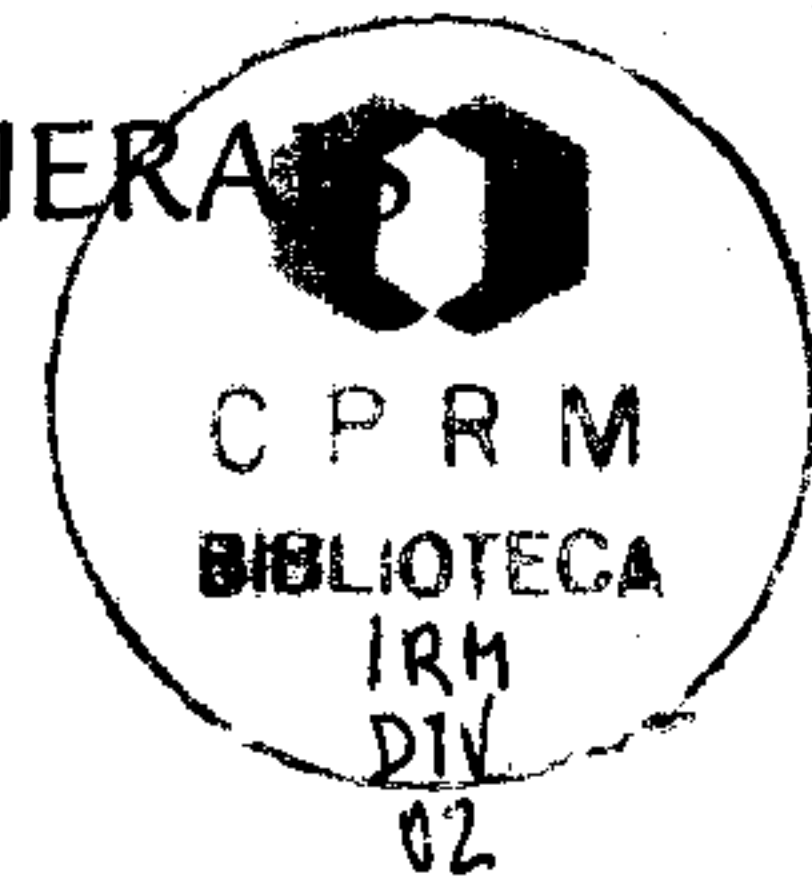


IRM
DIV
02
S

INFORME DE RECURSOS MINERAIS



Série Diversos, Nº 02

**ARGILAS NOBRES E ZEOLITAS
NA BACIA DO PARNAÍBA**

Belém
1997

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Raimundo Brito
Ministro de Estado

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

Otto Bittencourt Netto
Secretário

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

Carlos Oití Berbert
Diretor-Presidente

Antonio Juarez Milmann Martins
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Augusto Wagner Padilha Martins
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Gil Pereira de Souza Azevedo
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

José de Sampaio Portela Nunes
Diretor de Administração e Finanças

Mário Farina
Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Soares Bezerra
Superintendente Regional de Recife

Xafi da Silva Jorge João
Superintendente Regional de Belém

T 000 1413

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Recursos Minerais



I/2004

ARGILAS NOBRES E ZEOLITAS NA BACIA DO PARNAÍBA
Relatório Final de Projeto

Nélio das Graças de Andrade da Mata Rezende

Superintendência Regional de Belém
Dezembro / 1997

EQUIPE TÉCNICA

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

*Geólogo Adeílson Alves Wanderley e
Geólogo Marinho Alves Filho – CPRM/Recife*

*Geólogo Orlando José Barros de Araújo e
Geólogo Paulo Augusto da Costa Marinho –
CPRM/Belém*

Supervisor de Projetos

*Geólogo Antônio José Barbosa e
Geólogo Carlos Alberto Cavalcanti Lins –
CPRM/Recife*

*Geólogo José Maria do Nascimento Pastana
e Geóloga Maria Telma Lins Faraco – CPRM/
Belém*

Chefe do Projeto

*Geólogo Nélio das Graças de Andrade da Mata
Rezende – CPRM/Belém*

Executores

*Geólogo Dunaldson Elieser Guedes Alcoforado da
Rocha – CPRM/Recife*

*Geólogo Nélio das Graças de Andrade da Mata
Rezende – CPRM/Belém*

Bibliografia

*Bibliotecária Maria Léa Rebouças de Paula –
CPRM/Belém*

Participação Especial

Geólogo Rômulo Simões Angélica – CPRM/Belém

Digitação

*Téc. Proc. de Dados Tania Keyler Coelho de Argolo
– CPRM/Belém*

Digitalização

*Técnico em Cartografia Alexandre Dias Carvalho -
CPRM/Belém*

Editoração final e impressão pela Superintendência Regional de Porto Alegre

Coordenação: Luís Edmundo Giffoni
Digitação: Gualtério Souto Cássia

Informe de Recursos Minerais, Série Diversos, n.º 2

Rezende, Nélio G. A. M.

