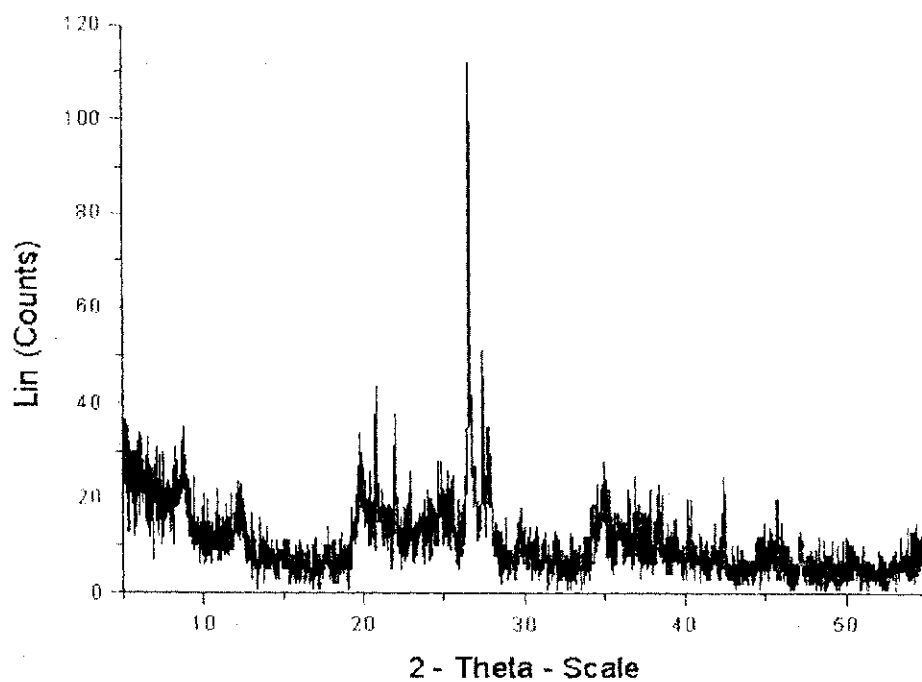


Gráfico 5.63 – Difratoograma da amostra GAB-02

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
8,827	10,009	34	30,4
12,389	7,154	24	21,4
19,845	4,470	34	30,4
20,815	4,264	44	39,3
21,981	4,040	38	33,9
26,604	3,348	112	100,0
27,469	3,244	51	45,5
35,012	2,561	24	21,4
40,260	2,238	16	14,3
42,424	2,129	19	17,0
47,155	1,926	13	11,6

Tabela 5.16 – Tabela de picos do difratograma da amostra GAB-02

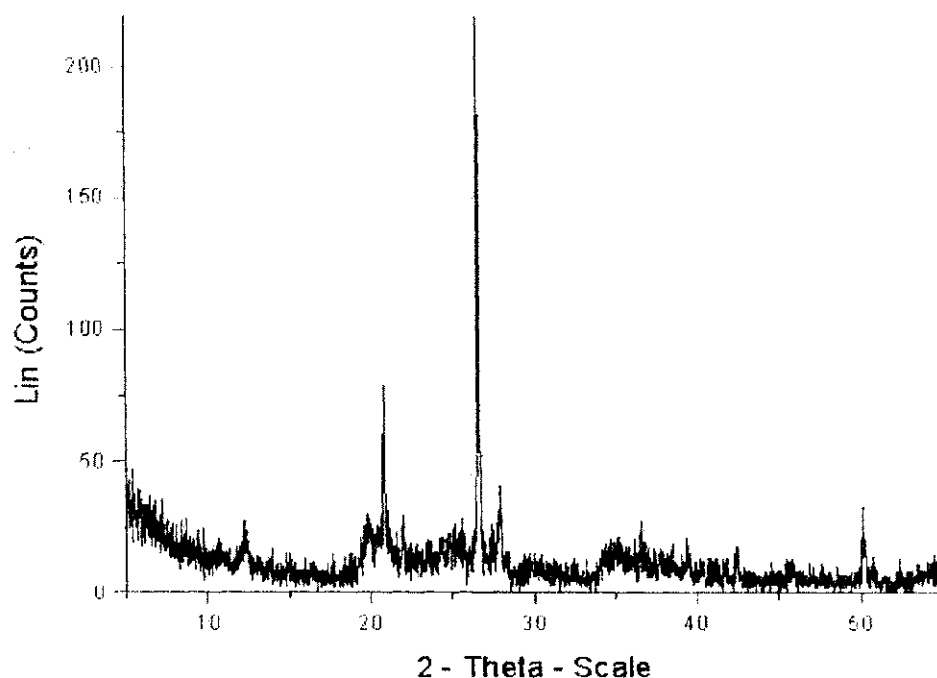


Gráfico 5.64 – Difratoograma da amostra GAB-03

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,300	7,190	28	12,7
19,845	4,470	29	13,2
20,826	4,264	79	35,9
21,980	4,041	30	13,6
25,651	3,470	28	12,7
26,623	3,345	220	100,0
27,480	3,243	17	7,7
27,948	3,190	41	18,6
29,768	2,999	15	6,8
36,527	2,458	23	10,5
42,432	2,128	16	7,3
50,148	1,817	34	15,5

Tabela 5.17 – Tabela de picos do difratograma da amostra GAB-03

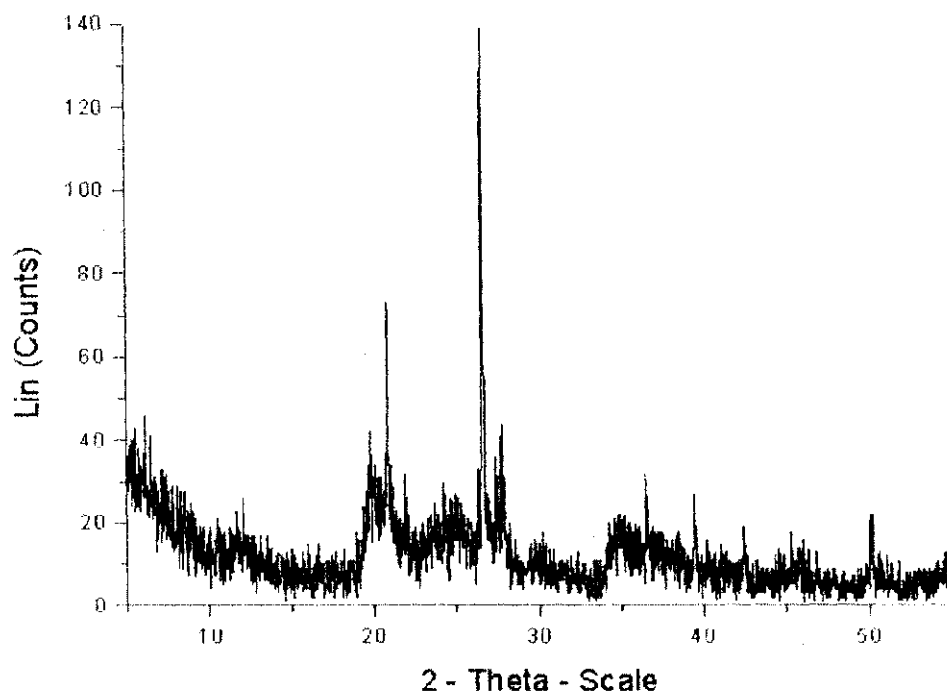


Gráfico 5.65 – Difratoograma da amostra MUG-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,423	7,119	20	14,4
20,045	4,437	36	25,9
20,841	4,259	73	52,5
22,018	4,034	26	18,7
26,632	3,344	139	100,0
27,482	3,243	36	25,9
27,833	3,203	44	31,7
36,526	2,458	32	23,0
39,485	2,280	27	19,4
50,140	1,818	20	14,4

Tabela 5.18 – Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-01

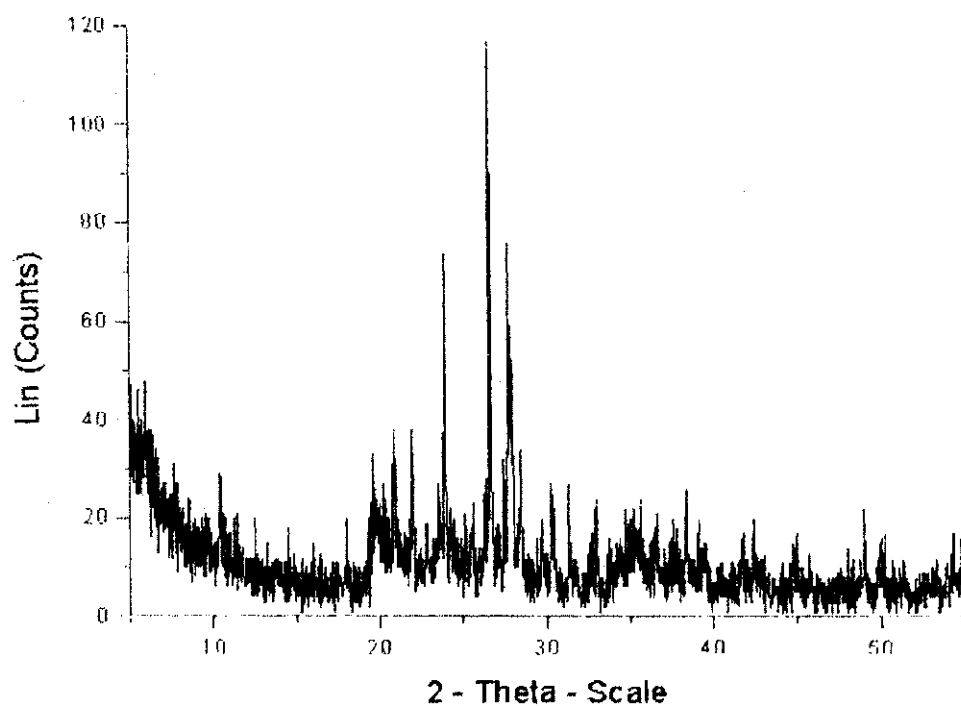


Gráfico 5.66 - Difratoograma da amostra MUG-02

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
19,703	4,502	19	16,2
20,859	4,255	38	32,5
21,937	4,048	38	32,5
23,913	3,718	74	63,2
26,621	3,346	117	100,0
27,820	3,204	57	48,7
30,380	2,940	23	19,7
48,992	1,858	22	18,8

Tabela 5.19 - Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-02

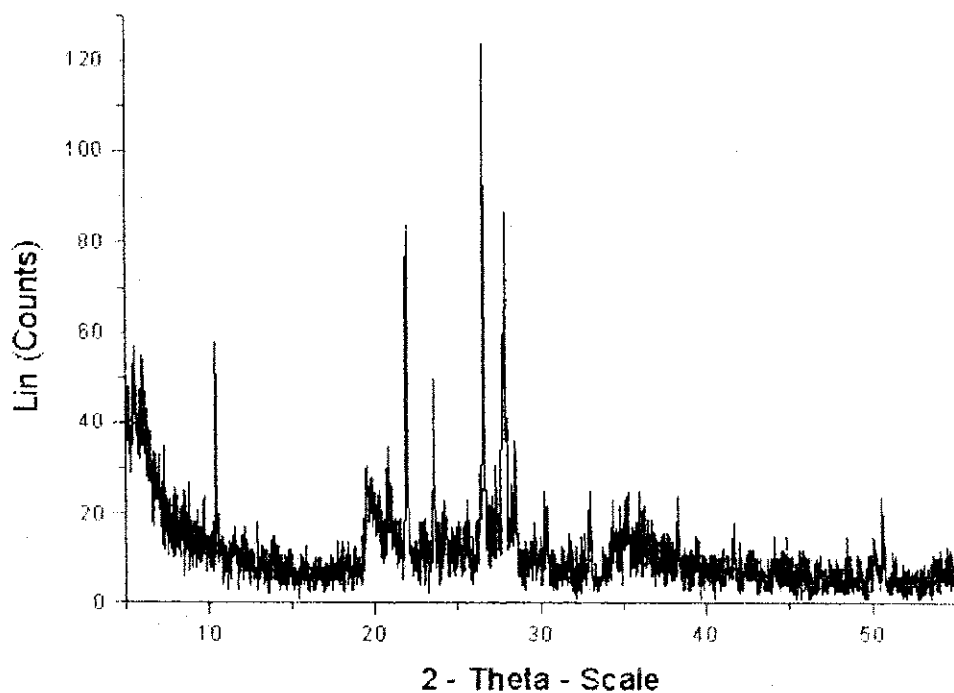


Gráfico 5.67 – Difratoograma da amostra MUG-03

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
10,471	8,441	44	35,5
19,658	4,512	28	22,6
20,880	4,251	35	28,2
21,996	4,038	84	67,7
23,620	3,764	50	40,3
26,584	3,350	124	100,0
27,869	3,199	66	53,2
28,440	3,136	36	29,0
30,379	2,940	18	14,5