Argilas nobres e zeolitas na bacia do Parnaíba; relatório final de projeto. –
Belém: CPRM, 1997.

33 p. il. 30 cm.

1. Geologia Econômica – Minerais Industriais – Argilas - Zeolitas.
I. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. II Título.

CDD 553.6813

O Informe de Recursos Minerais objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades técnicas da CPRM nos campos da geologia econômica, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados em diversos tipos de mapas, artigos bibliográficos, relatórios e estudos.

Em função dos temas abordados são distinguidas oito séries de publicações, nominadas abaixo, e cujas listagens são apresentadas ao fim deste Informe:

- 1) Série Metais do Grupo da Platina e Associados;
- 2) Série Mapas Temáticos do Ouro, escala 1:250.000;
- 3) Série Ouro – Informes Gerais;
- 4) Série Insumos Minerais para Agricultura;
- 5) Série Pedras Preciosas;
- 6) Série Economia Mineral;
- 7) Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projetos;
- 8) Série Diversos.

RESUMO	i
1 – INTRODUÇÃO	01
1.1 Por que Argilas Nobres?	01
1.2 O porquê do projeto e sua localização	01
1.3 O que procurar	01
2 – METODOLOGIA	03
2.1 Pesquisa bibliográfica.....	03
2.2 Geologia e metalogenia.....	03
2.3 Onde procurar	03
2.4 Amostragem	05
2.5 Análises	05
2.5.1 Estudo das argilas	05
2.5.2 Estudo das zeolitas	05
2.6 Dados físicos de produção.....	06
3 – ATAPULGITA / PLYGORSKITA	07
3.1 O que é.....	07
3.2 Importância e usos	07
3.3 Ocorrências de Guadalupe (PI).....	07
3.3.1 Geologia local	08
3.3.2 O minério	08
3.3.3 Gênese do minério	08
3.3.4 Reservas.....	08
3.3.5 Ensaio tecnológicos	11
3.3.6 Considerações complementares	12
3.4. Outras ocorrências na bacia	12
4 – ESMECTITAS	14
4.1 O que são	14
4.2 Propriedades e usos	14
4.3 Esmectitas na bacia do Parnaíba.....	14
4.3.1 Generalidades	14
4.3.2 Esmectitas na Formação Corda I e Sistema Corda – Pastos Bons.....	15
4.3.3 Esmectitas na Formação Codó	17
4.3.4 Esmectitas nas formações Pedra de Fogo e Motuca.....	17
4.3.5 Esmectitas residuais.....	17
5 – ARGILAS PARA CERÂMICA	19
6 – ZEOLITAS	20
6.1 O enfoque neste relatório	20
6.2 O que são zeolitas	20
6.3 Propriedades e usos	20
6.4 Localização das ocorrências	21
6.5 Descoberta e divulgação	21
6.6 Aspectos mineralógicos e geoquímicos	21
6.7 Ensaio tecnológicos	23
6.7.1 Ensaio preliminares no BGS	23
6.7.2 Ensaio em Cuba.....	23
6.7.3 Ensaio no CETEM.....	28
7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	29
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
APÊNDICE – Características gerais das estações investigadas	33
ANEXO – Mapa geológico e de distribuição de argilas – escala 1:2.000.000	

Este relatório descreve as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos pelo Projeto Argilas Nobres na Bacia do Parnaíba, um programa de prospecção voltado para a avaliação do potencial daquela bacia sedimentar em termos de minerais industriais. A ênfase principal foi dedicada às argilas atapulgíticas e esmectíticas, bem como às zeólitas, bens minerais que comportam um amplo e diversificado campo de aplicações comerciais, como a indústria do petróleo, indústria alimentícia, metalurgia, etc., além de agricultura e controle de poluição ambiental.

Quanto às atapulgitas, a investigação regional fundamentou-se na extrapolação do conhecimento relativo aos depósitos da região de Guadalupe (PI), que apresentam diversas possibilidades de uso comercial. Outras ocorrências identificadas na bacia, não despertam interesse econômico. A aplicação industrial dessas argilas já foi parcialmente estudada, através de ensaios tecnológicos. Para seu uso em fluidos de perfuração, os resultados podem ser considerados promissores, apesar das limitações impostas pelas baixas viscosidades aparentes, que limitam o uso do minério bruto. Processos de ativação e classificação granulométrica ajustam o desempenho do minério atapulgítico nesse campo de aplicação. Um zoneamento químico,

refletido na variação do conteúdo de Mg, permite idealizar-se a possibilidade de um zoneamento mineralógico do tipo *esmectita-atapulgita-sepiolita*, passível de oferecer material mais adequado a esse fim. Desempenhos aceitáveis também foram observados no emprego para descoramento de óleos vegetais e minerais.

No que se refere às esmectitas, sua importância deve-se ao fato desses argilominerais serem os principais componentes das *bentonitas*, insumos de grande valor comercial. Foram delineados sítios favoráveis nas formações Codó, Corda I, Pedra de Fogo e Motuca, além do Sistema Corda / Pastos Bons.

Finalmente, a descoberta de significativas ocorrências de arenito zeolítico realçou o potencial mineiro da região, bem como despertou para a prospectividade em outras áreas neste país. Foram identificadas as zeólitas estilibita/stellerita e laumonita, cimentando arenitos, com espessuras significativas, em geral superiores a 10m, cuja área delineada de exposições alcança centenas de km². Ensaios de beneficiamento, e estudos sobre possíveis usos comerciais do minério, estão em andamento, com resultados preliminares interessantes.

O conteúdo deste Informe de Recursos Minerais refere-se às ações desenvolvidas e aos resultados obtidos através do **Projeto Argilas Nobres na Bacia do Parnaíba**.

A inserção do termo **zeolitas** no título desta edição técnica, deve-se à importante descoberta da ocorrência desses bens minerais na área do levantamento.

O Projeto foi inicialmente desenvolvido sob coordenação da Superintendência Regional de Recife, com apoio da Superintendência Regional de Belém. Posteriormente, por razões operacionais, esta última unidade da CPRM assumiu, integralmente, a condução dos trabalhos.

1.1 Por que Argilas Nobres?

O estudo dos minerais argilosos é complexo, trabalhoso e demorado, afluindo investigadores interessados. Além disso, as argilas não possuem beleza digna de ganharem destaque nos museus de mineralogia. Esses fatos, conforme relato no livro **Argilas - O que são e para que servem** (Gomes, 1988), levaram o Professor Bourguignon, ex-Presidente da Sociedade Geológica da Bélgica, a proferir uma conferência intitulada *A Vingança dos Minerais Párias*, uma vez que poucos materiais extraídos da terra têm tantas e tão variadas aplicações como as argilas, o que, por si só, implica em nobreza.

Assim, a interposição do termo **Nobre**, a este projeto de prospecção de argilas na bacia do Parnaíba, é uma redundância, consciente, que intenciona realçar a importância real dos principais bens

minerais procurados: argilas atapulgíticas e esmectíticas, no contexto da realidade regional.

1.2 O porquê do Projeto e sua localização

A perspectiva da identificação de recursos minerais passíveis de gerar empreendimentos mineiros, estimulando o processo de industrialização em uma área ainda carente de desenvolvimento (**Figura 1**), justificou este programa de prospecção (Rezende, 1994).