Tabela 5.20 -- Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-03

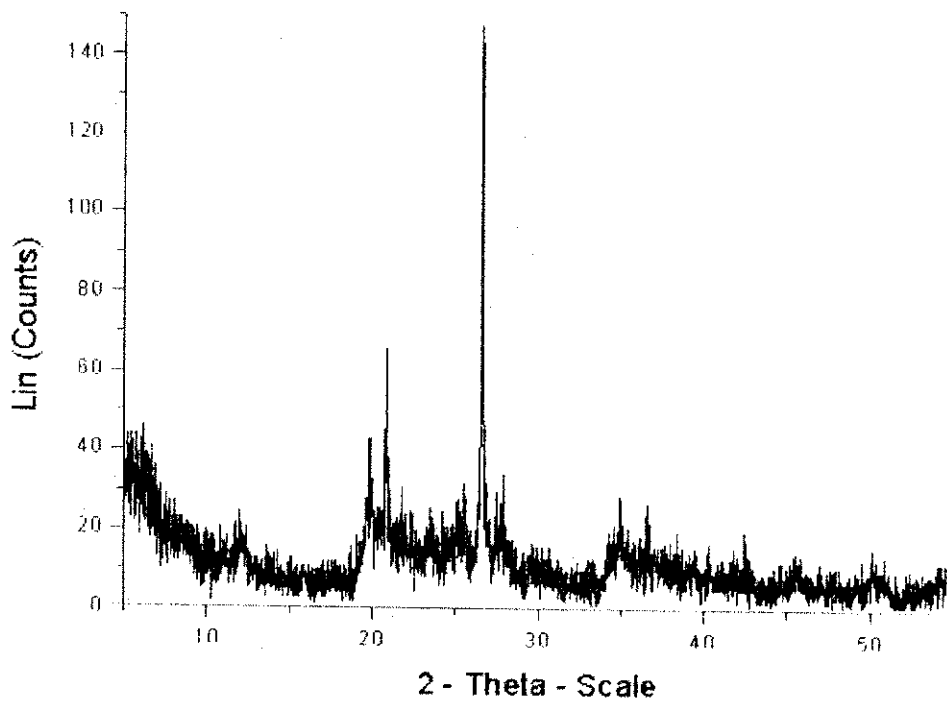


Gráfico 5.68 – Difratoograma da amostra MUG-04

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
19,902	4,457	43	29,1
20,848	4,257	66	44,6
26,626	3,345	148	100,0
27,890	3,196	34	23,0
36,574	2,455	19	12,8
50,169	1,817	16	10,8

Tabela 5.21 – Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-04

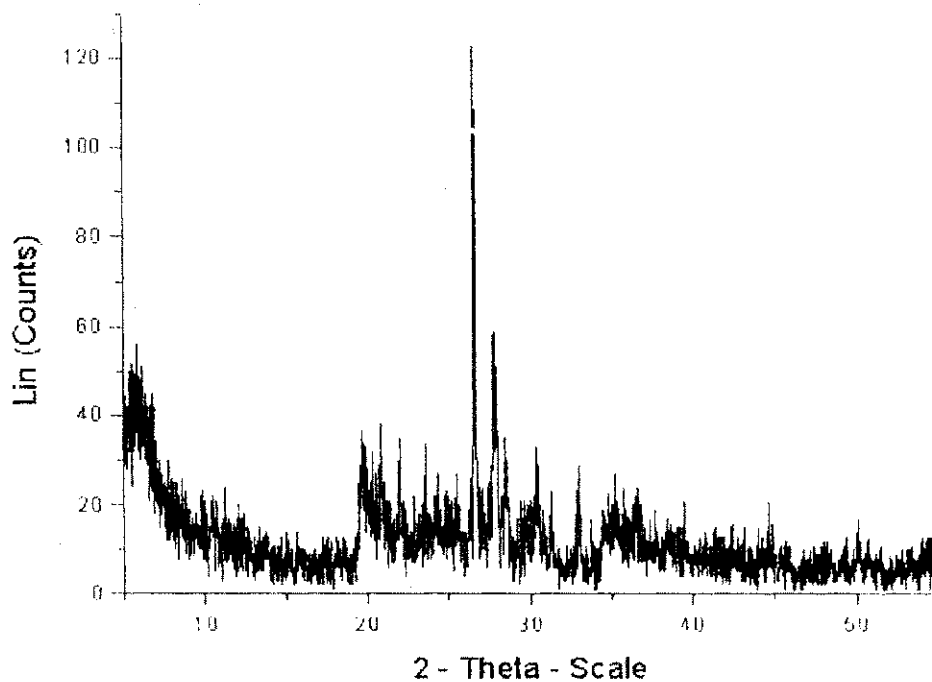


Gráfico 5.69 – Difratoograma da amostra MUG-05

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
19,742	4,493	30	24,6
20,880	4,251	31	25,4
22,003	4,036	35	28,7
26,612	3,347	122	100,0
27,849	3,201	43	35,2
28,494	3,130	35	28,7
30,417	2,936	33	27,0
32,993	2,713	21	17,2
44,641	2,028	16	13,1

Tabela 5.22 – Tabela de picos do difratograma da amostra MUG-05

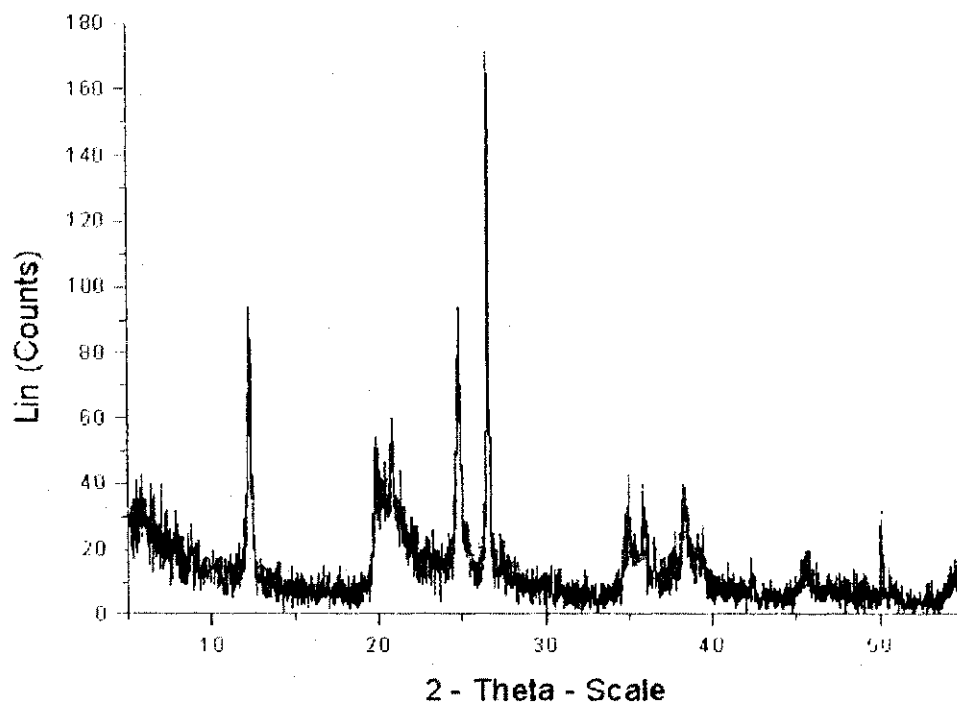


Gráfico 5.70 – Difratoograma da amostra MAR-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,333	7,171	94	54,7
19,898	4,458	53	30,8
20,868	4,253	60	34,9
24,828	3,583	94	54,7
26,616	3,346	172	100,0
27,401	3,252	16	9,3
35,008	2,561	43	25,0
35,939	2,497	30	17,4
36,519	2,458	24	14,0
38,340	2,346	40	23,3
50,124	1,818	32	18,6

Tabela 5.23 – Tabela de picos do difratograma da amostra MAR-01

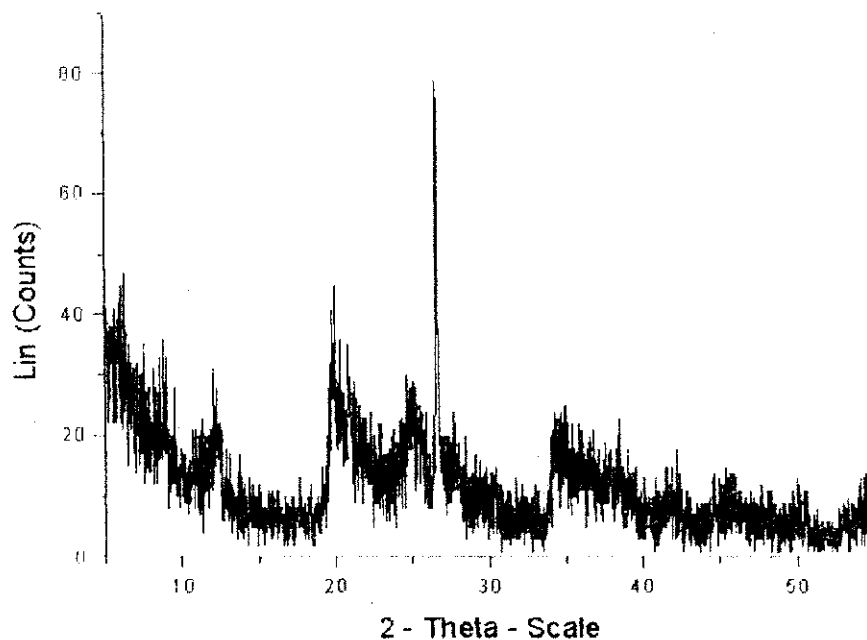


Gráfico 5.71 – Difratoograma da amostra GUR-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,401	7,138	30	38
19,984	4,440	35	44,3
20,868	4,253	30	38,0
22,953	3,871	22	27,8
26,611	3,347	79	100,0
27,456	3,246	20	25,3
34,339	2,609	23	29,1
37,819	2,377	18	22,8
38,460	2,339	23	29,1
50,620	1,802	11	13,9

Tabela 5.24 – Tabela de picos do difratograma da amostra GUR-01

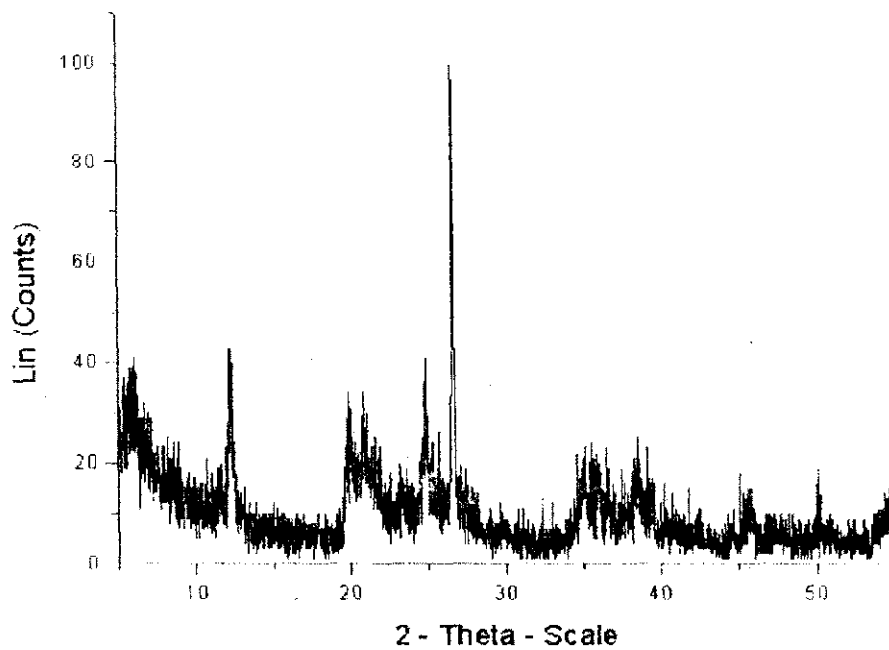


Gráfico 5.72 – Difratoograma da amostra ALH-01

Ângulo 2-Theta°	d Angstrom	Intensidade Cps	Intensidade %
12,302	7,189	43	43,0
19,862	4,466	33	33,0
20,837	4,260	34	34,0
24,889	3,574	37	37,0
26,620	3,346	100	100,0
36,545	2,457	23	23,0
39,441	2,283	17	17,0
50,119	1,819	19	19,0

Tabela 5.25 – Tabela de picos do difratograma da amostra ALH-01

5.1.5.1 – Análise dos resultados obtidos na Difração de Raio X.

Com base nos dados obtidos em difratogramas expostos nos Gráficos 5.55 a 5.72 obtivemos as seguintes conclusões:

- Todas as amostras apresentaram picos referentes a presença de Quartzo tipo alfa em seus difratogramas. O quartzo é um material largamente disseminado nas rochas metamórficas e sedimentares, é um material persistente, inalterável pelo intemperismo e muito comum nas camadas sedimentares. Algumas das apreciáveis propriedades do quartzo são seu baixo coeficiente de dilatação e sua má condutibilidade, que devido a sua presença em nossas amostras, atribui a elas também tais propriedades. O quartzo-alfa é estável em baixas temperaturas, a aproximadamente 573°C passa a quartzo-beta, que se mantém até a temperatura de 870°C ± 10°C, quando se transforma em tridimita-beta, que a 1470°C ± 10°C transforma-se em cristobalita.