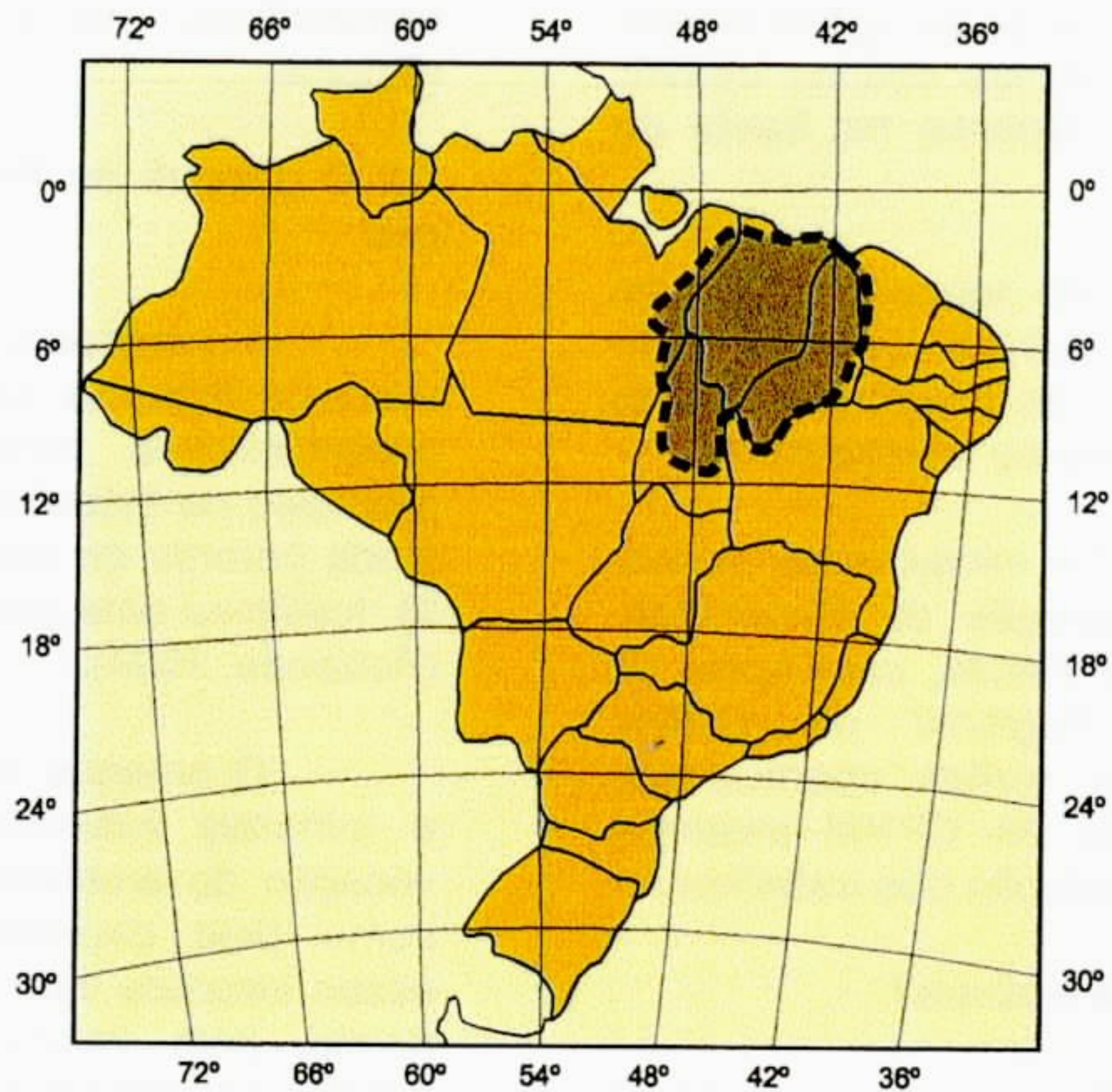
O enfoque foi centrado em rochas e minerais industriais, tanto pela maior vocação do ambiente geológico existente, como pelo crescente desempenho que esses insumos vêm apresentando na economia, com valorização substancial em relação aos minerais metálicos.