Amostras STR-01, STR-02 e STR-03:

- As amostras coletadas no município de Santa Rita, STR-01 e STR-02, apresentaram picos referentes a presença de Quartzo e Ilita. Tais argilominerais, principalmente a Ilita, confirmam dados obtidos em análise química, que apontavam a caracterização dessas amostras como similares a de folhelhos argilosos, apresentando elevados teores de potássio e ferro. A Ilita é de comum ocorrência em sedimentos, principalmente folhelhos argilosos.
- A amostra STR-03, também proveniente do município de Santa Rita, apresenta picos referentes a presença de Quartzo.

Caulinita e Illita. Diferente das amostras STR-01 e STR-02, existe a presença de Caulinita.

- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Rio Tinto está situada sobre uma região cujo solo é classificado solo de várzea. (Aluviais e hidromórficos) (23). Os solos desse tipo são geralmente compostos de material sedimentar, o que realmente ocorre devido à proximidade com o leito de rios, no caso o leito do Rio Paraíba. O quartzo é um mineral largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas, assim, podendo facilmente ser identificado nos mais diversos tipos de solos. A caulinita também pode ser observada em tal tipo de solo, pois a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas argilas.

Amostras RTI-01 e RTI-02:

- As amostras RTI-01 e RTI-02, coletadas no município de Rio Tinto, apresentaram picos referentes à presença de Quartzo, Caulinita e Illita. Conforme a análise química, mesmo com a presença dos mesmo minerais ocorreu uma diferenciação nas propriedades de tais amostras, porém, ambas as argilas são semelhantes as argilas típicas utilizados na indústria de cerâmica vermelha. As principais diferenças são apresentadas em termogramas na análise diferencial, mostrando um comportamento térmico diferente, em consequência, propriedades diferentes.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Rio Tinto está situada sobre dois tipos de solos bastantes característicos, são eles: a) Os solos de várzea ; b) Solos arenosos e ou argilosos de baixa fertilidade, lixiviados

sobre os sedimentos terciários (23). O quartzo é um mineral característico tanto de solos de várzea como de solos argilosos de baixa fertilidade, posto que ele é um material largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas. A caulinita também pode ser observada em solos dos dois tipos sabendo que a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas argilas. A mica e a illita são mais facilmente encontrados em materiais sedimentares, o que realmente ocorre devido a proximidade com o leito de rios, no caso o leito do Rio Mamanguape.

Amostra MAG-01:

- A amostra coletada no município de Mamanguape, MAG-01, apresentou a presença de Quartzo e Caulinita em seu difratograma.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Mamanguape está situada sobre dois tipos de solos bastantes característicos, são eles: a) Os solos de várzea . b) Solos arenosos e ou argilosos de baixa fertilidade, lixiviados sobre os sedimentos terciários. O quartzo é um mineral característico tanto de solos de várzea como de solos argilosos de baixa fertilidade, posto que ele é um material largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas. A caulinita também pode ser observada em solos dos dois tipos sabendo que a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas argilas.

Amostra JAC-01:

- A amostra JAC-01, coletada no município de Jacaraú, apresentou picos referentes a presença de Quartzo e Ilita. Tais argilominerais, principalmente a Ilita, confirmam dados obtidos em análise química, que apontavam a caracterização dessas amostras como similares a de folhelhos argilosos, onde a Ilita é de ocorrência muito comum (3).
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Jacaraú está situada sobre dois tipos de solos, são eles: a) Solos Podzólicos ; b) Planossolos (solos com encharcamento temporário em áreas planas e com problemas de salinização). O quartzo é um mineral característico tanto de solos de várzea como de solos argilosos de baixa fertilidade, posto que ele é um material largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas. A ilita é de ocorrência mais freqüente em materiais sedimentares, principalmente folhelhos argilosos ou taguás, sendo esse de ocorrência maior em solos do tipo Planossolos (solos de hidromorfia temporária).

Amostras GAB-01, GAB-02 e GAB-03.

- Todas as amostras coletadas no município de Guarabira apresentaram características idênticas quanto a presença de minerais. As amostras, GAB-01, GAB-02 e GAB-03, apresentaram em seus difratogramas picos referentes a presença de Quartzo, Caulinita e Ilita.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Guarabira está situada sobre uma região cujo solo é classificado como laterítico e podzólico de rebordo úmido da Borborema. O quartzo é um mineral largamente disseminado

nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas, assim, podendo facilmente ser identificado em solos lateríticos e podzólicos. A caulinita também pode ser observada em tais solos, pois a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas as argilas. A mica e a illita são mais facilmente encontrados em materiais sedimentares. Guarabira se encontra na microregião do Piemonte da Borborema, na encosta do Planalto do Borborema, o que, com índices pluviométricos que variam de 1000 a 1200 mm/a (23), provocaram o carreamento de solos dessas encostas formando grandes depósitos sedimentares na região.

Amostras MUG-01, MUG-02, MUG-03, MUG-04 e MUG-05:

- A amostra MUG-01, coletada no município de Mulungu, apresentou picos referentes a presença de Quartzo, Caulinita e Illita. A presença de tais argilominerais confirma a sua análise química que caracteriza essa amostra como similar a outras argilas para cerâmica vermelha.
- As amostras coletadas no município de Mulungu, MUG-02, MUG-03, MUG-04, MUG-05, apresentaram picos relativos a presença de Quartzo e Illita.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Mulungu está situada sobre uma região cujo solo é classificado como : Solos bruno pouco espessos associados a Planossolos. O quartzo é um mineral largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas, assim, podendo facilmente ser identificado nos mais diversos tipos de solos. A caulinita também pode ser observada em tal tipo de solo, pois a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas as argilas. A

mica e a illita são mais facilmente encontrados em materiais sedimentares principalmente folhelhos argilosos ou laguás, sendo esse de ocorrência maior em solos do tipo Planossolos (solos de hidromorfia temporária).

Amostra MAR-01:

- A amostra MAR-01, proveniente do município de Mari, apresenta picos relacionados com a presença de Quartzo e Caulinita.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Mari está situada sobre uma região cujo solo é classificado como: Solos bruno pouco espessos associados a Planossolos. O quartzo é um mineral largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas, assim, podendo facilmente ser identificado nos mais diversos tipos de solos. A caulinita também pode ser observada em tal tipo de solo, pois a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas argilas.

Amostra GUR-01:

- A amostra GUR-01, proveniente do município de Gurinhém, apresenta picos relacionados com a presença de Quartzo, Caulinita e Illita.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Gurinhém está situada sobre uma região cujo solo é classificado como : Solos bruno pouco espessos associados a Planossolos. O quartzo é um mineral largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas, assim, podendo facilmente ser identificado nos mais diversos tipos de solos. A

caulinita também pode ser observada em tal tipo de solo, pois a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas argilas. A mica e a illita são mais facilmente encontrados em materiais sedimentares principalmente folhelhos argilosos ou taguás, sendo esse de ocorrência maior em solos do tipo Planossolos (solos de hidromorfia temporária).

Amostra ALH-01:

- A amostra ALH-01, proveniente do município de Alhandra, apresenta picos relacionados com a presença de Quartzo e Caulinita.
- Segundo o Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a região do município de Alhandra está situada sobre uma região cujo solo é classificado como: Solos bruno pouco espessos associados a Planossolos. O quartzo é um mineral largamente disseminado nas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares, bem como nos produtos da desagregação das mesmas, assim, podendo facilmente ser identificado nos mais diversos tipos de solos. A caulinita também pode ser observada em tal tipo de solo, pois a caulinita é o argilo-mineral mais comum em todas argilas.

5.1.6 - ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (ATD)

Todas as amostras foram ensaiadas em um Analisador Termodiferencial modelo RB3000 da BP Engenharia, segundo método contido em sua referência, no Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa - CCT Campus II - UFPB.

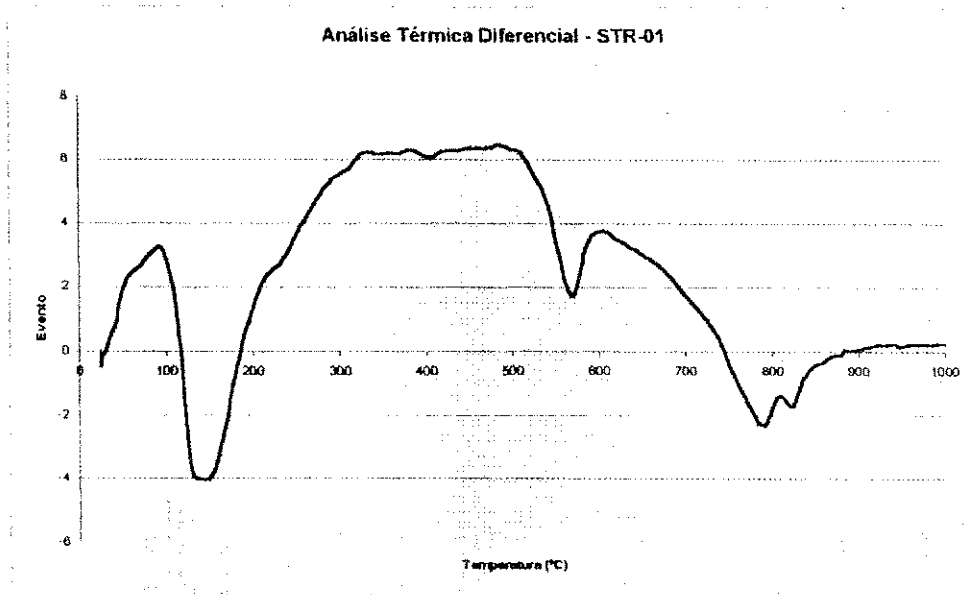


Figura 5.2 – Analisador Termodiferencial utilizados nas amostras

O aparelho de análise diferencial utilizado consiste de um bloco de metal refratário com duas cavidades de igual volume e dispostas simetricamente; numa delas é colocado um material inerte termicamente que funciona como padrão; e na outra é colocada a argila cujas transformações térmicas são objeto de estudo; em cada cavidade é colocado um par termoeletrico. O sistema assim montado permite detectar qualquer diferença de temperatura da argila em relação ao material inerte. (Souza Santos, 1965)

Os termogramas das argilas da Região Meio Leste da Paraíba estão contidos nos Gráficos de 5.19 a 5.36, que apresentaram os resultados obtidos com a análise termodiferencial das amostras.

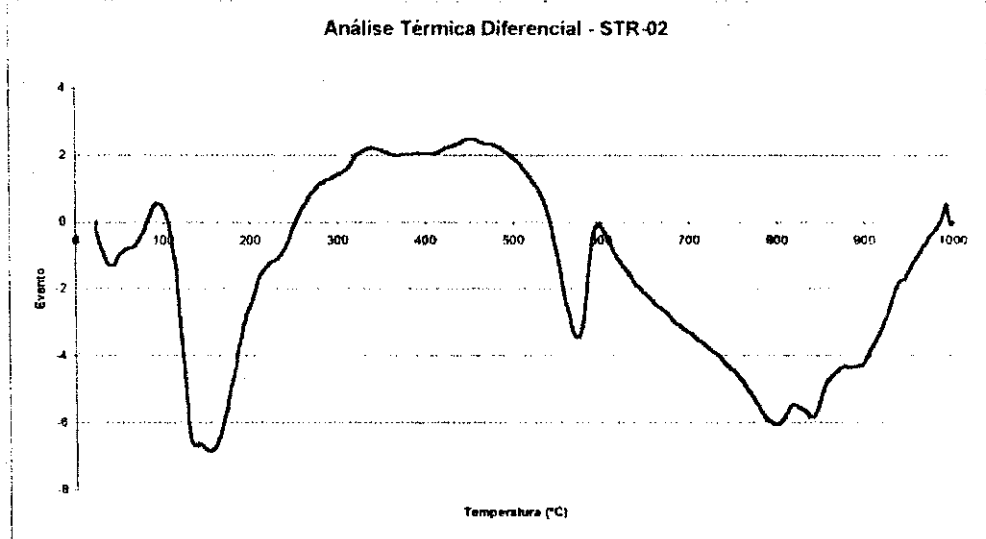
A partir dos termogramas – gráficos de análise térmica diferencial - obtidos, podemos observar que cada amostra apresentou picos endotérmicos e exotérmicos que representam o seguinte comportamento térmico das amostras:



5.19 – Termograma da amostra STR-01

Amostra STR-01 – Apresentou:

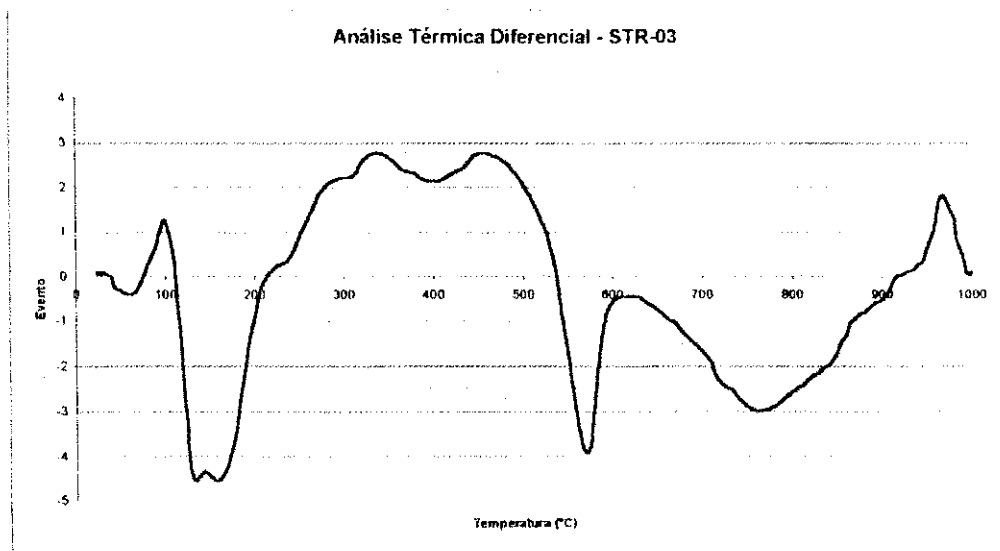
- Pico exotérmico de 20°C a 110°C referente a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 110°C a 190°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais ;
- Pico exotérmico de base larga de 200°C a 500°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 500°C a 600°C referente a perda água de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 700°C a 900°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.



5.20 -Termograma da amostra STR-02

Amostra STR-02 – Apresentou:

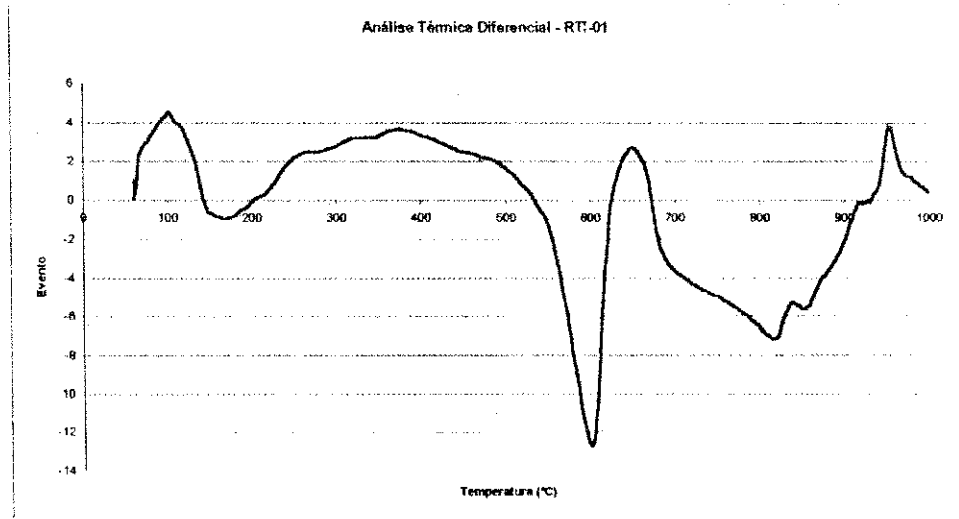
- Pequeno pico endotérmico de 20°C a 80°C referente liberação de água livre;
- Pequeno pico exotérmico de 90°C a 100°C referente a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 110°C a 250°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais.;
- Pico exotérmico de base larga de 250°C a 540°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 550°C a 600°C referente a perda de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 600°C a 1000°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.



5.21 -Termograma da amostra STR-03

Amostra STR-03 – Apresentou:

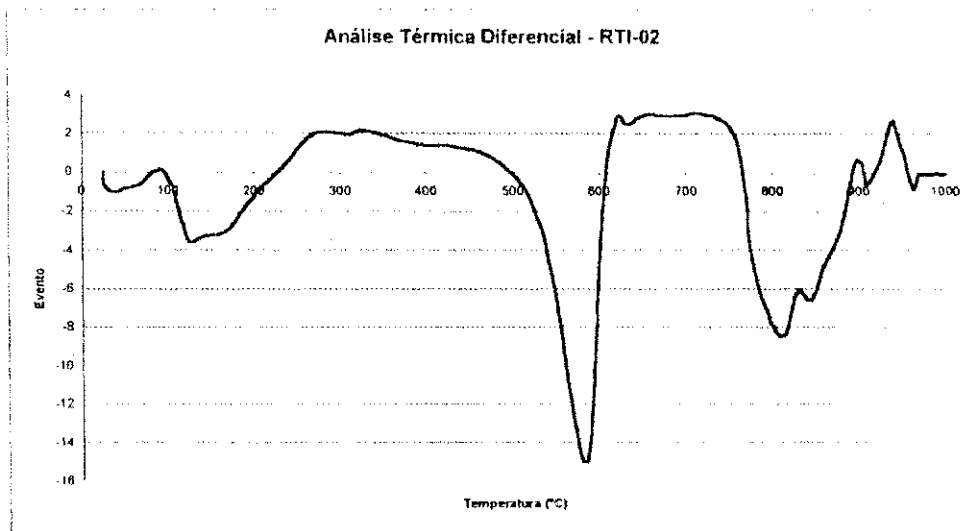
- Pequeno pico endotérmico de 20°C a 70°C referente liberação de água livre;
- Pequeno pico exotérmico de 80°C a 100°C referente a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 110°C a 200°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais ;
- Pico exotérmico de base larga de 210°C a 530°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de base larga de 350°C a 450°C associada a desidroxilação de hidróxidos na forma de cristais (gibbsite e baierita);
- Pico endotérmico de 550°C a 600°C referente a perda de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga de 620°C a 900°C relativo a perda da estrutura cristalina da mica-ilita
- Pico exotérmico de 950°C a 980°C referente a nucleação da mulita .



5.22 -Termograma da amostra RTI-01

Amostra RTI-01 – Apresentou:

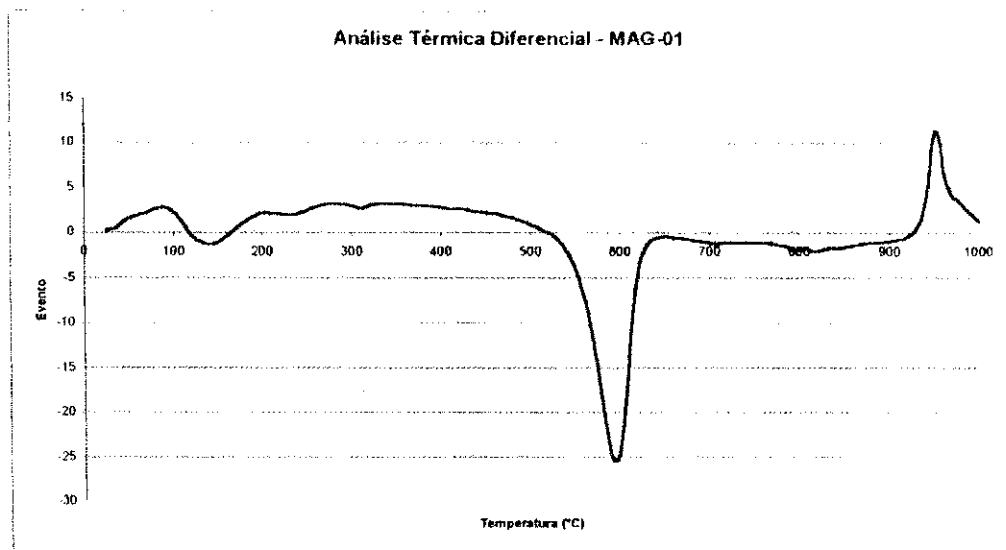
- Pico exotérmico de 50°C a 140°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 140°C a 160°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 180°C a 530°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 530°C a 630°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de 630°C a 670°C produzido pelo carbono tipo grafita;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 680°C a 920°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.
- Pico exotérmico de 940°C a 970°C referente a nucleação da mulita.



5.23 -Termograma da amostra RTI-02

Amostra RTI-02 - Apresentou:

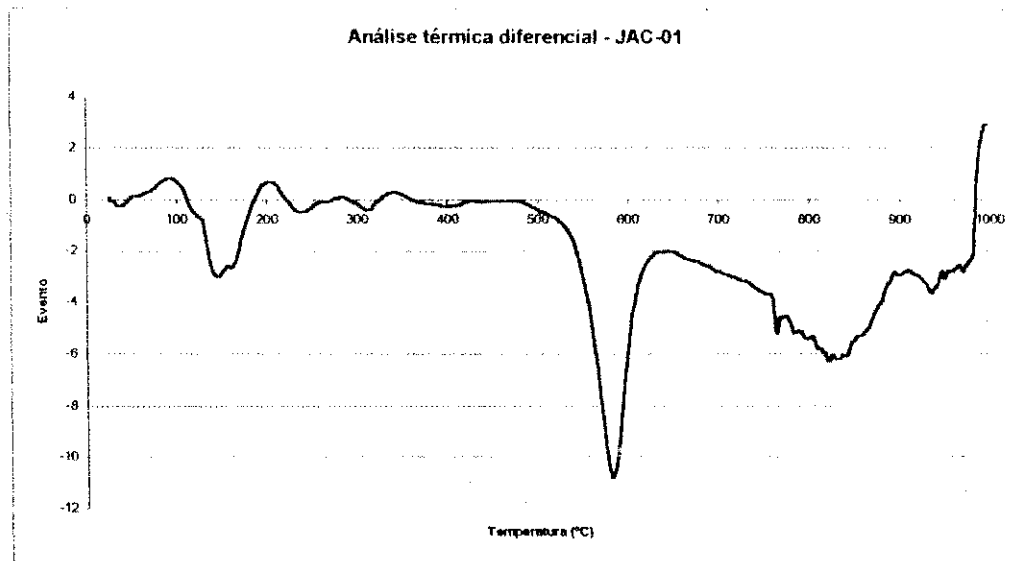
- Pico exotérmico de 40°C a 80°C perca de água livre;
- Pequeno pico endotérmico de 100°C a 220°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 230°C a 500°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 500°C a 605°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de base larga de 620°C a 750°C referente a formação da metacaulinita;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 780°C a 900°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.
- Pequeno pico endotérmico de 900°C a 910°C referente a perda de estrutura da metacaulinita;
- Pico exotérmico de 930°C a 970°C referente a nucleação da mulita.



5.24 -Termograma da amostra MAG-01

Amostra MAG-01 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 50°C a 110°C queima de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 110°C a 180°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 190°C a 510°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 510°C a 630°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de 920°C a 970°C referente a nucleação da mulita.

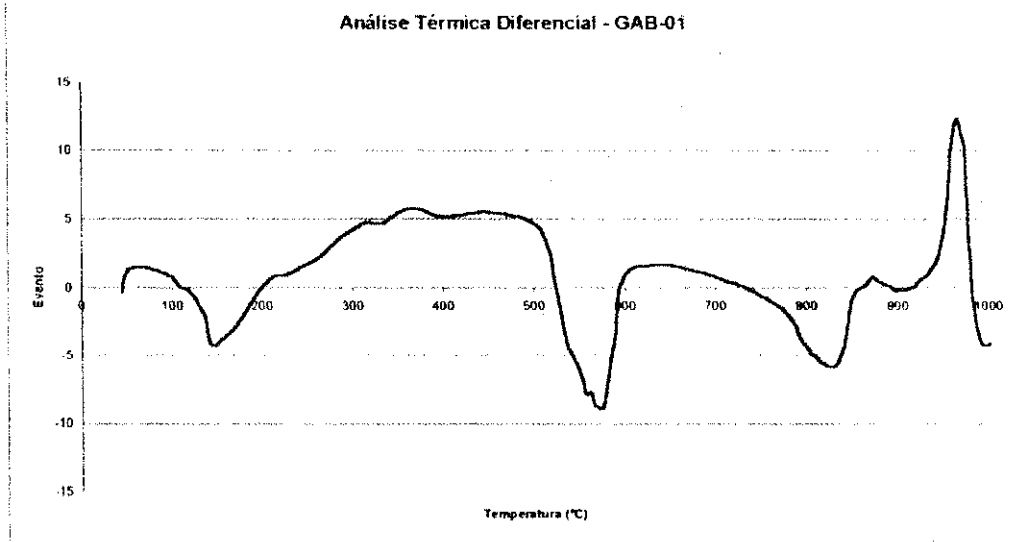


5.25 -Termograma da amostra JAC-01

Amostra JAC-01 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 40°C a 105°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 110°C a 190°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pequenos pico exotérmico em 200°C, 280°C e 350°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 530°C a 630°C referente a perda de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 630°C a 950°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.