1.3 O que procurar

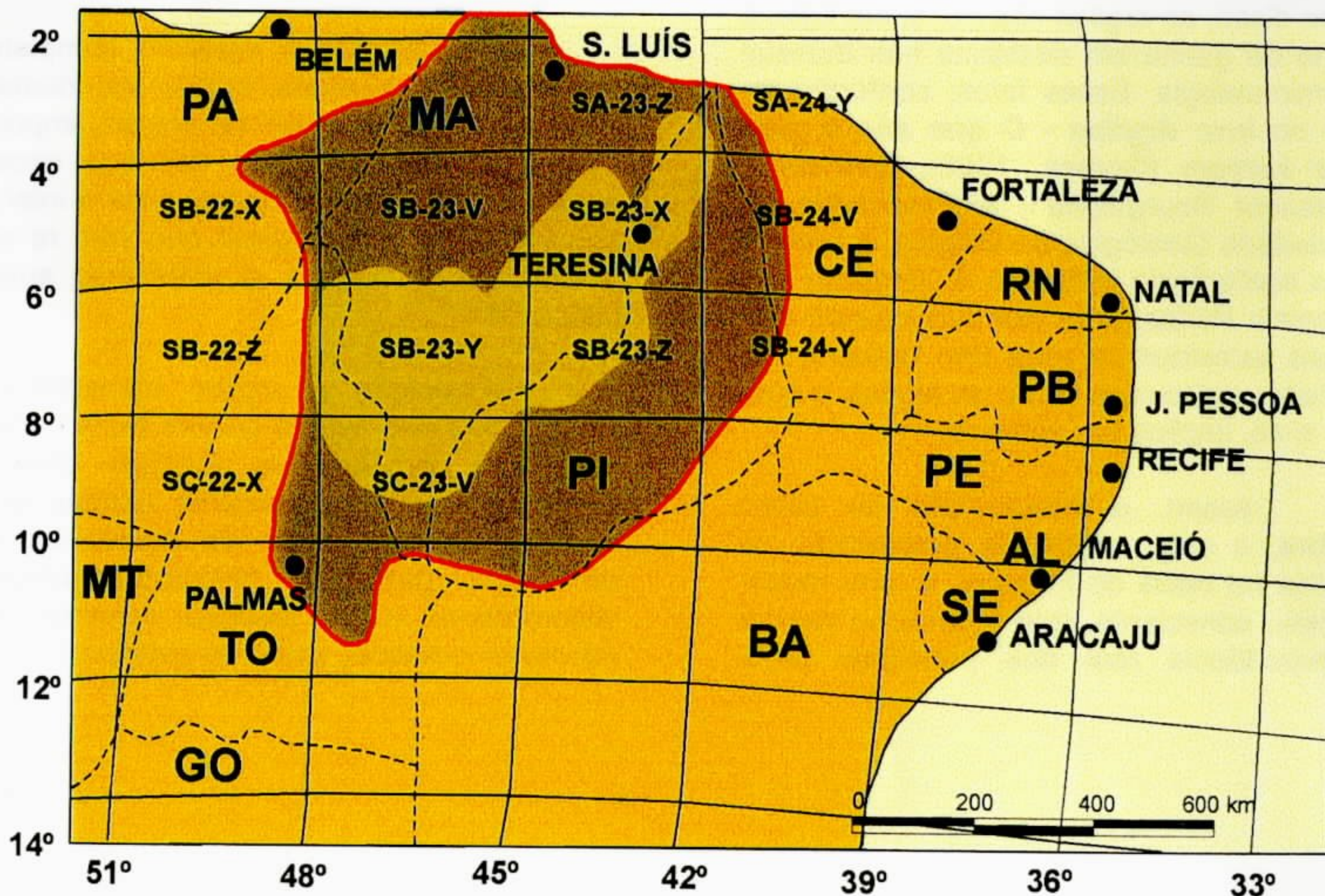
Considerado o espectro completo das rochas e minerais industriais, destacam-se alguns minerais de argilas, importantes pela multiplicidade de seus usos, campo sempre em expansão, face a intensas pesquisas tecnológicas que vêm revelando suas vantagens e ampliando suas utilizações.

Atapulgita e argilas esmectíticas (bentonitas) são alguns desses bens minerais, com demanda em contínuo crescimento, e já tradicionalmente usadas em importantes segmentos da economia. A ambiência geológica favoreceu, ainda, vislumbrar-se outros insumos minerais de interesse industrial, como as *zeolitas*.

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



Limites da bacia



Área investigada

Figura 1 - Mapas de Localização

2.1 Pesquisa Bibliográfica

Uma pesquisa bibliográfica sobre a evolução da bacia realizada sob uma ótica de prospecção, e tendo como referencial os modelos conceituais consagrados de mineralizações dos bens minerais alvos de interesse (atapulgita, bentonitas e zeolitas), definiu os amplos domínios geológicos favoráveis, delineando o contorno da área investigada. As informações básicas sobre a geologia regional (**Figura 2**) foram extraídas de Lima (1978), Caputo (1984) e Góes (1994). Considerações genéricas sobre propriedades e aplicações industriais de esmectitas e atapulgita podem ser obtidas em Santos (1989, 1992).

2.2 Gitologia e Metalogenia

A gitologia (estudo dos depósitos minerais) comparada e uma análise metalogenética foram fundamentais para estabelecer a estratégia de prospecção, considerando o panorama geológico sintetizado no **Anexo**.

As características dos argilomineerais gerados através de processos formadores de solos dependem da natureza da rocha-mãe, do clima, da topografia, da vegetação e do tempo de duração em que esses fatores operam. Esses elementos influenciam, também, nos depósitos de partículas acumuladas após sofrerem transporte.

A composição e textura da rocha-mãe são importantes, especialmente nos estágios iniciais de intemperismo. Quanto à composição, pesa o conteúdo em elementos alcalinos e alcalino terrosos, sendo que em depósitos residuais, de neoformação, é importante o tempo em que esses metais permanecem no ambiente de alteração, após liberados da rocha matriz. Condições relativamente secas, onde haja infiltração limitada de água e lixiviação pouco acentuada, favorecem a formação de esmectita (Grim, 1968; Gomes, 1988; Gillott, 1968), principais constituintes das bentonitas. Esses condicionamentos despertaram para a possibilidade da geração de esmectitas

pela alteração supergênica de basaltos e diabásios.

A composição argilomineral de sedimentos lacustres de ambientes desérticos é controlada, fundamentalmente, pela composição da área-fonte. Nesses ambientes, pressupondo-se condições de pH relativamente alcalino, podem-se formar esmectitas, atapulgita e zeolitas, especialmente quando há vinculação com episódios vulcânicos. No contexto da bacia do Parnaíba, tais características permitiram a definição de dois amplos domínios geológicos favoráveis:

a) lagunas e *playa-lakes*, sob influência marinha restrita, em condições climáticas de intensa aridez;

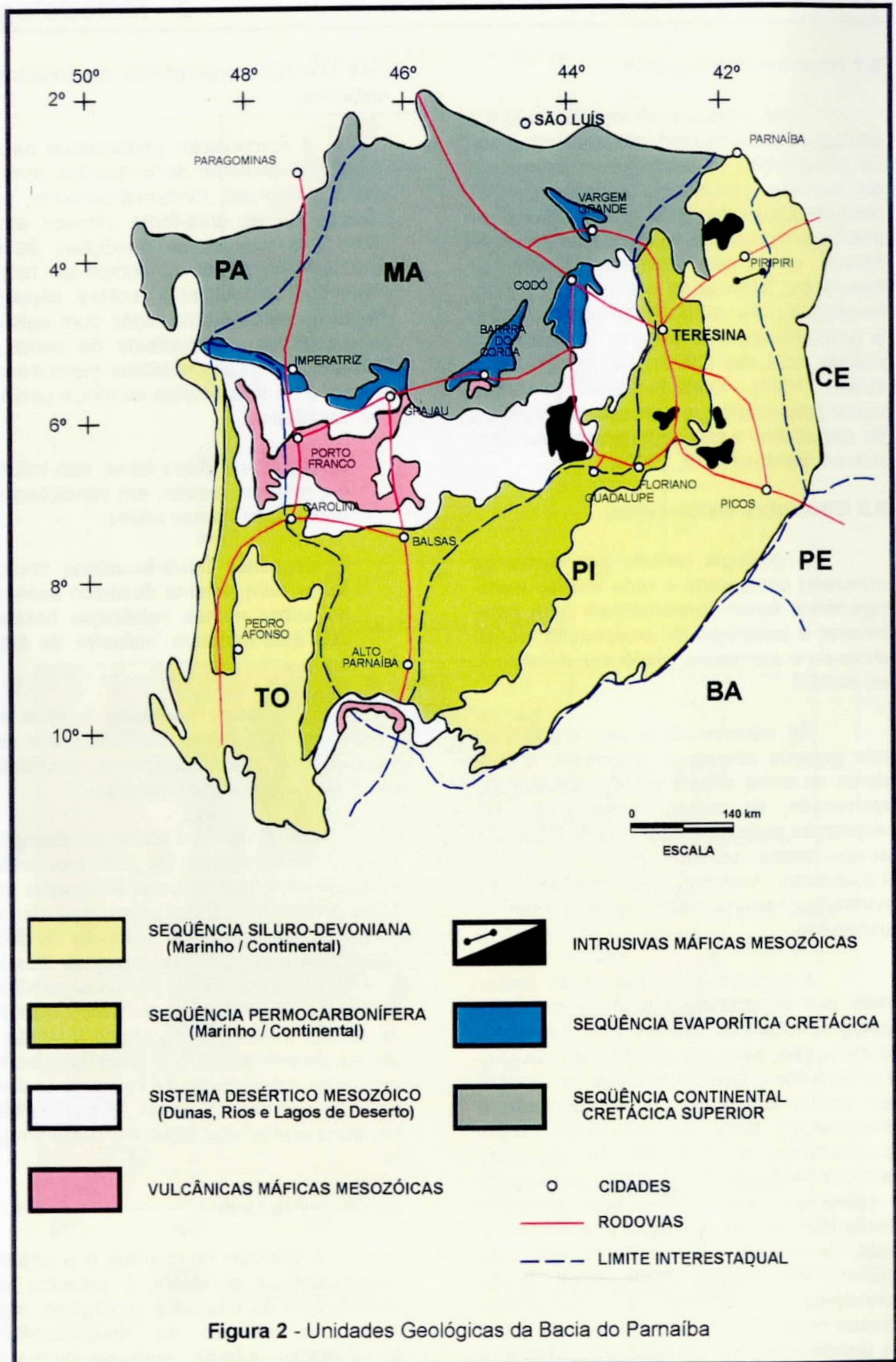
b) depósitos flúvio-lacustres, implantados num sistema desértico assentado sobre rochas vulcânicas básicas, que lhes serviram, inclusive de área-fonte.