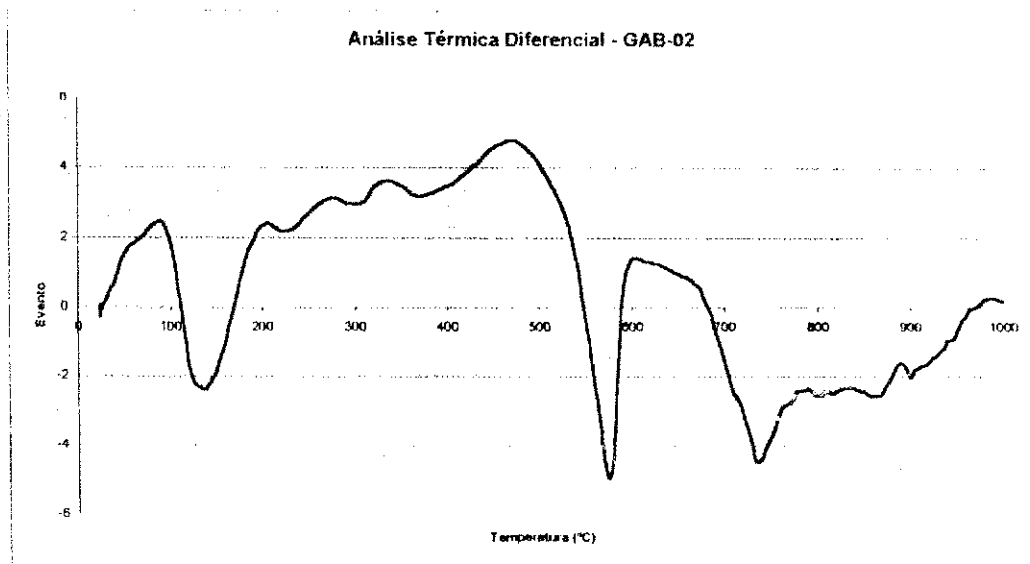
Observação : O termograma a partir da temperatura de 750°C apresenta pequenos picos endotérmicos e exotérmicos, provavelmente devido a algum defeito no equipamento utilizado.



5.26 -Termograma da amostra GAB-01

Amostra GAB-01 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 50°C a 100°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 100°C a 200°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 200°C a 510°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 510°C a 590°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de base larga de 590°C a 720°C referente a formação da metacaulinita;
- Pico endotérmico de 720°C a 850°C relativo a perda da estrutura da mica-ilita;
- Pico endotérmico a 900°C relativo a perda da estrutura da metacaulinita;
- Pico exotérmico de 930°C a 970°C referente a nucleação da mulita.

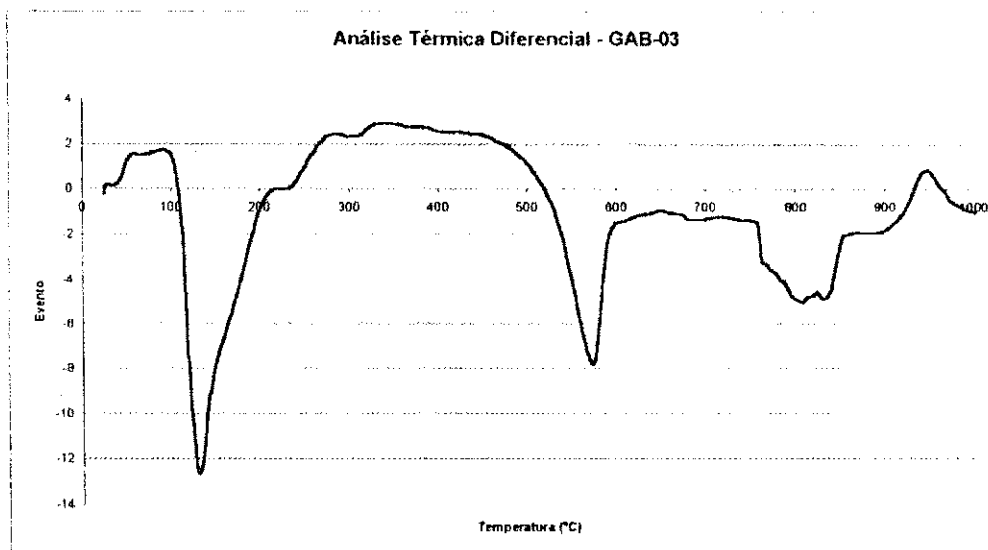


5.27 -Termograma da amostra GAB-02

Amostra GAB-02 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 40°C a 105°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 110°C a 180°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 180°C a 550°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 550°C a 590°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de base larga de 590°C a 690°C referente a formação da metacaulinita;
- Pico endotérmico de 690°C a 950°C relativo a perda da estrutura da mica-ilita;

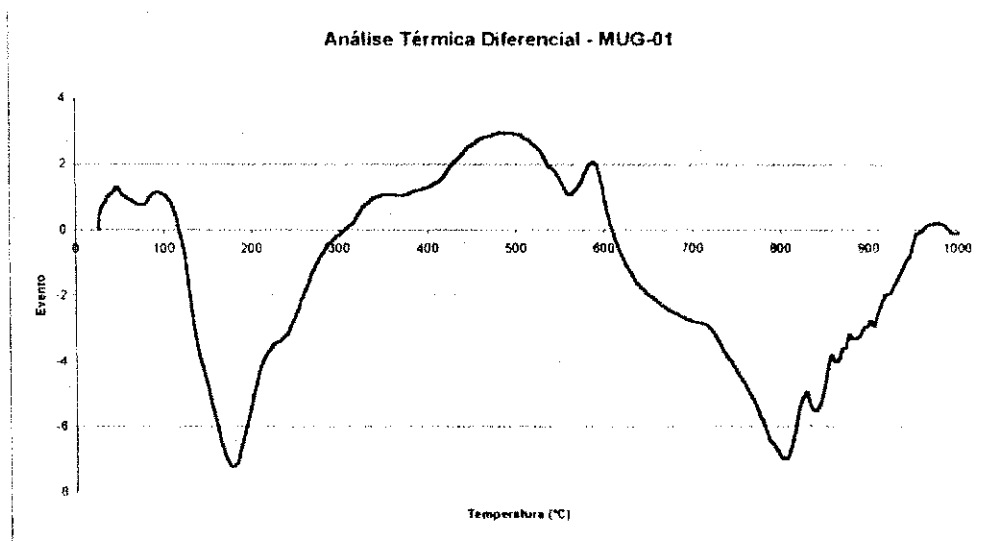
Observação : O termograma a partir da temperatura de 750°C apresenta pequenos picos endotérmicos e exotérmicos, provavelmente devido a algum defeito no equipamento utilizado.



5.28 -Termograma da amostra GAB-03

Amostra GAB-03 – Apresentou:

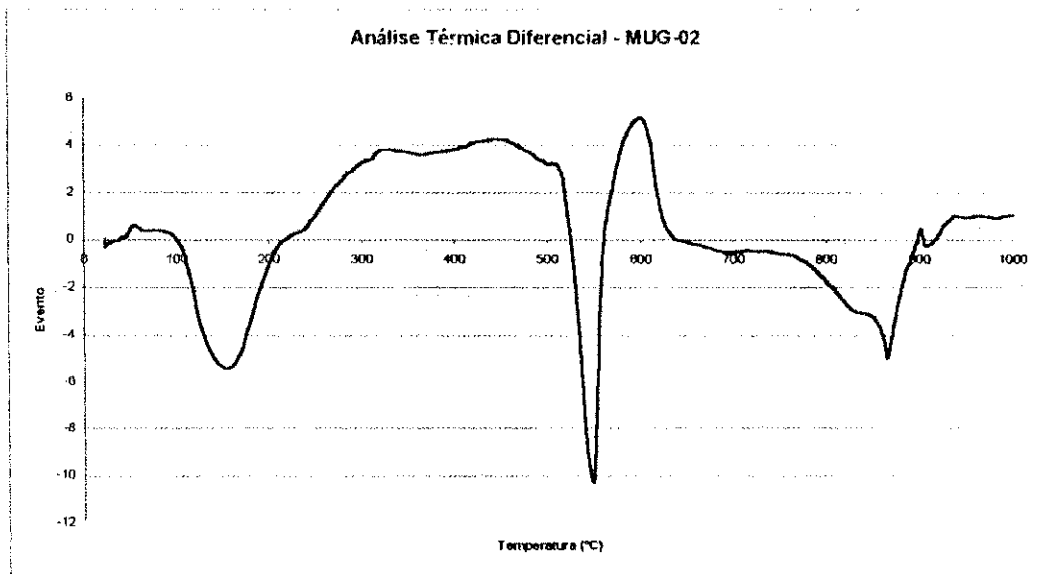
- Pico exotérmico de 40°C a 100°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 100°C a 200°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 230°C a 520°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 520°C a 600°C referente a perda de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 750°C a 860°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.
- Pico exotérmico de 920°C a 960°C referente a nucleação da mulita.



Amostra MUG-01 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 40°C a 110°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 110°C a 290°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 290°C a 600°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 550°C a 800°C referente a perda de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 600°C a 950°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.

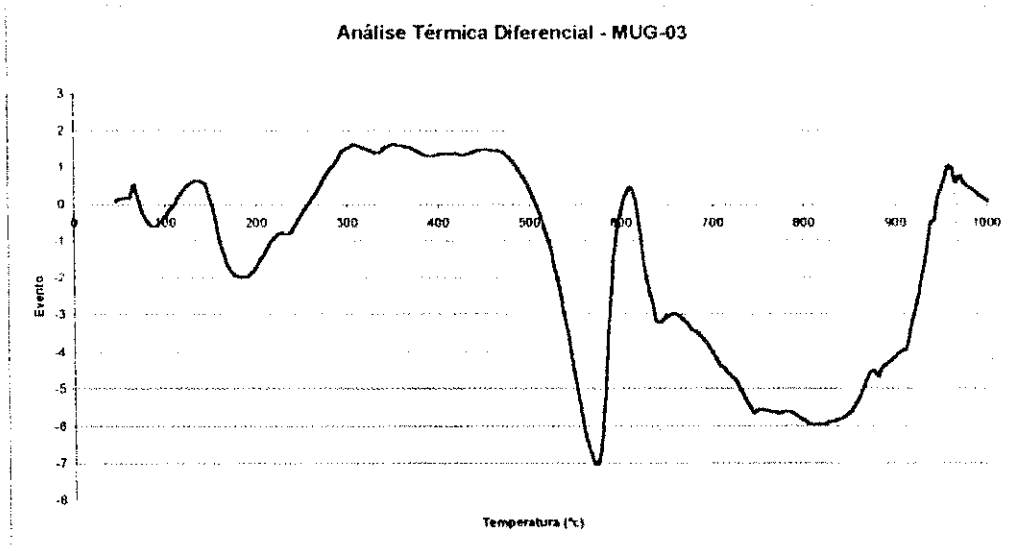
Observação : O termograma a partir da temperatura de 800°C apresenta pequenos picos endotérmicos e exotérmicos, provavelmente devido a algum defeito no equipamento utilizado.



5.30 -Termograma da amostra MUG-02

Amostra MUG-02 – Apresentou:

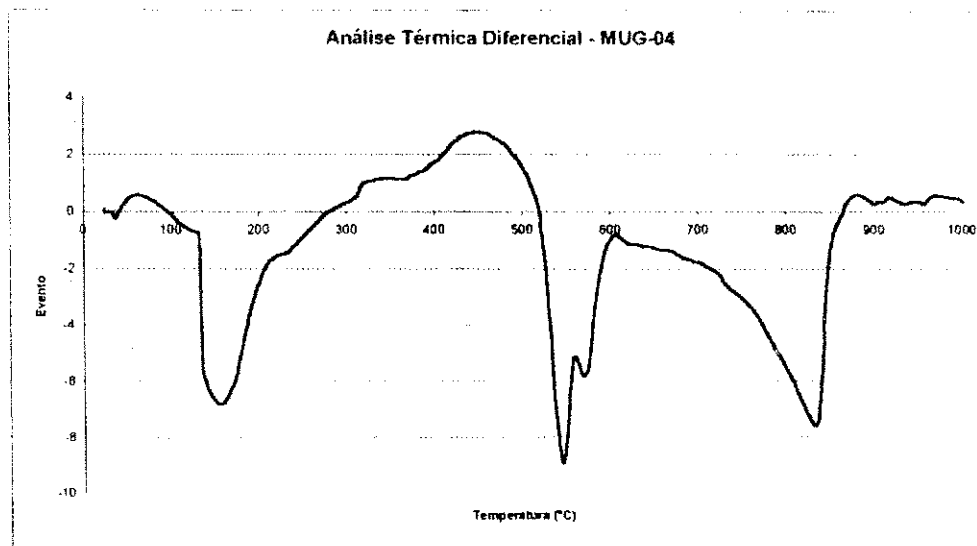
- Pico endotérmico de 100°C a 200°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 200°C a 520°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 520°C a 560°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de 560°C a 640°C produzido pelo carbono tipo grafita;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 750°C a 900°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.