A literatura geológica é farta em relatar ocorrências de bentonitas em embaciamentos sobre derrames basálticos, inclusive na bacia do Paraná.

Em síntese, a bacia do Parnaíba revelou condicionamentos paleoambientais classicamente relacionados à geração dos bens procurados. Essa potencialidade era realçada pelo registro já existente de ocorrências de atapulgita, na região de Guadalupe (PI), em seqüência permo-carbonífera e diversas ocorrências de esmectitas na seqüência mesozóica da bacia. A região é dotada de outros insumos industriais, como as argilas empregadas na indústria cerâmica, cuja abordagem, porém, é bem sintética, por escapar aos objetivos deste Projeto.

2.3 Onde Procurar

A gitologia comparada e a análise metalogenética definiram o universo de investigação às unidades geológicas originadas no intervalo do Neocarbonífero ao Cretáceo Inferior, compreendendo as



seqüências sedimentares das formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca, Pastos Bons, Sambaíba, Corda e Codó/Grajaú, além dos basaltos e diabásios que compõem a Formação Mosquito.

Eventuais incursões foram efetivadas na Formação Itapecuru e em aluviões recentes, além de em domínios mais antigos, envolvendo as formações Poti, Longá, Cabeças e Pimenteiras.

2.4 Amostragem

Considerado o caráter regional da avaliação, a amostragem foi planejada de forma a utilizar-se, como meio de acesso, as principais estradas cortando as unidades de interesse e de forma a garantir, nestas, uma adequada representatividade.

Em cada perfil de afloramento, o número de amostra foi proporcional ao número de fácies identificadas. Em perfis espessos e homogêneos, as amostras, compostas, representam pacotes de 1 a 1,5 metros. Nessa fase regional o volume de cada amostra foi da ordem de 1 litro.

2.5 Análises

2.5.1 Estudos das argilas

A difração de raios-X foi a ferramenta básica para identificação mineralógica. O equipamento utilizado foi um difratômetro Philips PW 3710 ($\text{CuK}\alpha$, 45kV, 40mA, leituras 2θ de 3° a 33°), pertencente ao Centro de Geociências, da Universidade Federal do Pará.

Via de regra as análises foram realizadas em amostras orientadas, uma vez que oferecem maior resolução no estudo das argilas, realçando as reflexões basais

dos argilominerais. As amostras foram pulverizadas à fração menor que 200 mesh, e as leituras realizadas sempre:

- no agregado natural, orientado;
- nas amostras tratadas com etileno-glicol, visando a identificação de minerais que exibem propriedades expansivas, como as esmectitas;
- nas amostras aquecidas a 500°C , para identificação de modificações decorrentes da eliminação da água estrutural.

Essa sistemática favoreceu a identificação dos diferentes grupos de argilominerais. Em alguns casos utilizou-se, ainda, o método do pó (amostra não-orientada), facilitando a identificação de minerais não-argilosos.

O **Apêndice** sintetiza o conteúdo mineralógico das estações estudadas.

Algumas amostras de argilas esmectíticas foram submetidas a análises químicas para óxidos maiores, incluindo perda ao fogo e teor de umidade, além da capacidade de troca catiônica (CTC).

2.5.2 Estudo das zeolitas

O **Quadro 01** relaciona as análises realizadas no minério, e os respectivos laboratórios analíticos.

A interpretação qualitativa do conteúdo mineral, na DRX, foi determinada de forma automática, referenciada aos padrões do banco de dados do *Joint Committee on Powder Diffraction Standards - JCPDS*. As proporções relativas dos minerais presentes foram estimadas com base na intensidade dos principais picos de reflexão.

Quadro 1 – Análises realizadas no minério zeolítico

ANÁLISE	LABORATÓRIO						
	1 CVRD	2 CPRM	3 UFPA	4 BGS	5 IGW	6 CIMTEC	7 GEOSOL
Difração de raios-X	X		X	X		X	
Termogravimetria			X	X	X		
Térmica diferencial			X		X		
Evolved gas analysis				X			
Microscopia eletrônica de varredura, com sistema de energia dispersiva (MEV/EDS)					X		
Catodoluminescência					X		
Microscopia ótica	X	X		X	X		
Química (microsonda eletrônica)	X						
Química (ICP-AES)					X		
Química (via úmida)						X	X

1 – CVRD/SUTEC (MG); 2 – CPRM/Belém; 3 – CG/UFPA: Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará; 4 – BGS: British Geological Survey; 5 – IGW: Institut für Geologische Wissenschaften (Alemanha); 6 – CIMTEC SA.: Comercializadora Internacional de Minerais Técnicos (Cuba); 7 – GEOSOL: Geologia e Sondagem Ltda (MG).