5.31 -Termograma da amostra MUG-03

Amostra MUG-03 – Apresentou:

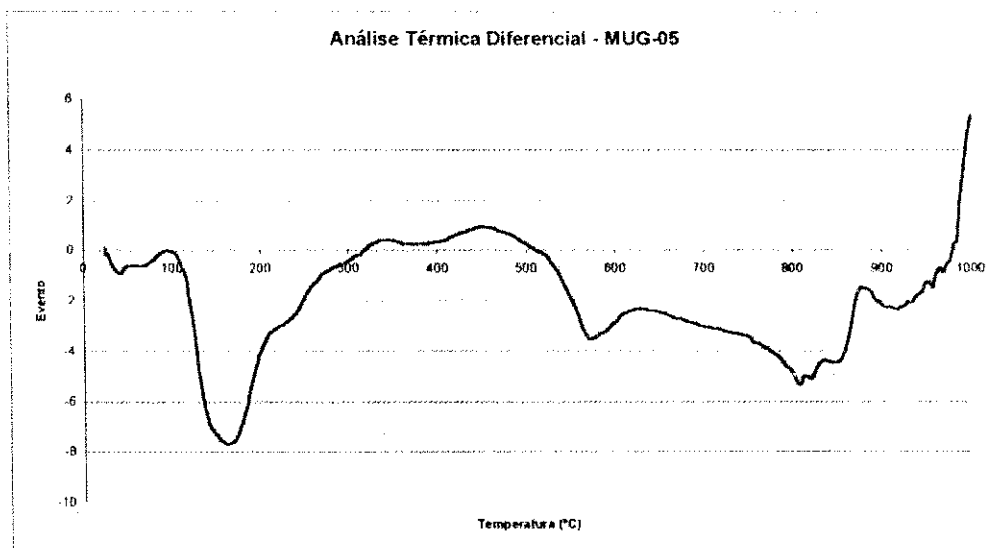
- Pico exotérmico de 40°C a 90°C perca de água livre
- Pico exotérmico de 90°C a 140°C relacionado a queima de matéria orgânica
- Pico endotérmico de 140°C a 250°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais.
- Pico exotérmico de base larga de 250°C a 500°C referente a combustão de matéria orgânica.
- Pico endotérmico de 500°C a 590°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de 590°C a 630°C produzido pelo carbono tipo grafita;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 630°C a 940°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.



5.32 -Termograma da amostra MUG-04

Amostra MUG-04 - Apresentou:

- Pico endotérmico de 100°C a 250°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 250°C a 510°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 510°C a 610°C referente a perda de hidroxila;
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 650°C a 870°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.

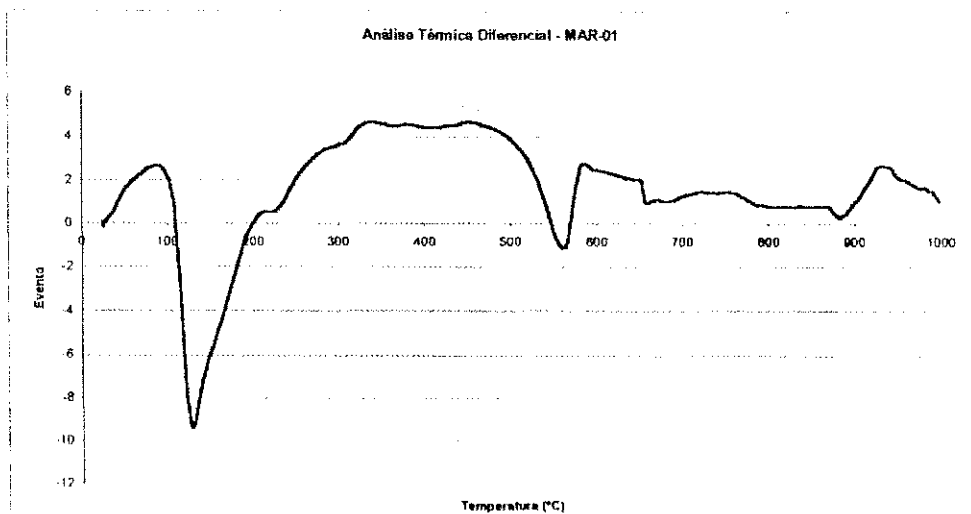


5.33 -Termograma da amostra MUG-05

Amostra MUG-05 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 30°C a 90°C perca de água livre
- Pico endotérmico de 100°C a 280°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais:
- Pico exotérmico de base larga de 300°C a 510°C referente a combustão de matéria orgânica:
- Pico endotérmico de 520°C a 600°C referente a perda de hidroxila:
- Pico endotérmico de base larga com pequeno pico exotérmico de 700°C a 880°C relativo a perda da estrutura cristalina (pico endotérmico) e a formação de espinélio (pico exotérmico) da mica-ilita.

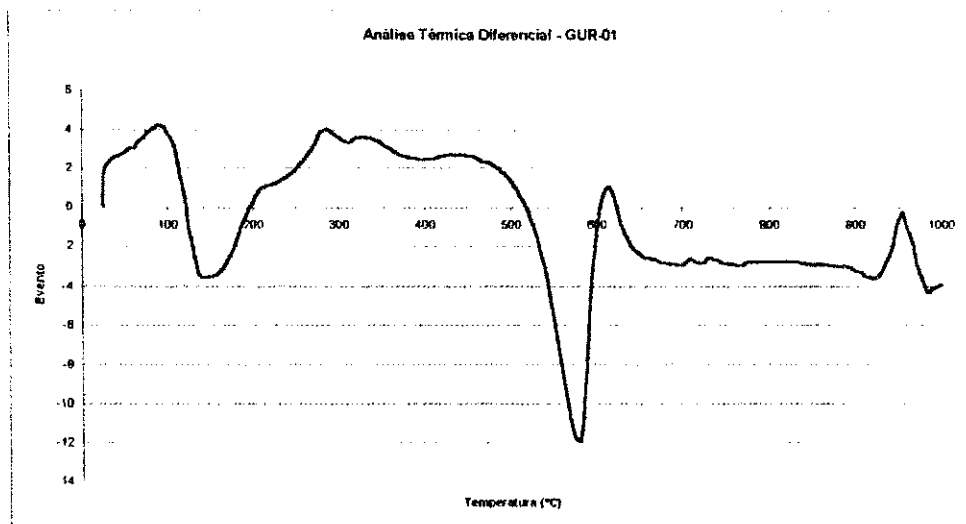
Observação : O termograma a partir da temperatura de 800°C apresenta pequenos picos endotérmicos e exotérmicos, provavelmente devido a algum defeito no equipamento utilizado.



5.34 -Termograma da amostra MAR-01

Amostra MAR-01 – Apresentou:

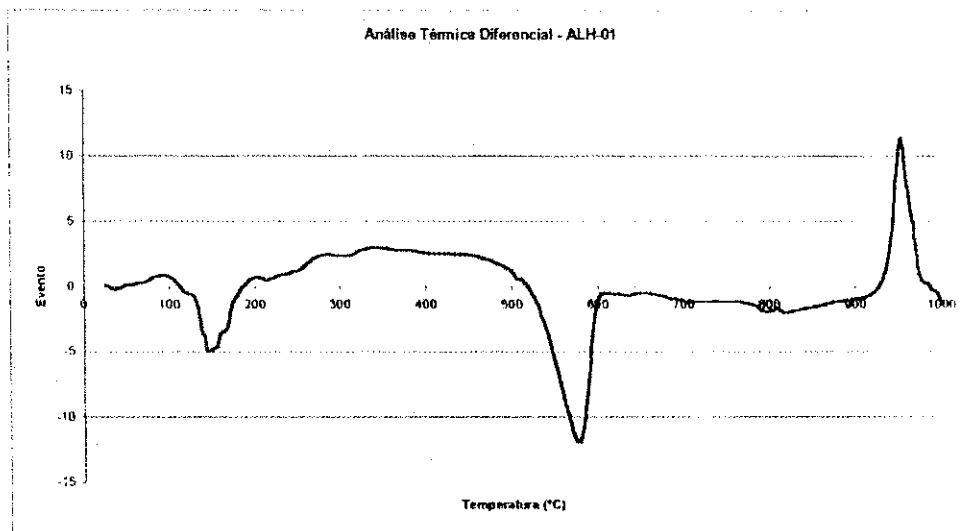
- Pico exotérmico de 40°C a 105°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 110°C a 200°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 210°C a 650°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 510°C a 570°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de base larga de 700°C a 810°C referente a formação da metacaulinita;
- Pequeno pico endotérmico de 890°C a 900°C relativo a perda da estrutura da metacaulinita;
- Pico exotérmico de 910°C a 960°C referente a nucleação da mulita.



5.35 -Termograma da amostra GUR-01

Amostra GUR-01 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 40°C a 110°C relacionado a queima de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 110°C a 190°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 190°C a 510°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 510°C a 600°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de 600°C a 630°C produzido pelo carbono tipo grafita;
- Pico exotérmico de 920°C a 960°C referente a nucleação da mulita.



5.36 -Termograma da amostra ALH-01

Amostra ALH-01 – Apresentou:

- Pico exotérmico de 50°C a 100°C queima de matéria orgânica;
- Pequeno pico endotérmico de 110°C a 180°C referente a liberação de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais;
- Pico exotérmico de base larga de 190°C a 510°C referente a combustão de matéria orgânica;
- Pico endotérmico de 510°C a 600°C referente a perda de hidroxila;
- Pico exotérmico de 920°C a 970°C referente a nucleação da mulita.

5.2 - ENSAIOS TECNOLÓGICOS DAS AMOSTRAS SELECIONADAS

5.2.1 - Ensaios preliminares de argilas visando sua aplicação cerâmica com base nas cores após secagem e queima e nos característicos cerâmicos em cinco temperaturas.

Com base na tabela 5.26, que representa as cores das argilas industriais padrões brasileiras, comparamos as cores dos corpos de provas, após secagem a 110°C e após queima a 950°C, 1050°C, 1250°C e 1450°C. As cores apresentadas após secagem a 100°C e após queima nas diversas temperaturas mencionadas, encontram-se na tabela 5.27.

Classificação com base na cor

Argilas para cerâmica vermelha geralmente apresentam, após queima a 950°C, a cor vermelha. Após queima a 1250°C a cor pode ser vermelha escura, marrom ou preta, sendo as duas últimas cores indicativas de superqueima. Por superqueima entende-se os seguintes fatos:

- a) mudança brusca da cor vermelha para marrom escura ou preta.
- b) aparecimento de bolhas internas ou superficiais;
- c) os corpos de prova aderem entre si e não podem ser separados;
- d) os corpos de prova incham ou expandem devido a formação de bolhas internas.

As argilas para cerâmica branca apresentam após secagem a 110°C e queima a 950°C cores branca, creme, rosa, cinza, em tonalidades claras. Após queima a 1250°C que é a temperatura aproximada de queima de produtos de cerâmica branca, as argilas devem apresentar cor branca, contudo são toleráveis cores como cinza clara e creme clara dada a tendência atual para massas ligeiramente escuras em lugar do branco tradicional. Após queima a 1450°C as cores podem ser branca, creme, cinza ou marrom com variações de tonalidade.

As argilas para fabricação de materiais refratários apresentam cores claras a 950°C, 1250°C e 1450°C.

Uso Cerâmico	100°C	950°C	1250°C	1450°C
Cerâmica Vermelha	Vermelha, vermelha alaranjada, verde, violácea, marrom avermelhada, preta, cinza avermelhada.	Amarela, vermelha em diversas tonalidade.	Vermelha clara, vermelha escura, marrom clara, marrom escura e preta.	Cinza escura, marrom escura e preta.
Cerâmica Branca - Caulins	Branca, creme clara, rosa clara, rosa escura.	Branca, rosa clara, creme clara	Branca, rosa clara, creme clara, sem manchas escuras.	Branca, creme e cinza clara, sem manchas escuras
Cerâmica Branca - Filitos Cerâmicos e Materiais Fundentes	Branca, cinza esverdeada, creme clara, amarela clara.	Branca, rosa clara, rosa escura, creme clara.	Marrom, cinza amarrugada, cinza clara, cinza escura, branca	Cinza esverdeada, cinza clara, cinza escura e creme clara
Cerâmica Branca - Argilas Plásticas	Preta azulada, cinza clara, cinza escura, creme clara e branca.	Branca, creme clara, cinza clara, amarela.	Branca, creme clara, cinza clara, amarelada.	Branca, creme clara, cinza clara
Materiais Refratários Silico-Alummosos	Branco, cinza clara, cinza escura, preta.	Branca, rosa clara, creme clara, cinza clara	Branca, creme clara, cinza clara, amarela clara.	Branca, creme clara, cinza clara, cinza escura, marrom escura (3)

Tabela 5.26 – Classificação de argilas para fins cerâmicos pelas cores no estado cru e após a queima em várias temperaturas.

- Notas :
- 1) Dentro do grupo de Cerâmica Vermelha, algumas argilas que adquirem cor marrom escura ou preta a 1250°C, pode, superqueimar com ou sem expansão nessas temperaturas, fundindo com perda de forma a 1450°C. As argilas que expandem devem ser consideradas para ensaios de agregado leve.
 - 2) Os filitos e materiais fundentes apresentam vitrificados a 1250°C, fundindo e havendo perda de forma dos corpos de prova a 1450°C.
 - 3) Os corpos de provas podem trincar e empenar, mas não devem perder a forma original por fusão.

Amostra	Seca a 110°C	Cor após a queima			
		950°C	1050°C	1250°C	1450°C
STR-01	cinza	vermelho alaranjado	vermelho	marrom avermelhado	ND
STR-02	cinza	vermelho alaranjado	vermelho	marrom avermelhado	ND
STR-03	cinza escuro	vermelho	vermelho escuro	marrom	ND
RTI-01	cinza escuro	vermelho claro	vermelho	marrom	ND
RTI-02	cinza escuro	creme	vermelho claro	marrom	ND
MAG-01	cinza claro	creme claro	creme	laranja claro	marrom
JAC-01	marrom claro	vermelho claro	vermelho	marrom	ND
GAB-01	cinza escuro	vermelho alaranjado	vermelho	marrom	ND
GAB-02	cinza escuro	vermelho	vermelho escuro	marrom avermelhado	ND
GAB-03	cinza escuro	vermelho	vermelho escuro	marrom escuro	ND
MUG-01	cinza esverdeado	vermelho	vermelho escuro	marrom escuro	ND
MUG-02	cinza	vermelho alaranjado	vermelho	marrom avermelhado	ND
MUG-03	cinza	vermelho	vermelho escuro	marrom escuro	ND
MUG-04	cinza escuro	vermelho	vermelho escuro	marrom	ND
MUG-05	cinza escuro	vermelho alaranjado	vermelho escuro	marrom escuro	ND
MAR-01	cinza	vermelho	vermelho escuro	marrom	ND
GUR-01	cinza esverdeado	vermelho	vermelho escuro	marrom	ND
ALH-01	cinza claro	creme claro	creme	creme escuro	marrom

ND – Não Determinado

Tabela 5.27 – Cores dos corpos de provas das dezoito amostras em diferentes temperaturas de queima.

Argilas para cerâmica vermelha

Todas as amostras apresentaram cores características para uso em cerâmica vermelha no estado cru (seco a 110°C). Para as queimas a 950°C e 1050°C, o mesmo acontece, com exceção das amostras MAG-01 e ALH-01, que apresentaram cores creme e creme claro. Isto não quer dizer que tais amostras não possam ser utilizadas na indústria de cerâmica vermelha, porém, o mercado desta indústria procura em maior quantidade as cerâmicas com tons avermelhados e alaranjados, ficando as cerâmicas de tonalidade creme com uma fatia bem menor do mercado.

Após a temperatura de 1250°C todas as amostras, com exceção de MAG-01 e ALH-01, apresentaram superqueima, impossibilitando seu uso na indústria de cerâmica vermelha. MAG-01 apresentou uma coloração alaranjada, possibilitando seu uso na indústria de cerâmica vermelha, o mesmo não acontece

com ALH-01 que apresentou uma coloração creme. Porém, vale salientar, que a temperatura de 1250°C dificilmente é utilizada em tais indústrias.

Argilas para cerâmica branca

As argilas empregadas em indústria de cerâmica branca devem apresentar após a queima a 1250°C, que é a temperatura aproximada de queima de produtos de cerâmica branca, cor branca, sendo toleráveis cinza claro e creme claro. Assim, as amostras MAG-01 e ALH-01 apresentaram coloração que pode satisfazer tal exigência.

Argilas para fabricação de materiais refratários

As argilas desse grupo apresentam cores claras a 950°C, 1250°C e 1450°C. As amostras estudadas, MAG-01 e ALH-01, apresentaram cores características de materiais com usos prováveis para fabricação de refratários silico-aluminosos.

Assim, podemos classificar as amostras com base em sua cor após queima como utilizáveis nas seguintes indústrias:

Amostra	Indústria
STR-01	Indústria de cerâmica vermelha
STR-02	Indústria de cerâmica vermelha
STR-03	Indústria de cerâmica vermelha
RTI-01	Indústria de cerâmica vermelha
RTI-02	Indústria de cerâmica vermelha
MAG-01	Indústria de cerâmica branca e refratária
JAC-01	Indústria de cerâmica vermelha
GAB-01	Indústria de cerâmica vermelha
GAB-02	Indústria de cerâmica vermelha
GAB-03	Indústria de cerâmica vermelha
MUG-01	Indústria de cerâmica vermelha
MUG-02	Indústria de cerâmica vermelha
MUG-03	Indústria de cerâmica vermelha
MUG-04	Indústria de cerâmica vermelha
MUG-05	Indústria de cerâmica vermelha
MAR-01	Indústria de cerâmica vermelha
GUR-01	Indústria de cerâmica vermelha
ALH-01	Indústria de cerâmica branca e refratária

Tabela 5.27 – Uso das amostras com base em sua cor após queima.

5.2.2 – Ensaio completo de argilas para indústria cerâmica

Os valores encontrados para a caracterização cerâmica dos corpos de prova, secos a 110°C e após a queima, encontram-se nas tabelas de 5.28 a 5.45.

Os valores encontrados foram comparados com valores limites contidos em referência (4), que estão apresentados na tabela 5.46 e 5.47

Classificação das amostras quanto a sua utilização

Amostra STR-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra STR-02 Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furado
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra STR-03 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra RTI-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra RTI-02 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados.
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados .

Amostra MAG-01 – Devido a sua coloração em tons claros, como o creme claro e o creme, a amostra pode ser utilizada perfeitamente na confecção de peças na indústria de cerâmica branca. A argila também apresentou qualidades refratárias, servindo também para a confecção de peças refratárias. Na indústria de cerâmica vermelha, no caso particular das telhas, existe uma procura por peças de tonalidade creme, com a finalidade de efeitos variados na arquitetura. Ficando essa amostra apta a confecção de tijolos e telhas a 950°C.

Amostra JAC-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria.
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria e tijolos.

Amostra GAB-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra GAB-02 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados.
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados.

Amostra GAB-03 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C - Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra MUG-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados.
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra MUG-02 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados.
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra MUG-03 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra MUG-04 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra MUG-05 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C e a 1050 C ° – Tijolos de alvenaria

Amostra MAR-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria, tijolos furados e telhas.

Amostra GUR-01 – Devido a coloração de sua queima a amostra enquadra-se em argilas utilizáveis na indústria de cerâmica vermelha. Por efeito comparativo com as tabelas 5.46 e 5.47 temos que seu uso provável na indústria pode ser:

- Queimado a 950°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados
- Queimado a 1050°C – Tijolos de alvenaria e tijolos furados.

Amostra ALH-01 – Devido a sua coloração em tons claros, como o creme claro e o creme, a amostra pode ser utilizada perfeitamente na confecção de peças na indústria de cerâmica branca. A argila também apresentou qualidades refratárias, servindo também para a confecção de peças refratárias. Na indústria de cerâmica vermelha, no caso particular das telhas, existe uma procura por peças de tonalidade creme, com a finalidade de efeitos variados na arquitetura. Ficando essa amostra apta a confecção de tijolos e telhas a 950°C.

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza
	Retração Linear (%)	0,82
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,6
950°C	Cor	Vermelho Alaranjado
	Retração Linear de Queima (%)	1,1
	Absorção (%)	13,03
	Porosidade Aparente (%)	21,4
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,05
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	8,39
1050°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	3,41
	Absorção (%)	8,03
	Porosidade Aparente (%)	16,18
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,09
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	12,85
1250°C	Cor	Marrom Avermelhado
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.28 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra STR-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza
	Retração Linear (%)	0,88
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,65
950°C	Cor	Vermelho Alaranjado
	Retração Linear de Queima (%)	0,59
	Absorção (%)	13,87
	Porosidade Aparente (%)	24,34
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,09
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	8,51
1050°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	2,72
	Absorção (%)	10,1
	Porosidade Aparente (%)	19,52
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,18
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	13,68
1250°C	Cor	Marrom Avermelhado
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.29 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra STR-02

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,95
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2,98
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0,97
	Absorção (%)	11,45
	Porosidade Aparente (%)	22,45
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,87
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	7,92
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	3,24
	Absorção (%)	8,61
	Porosidade Aparente (%)	15,76
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,02
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	11,84
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ – Superqueima

Tabela 5.30 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra STR-03

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,33
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2,64
950°C	Cor	Vermelho Claro
	Retração Linear de Queima (%)	1,35
	Absorção (%)	14,26
	Porosidade Aparente (%)	22,78
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,90
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	6,02
1050°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	4,07
	Absorção (%)	8,15
	Porosidade Aparente (%)	16,46
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,14
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	12,45
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.31 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra RTI-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	1,11
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2,61
950°C	Cor	Creme
	Retração Linear de Queima (%)	0,38
	Absorção (%)	12,83
	Porosidade Aparente (%)	22,77
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,96
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	5,94
1050°C	Cor	Vermelho Claro
	Retração Linear de Queima (%)	2,03
	Absorção (%)	10,25
	Porosidade Aparente (%)	20,45
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,07
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	8,81
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.32 - Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra RTI-02

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Claro
	Retração Linear (%)	2,45
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	4,11
950°C	Cor	Creme Claro
	Retração Linear de Queima (%)	0,86
	Absorção (%)	18,35
	Porosidade Aparente (%)	35,45
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,69
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	9,78
1050°C	Cor	Creme
	Retração Linear de Queima (%)	3,85
	Absorção (%)	16,32
	Porosidade Aparente (%)	33,45
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,75
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	15,45
1250°C	Cor	Laranja Claro
	Retração Linear de Queima (%)	7,25
	Absorção (%)	10,26
	Porosidade Aparente (%)	25,32
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,00
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	32,27
1450°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	11,49
	Absorção (%)	1,29
	Porosidade Aparente (%)	3,2
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,31
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	63,39

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.33 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MAG-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Marrom Claro
	Retração Linear (%)	0,74
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2,12
950°C	Cor	Vermelho Claro
	Retração Linear de Queima (%)	0,17
	Absorção (%)	13,25
	Porosidade Aparente (%)	25,41
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,90
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	5,32
1050°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	1,45
	Absorção (%)	11,43
	Porosidade Aparente (%)	22,70
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,95
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	6,27
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.34 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra JAC-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,58
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,76
950°C	Cor	Vermelho Alaranjado
	Retração Linear de Queima (%)	0,25
	Absorção (%)	15,12
	Porosidade Aparente (%)	24,54
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,82
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	11,54
1050°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	4,45
	Absorção (%)	6,22
	Porosidade Aparente (%)	19,53
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,00
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	15,02
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.35 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GAB-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,55
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	1,94
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0,17
	Absorção (%)	29,05
	Porosidade Aparente (%)	23,59
	Massa Especifica Aparente (g/cm ³)	1,72
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,79
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	1,28
	Absorção (%)	20,56
	Porosidade Aparente (%)	21,45
	Massa Especifica Aparente (g/cm ³)	1,88
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	6,40
1250°C	Cor	Marrom Avermelhado
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Especifica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Especifica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.36 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GAB-02

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,47
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,21
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0,35
	Absorção (%)	14,21
	Porosidade Aparente (%)	22,30
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,96
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	9,78
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	1,58
	Absorção (%)	8,80
	Porosidade Aparente (%)	17,13
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,10
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	14,60
1250°C	Cor	Marrom Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.37 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GAB-03

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Esverdeado
	Retração Linear (%)	0.45
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2.62
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0.14
	Absorção (%)	13.09
	Porosidade Aparente (%)	23.44
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1.91
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	5.81
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	0.37
	Absorção (%)	11.23
	Porosidade Aparente (%)	19.21
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1.95
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	6.52
1250°C	Cor	Marrom Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.38 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza
	Retração Linear (%)	1,11
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2,88
950°C	Cor	Vermelho Alaranjado
	Retração Linear de Queima (%)	0,25
	Absorção (%)	13,08
	Porosidade Aparente (%)	20,78
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,91
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	5,99
1050°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0,56
	Absorção (%)	9,35
	Porosidade Aparente (%)	15,37
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,99
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	8,49
1250°C	Cor	Marrom Avermelhado
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ – Superqueima

Tabela 5.39 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-02

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza
	Retração Linear (%)	0.36
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3.07
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0.18
	Absorção (%)	15.45
	Porosidade Aparente (%)	21.42
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1.84
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	6.78
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	4.90
	Absorção (%)	4.25
	Porosidade Aparente (%)	11.12
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2.10
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	10.47
1250°C	Cor	Marrom Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.40 Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MU'G-03

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,45
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,46
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0,46
	Absorção (%)	13,49
	Porosidade Aparente (%)	22,21
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,98
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	9,78
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	2,45
	Absorção (%)	8,46
	Porosidade Aparente (%)	18,65
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,12
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	13,74
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ – Superqueima

Tabela 5.41 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-04

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,37
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	1,88
950°C	Cor	Vermelho Alaranjado
	Retração Linear de Queima (%)	0,07
	Absorção (%)	12,12
	Porosidade Aparente (%)	22,78
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,97
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3,75
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	0,14
	Absorção (%)	11,51
	Porosidade Aparente (%)	20,49
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,99
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	5,45
1250°C	Cor	Marrom Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ – Superqueima

Tabela 5.42 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MUG-05

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0,46
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	2,98
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0,53
	Absorção (%)	13,74
	Porosidade Aparente (%)	20,78
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,94
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	8,62
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	1,46
	Absorção (%)	10,18
	Porosidade Aparente (%)	18,84
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,07
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	14,54
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.43 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra MAR-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Escuro
	Retração Linear (%)	0.81
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	3.48
950°C	Cor	Vermelho
	Retração Linear de Queima (%)	0.16
	Absorção (%)	12.48
	Porosidade Aparente (%)	24.51
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1.95
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	8.51
1050°C	Cor	Vermelho Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	0.74
	Absorção (%)	10.78
	Porosidade Aparente (%)	21.48
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2.01
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	11.81
1250°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	SQ
	Absorção (%)	SQ
	Porosidade Aparente (%)	SQ
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	SQ
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	SQ
1450°C	Cor	ND
	Retração Linear de Queima (%)	ND
	Absorção (%)	ND
	Porosidade Aparente (%)	ND
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	ND
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	ND

ND - Não Determinado

SQ - Superqueima

Tabela 5.44 - Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra GUR-01

Temperatura	Propriedades	Resultados
110°C	Cor	Cinza Claro
	Retração Linear (%)	0,69
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	6,67
950°C	Cor	Creme Claro
	Retração Linear de Queima (%)	1,96
	Absorção (%)	14,63
	Porosidade Aparente (%)	32,74
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,53
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	12,95
1050°C	Cor	Creme
	Retração Linear de Queima (%)	6,50
	Absorção (%)	11,76
	Porosidade Aparente (%)	28,31
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	1,92
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	17,40
1250°C	Cor	Creme Escuro
	Retração Linear de Queima (%)	10,48
	Absorção (%)	7,65
	Porosidade Aparente (%)	17,93
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,16
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	24,76
1450°C	Cor	Marrom
	Retração Linear de Queima (%)	8,24
	Absorção (%)	5,99
	Porosidade Aparente (%)	12,84
	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,01
	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	86,40

ND - Não Determinado

SQ – Superqueima

Tabela 5.45 – Resultados de ensaios físico-mecânicos da amostra ALII-01

Cerâmica vermelha				
Queimas	110°C	950°C	1250°C	1450°C
Tensão de ruptura (MPa)	0,3 - 7	5 - 30,5	6 - 38	15 - 35
Absorção de água (%)	-	3 - 25	0 - 30	0 - 2,5
Porosidade aparente (%)	-	5 - 42	1 - 30	0 - 3,0
Massa específica (g/cm ³)	-	1,6 - 2,4	0,8 - 2,8	2 - 2,7

Caulins primários				
Queimas	110°C	950°C	1250°C	1450°C
Tensão de ruptura (MPa)	0,1 - 1,1	1,8 - 8	8 - 30	12 - 100
Absorção de água (%)	-	20 - 26	10 - 16	0,2 - 3
Porosidade aparente (%)	-	36 - 42	22 - 32	2 - 13
Massa específica (g/cm ³)	-	1,5 - 1,7	1,6 - 2,2	2,3 - 2,6

Argilas plásticas refratárias				
Queimas	110°C	950°C	1250°C	1450°C
Tensão de ruptura (MPa)	1 - 6	2 - 24,5	5 - 43	2,5 - 75
Absorção de água (%)	-	10 - 55	1 - 35	0 - 20
Porosidade aparente (%)	-	19 - 60	1 - 53	1 - 38
Massa específica (g/cm ³)	-	1,2 - 2,2	1,6 - 2,8	1,7 - 2,6

Filitos				
Queimas	110°C	950°C	1250°C	1450°C
Tensão de ruptura (MPa)	1 - 6	0,2 - 26,5	0,5 - 43	2,5 - 75
Absorção de água (%)	-	10 - 55	1 - 35	0 - 20
Porosidade aparente (%)	-	19 - 60	1 - 53	1 - 38
Massa específica (g/cm ³)	-	1,2 - 2,2	1,6 - 2,8	1,7 - 2,6

Tabela 5.45 - Faixa de variação dos característicos cerâmicos das argilas padrões brasileiras após queima em diversas temperaturas (Souza Santos, 1975)

Massa Cerâmica	Para tijolo de alvenaria	Para tijolos furados	Para telhas	Para ladrilhos e piso vermelhos
Tensão de ruptura de massa seca a 110°C (mínima)	1,5 MPa	2,5 MPa	3 MPa	-
Tensão de ruptura da massa após a queima (mínima)	2 MPa	5,5 MPa	6,5 Mpa	-
Absorção de água após a queima (máxima)	-	25%	20%	Abaixo de 1%
Cor após a queima	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha sem manchas pretas

Tabela 5.46 – Valores limites recomendados para que uma massa cerâmica possa ser utilizada na fabricação de tijolos, telhas e ladrilhos de piso.

(Souza Santos, 1975)

Capítulo 6

CONCLUSÕES

Além das conclusões alcançadas ao longo da dissertação, os resultados obtidos permitiram ainda concluir que:

- a região meio leste da Paraíba apresenta um perfil voltado para a implementação de indústrias de cerâmica vermelha, pois 89% dessas amostras se enquadraram nesse perfil.
- dois depósitos de argilas, um em Mamanguape e outro em Alhandra, apresentaram características excelentes para a utilização na indústria de cerâmica branca e refratária.
- pode-se dividir a região estudada em duas: uma no Litoral (Santa Rita, Rio Tinto, Mamanguape, Jacaraú e Alhandra) e outra no Brejo (Guarabira, Mulungu, Gurinhém, Mari). A região do Litoral dispõe de materiais a serem utilizados na região da grande João Pessoa. Nessa região encontram-se perfis voltados para indústrias de cerâmica vermelha, depósitos em Santa Rita, Rio Tinto e Jacarúia e para indústria branca e refratária, Mamanguape e Alhandra. A região do brejo tem um perfil voltado apenas para a indústria vermelha, atendendo além da região da grande João Pessoa, a região de Campina Grande e outras cidades da Paraíba. Ressalta-se na região do brejo, entre os materiais possíveis para produção, a confecção de tijolos furados e telhas.
- as amostras ensaiadas apresentaram, em sua grande maioria, grande quantidade de fração fina (Silte + Argila), sendo todos classificados como solos finos

- a maioria das amostras apresenta excelentes níveis de plasticidade. Observou-se que das argilas estudadas 72,22% foram classificadas como plástica ou excessivamente plástica. 16,67% de plasticidade excelente 16,67% e apenas 11,12% como de plasticidade regular ou fraca
- a análise química revelou a presença de percentuais elevados de Fe_2O_3 , que além de ser uma material fundente atribui as cerâmicas uma tonalidade avermelhada.
- a amostra RTI-02 apresentou composição química similar a de outras argilas para cerâmica vermelha, observando um teor mais elevado de óxido de alumínio, o que poderia proporcionar qualidades refratárias. Porém, devido ao grande percentual de óxido de ferro, sódio e potássio, todos materiais fundentes, o material fica impossibilitado de apresentar propriedades refratárias.
- as amostras coletadas no município de Mamanguape e Alhandra, MAG-01 e ALH-01, apresentaram um teor elevado de óxido de alumínio e baixo teor de óxido de ferro, sódio e potássio, o que lhes proporcionaram excelentes qualidades refratárias.
- a difração de raios X revelou a presença do mineral quartzo tipo alfa e de argilominerais como a caulinita e a illita, não encontrando nenhum vestígio de outros argilominerais.

Por fim, pode-se concluir que as jazidas estudadas em Santa Rira, Rio Tinto, Mamanguape, Jacaraú e Alhandra, são adequadas ao uso industrial para fabricação de produtos que utilizam argilas típicas de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas, assim como também pode-se concluir que os depósitos de argilas em Mamanguape e Alhandra servem para a industrialização de produtos cerâmicos refratários os quais tem utilização prática nas construções de fornos.

Assim, com certeza, pode-se indicar que as regiões estudadas oferecem condições técnicas para a instalação de indústrias de cerâmica, que devido ao alto grau de utilização de recursos humanos constituirão um potencial econômico para a melhoria de renda, portanto da qualidade de vida dos homens e mulheres da região

Capítulo 7

SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Ao concluir este trabalho, sugere-se a realização de futuras pesquisas, tais como

- A continuidade deste trabalho de caracterização e aplicação industrial de argilas proveniente de outras jazidas da região, e de demais regiões do estado, formando um mapeamento mais completo das jazidas da Paraíba
- Estudar um plano de exploração de jazidas mais racional e com menores danos ao meio ambiente.
- Estudar a mistura de diferentes solos, não só da mesma jazida, mas também de jazidas diferentes, de modo a determinar a melhor composição de mistura na qualidade do produto.
- Identificação dos grupos de argilominerais predominantes nas amostras obtidas de campo, para correlacioná-las com a geologia do local e sua formação.
- Correlacionar o produto final com a composição mineralógica e propriedades de massa argilosa, de modo a direcionar a indústria cerâmica para a produção de determinados tipos de produtos.

BIBLIOGRAFIA

1. MACEDO, R.G., (1997). *Estudos das Matérias-Primas e Tijolos Cerâmicos Furados produzidos no Estado da Paraíba*, Dissertação de Mestrado, DEQ - UFPB
2. GRIM, R. E., (1962). *Applied Clay Mineralogy*, Editora McGraw - Hill Book Company, New York
3. SANTOS, P. S., (1975). *Tecnologia de Argilas*, Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, Volume I e II.
4. ALBUQUERQUE, E. F., (1999). *Caracterização e Aplicação industriais de argilas da Região Centro Sul do estado de Sergipe*. Dissertação de Mestrado, CCPGEC - UFPB.
5. PILEGGI, P., (1958). *Cerâmica no Brasil e no mundo*, Editora Martins, São Paulo.
6. NORTON, F.H., (1973). *Introdução à tecnologia cerâmica*, tradução de Jefferson Vieira, Editora Edgard Blucher, São Paulo.
7. VERÇOZA, E.J., (1975). *Materiais de Construção*, Volume 1, 2ª Edição, Editora Sagra, Porto Alegre.
8. ABREU, S.F., (1960). *Recursos Minerais do Brasil*, Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, Rio de Janeiro.
9. FERREIRA, H.C., (1972). *Ensaio de laboratório e especificações para argilas brasileiras visando usos industriais*, Dissertação de Mestrado, DEQ-EPUSP.
10. DURÃES, R.F., (1983). *Como iniciar uma indústria de tijolos - Parte I*, Cerâmica 29(164), 17-A.
11. BARZAGHI, L. E. SALGE, A; (1982). *Argilas para materiais de construção*, Cerâmica 28(151).
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984), *NBR-7181-Análise Granulométrica*,
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984), *NBR-6459 - Determinação do limite de liquidez*.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *NBR-7180-Determinação do limite de plasticidade.*
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *NBR-6221-Determinação da Massa Específica Real (Método do Pícnômetro)*
16. GOMES, C.F. (1986). *Argilas - O que são e para que servem.* Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal
17. TÉCNICAS E MÉTODOS 12, (1981). *Métodos de análise química adotados para a certificação de amostras padrão de calcário.* IPT, São Paulo
18. MORO, S.L.; SANTINI, P. (1996). *A análise química e outros ensaios químicos utilizados para o estudo de argilas.* Cerâmica 12 (47-48), p. 203.
19. SANTINI, P.; MORO, S.L. (1967). *Métodos de análise químicas adotados no IPT.* Publicação 771 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.
20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). *NBR-6220-Determinação da Massa Específica Aparente, Absorção de Água e Porosidade Aparente.*
21. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). *NBR-13.818-Determinação da Tensão de Ruptura a Flexão, anexo C.*
22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *AB-318-Determinação de módulo de ruptura de argilas, argamassas, concretos e cimentos refratários.*
23. ATLAS GEOGRÁFICO DA PARAÍBA (1985). *Governo do Estado da Paraíba e Universidade Federal da Paraíba, Editora Grafset, João Pessoa.*
24. AVALIAÇÃO DA PLASTICIDADE (1992). *Laboratório de Reologia, Escola Senai Mário Amato.*
25. CAPUTO, H.P. (1988). *Mecânica dos Solos e suas aplicações.* Livros técnicos e Científicos Editora, Voume I, II e III.