2.6 Dados físicos de produção

O **Quadro 2** resume os dados de produção.

Quadro 2 – Dados de Produção

ATIVIDADES	UNIDADE	PRODUÇÃO
Prospecção regional	Km ²	292
Estações estudadas	Estação	306
Amostragem de rocha	Amostra	391
Análises		
• Difração de raios-X	Análise	236
• Petrografia	"	31
• Química	"	17
• Catodoluminescência	"	05
• ATD / ATG	"	12

3 - Atapulgita / Palygorskita

3.1 O que é

Também conhecida como **atapulgita**, a **palygorskita** é um silicato fibroso, pertencente ao grupo das hormitas, e mostra afinidades estruturais tanto com os inossilicatos, como com os filossilicatos. À semelhança aos inossilicatos deve suas propriedades especiais de absorção específica (Gomes, 1988). A composição química de sua célula unitária é $Mg_5Si_8O_{20}(OH)_2(OH_2)_4 \cdot 4H_2O$, sendo comum a substituição de Mg por Al ou Fe.

O termo **palygorskita** prevalece sobre **atapulgita** (Branco, 1993). Neste relatório, porém, usa-se mais o segundo devido ao seu generalizado emprego no Brasil, especialmente quando em referência às ocorrências da região de Guadalupe (PI).

3.2 Importância e Usos

O uso industrial de argilas contendo atapulgita compreende um campo diversificado e que se tem ampliado de forma significativa, face seu elevado poder de sorção, elevada superfície específica, propriedades tixotrópicas especiais, poder descorante, etc.

Entre as múltiplas aplicações desse bem mineral, destacam-se as seguintes:

- Indústria do Petróleo: em fluidos de perfuração de poços de petróleo sob condições críticas e no refino de hidrocarbonetos;
- Descoramento de gorduras, ceras e óleos, naturais e sintéticos;
- Indústria de fertilizantes e defensivos agrícolas;
- Agricultura, como condicionadores de solos, controlando porosidade e permeabilidade;
- Alimentação animal;

- Controle de poluição ambiental;
- Indústria de produtos farmacêuticos, medicinais, veterinários e cosméticos;
- Indústria da construção civil, no preparo de argamassa de vedação, ou selantes, em substituição ao amianto;
- Indústria do papel (papel copiativo sem carbono);
- Tintas;
- Borracha;
- Filtros industriais, no refino de cervejas e vinhos;
- Indústria do cimento (pozolanas, impermeabilizantes, plastificantes).

3.3 Ocorrências de Guadalupe (PI)

Trata-se, na realidade, de um conjunto de ocorrências próximas entre si (**Anexo, Zona I**). São as únicas que, até o momento, despertam perspectivas de aproveitamento econômico, já tendo sido objeto de investigações detalhadas para sua caracterização. As primeiras referências sobre as atapulgitas de Guadalupe datam de 1982, e as características gerais do jazimento, incluindo histórico, geologia local, gênese, reservas e quimismo, foram bem definidas por Cavalcanti (1986) e Cavalcanti & Bezerra (1992). Dessas informações foram extraídos guias para estender a prospecção a outras áreas da bacia. Estudos tecnológicos, para aproveitamento desse minério, foram realizados por Almeida & Ramos (1988) e Almeida & Luz (1992).

A área das ocorrências situa-se na porção oeste do Estado do Piauí, Município de Guadalupe, na fronteira com o Estado do Maranhão, imediatamente a sul do lago formado pela barragem de Boa Esperança (**Figura 3**).

3.3.1 Geologia local

A Formação Poti é um marco que registra o início de profundas mudanças nas condições ambientais da bacia, com a perda do caráter marinho e início do processo de continentalização, acompanhados de modificações climáticas, sob condições de crescente aridez, já identificadas na Formação Piauí, sobrejacente. Nesta, ainda são registradas ocasionais incursões marinhas restritas, condições que se estenderam, inclusive, à deposição da Formação Pedra de Fogo, onde a existência de estruturas algais identificam essa influência marinha, e conforme sugerem os depósitos de calcários e gipsita dessa unidade.

Conforme visualizado na **Figura 3**, as ocorrências de atapulgita estão circunscritas às áreas de distribuição das formações Poti e Piauí, não se dispondo, porém, até o momento, de dados para correlacionar a seqüência mineralizada com qualquer das duas unidades. As informações disponíveis conduzem a uma vinculação dos depósitos atapulgíticos de Guadalupe, às incursões marinhas permo-carboníferas, incluindo as associadas à Formação Pedra de Fogo.

3.3.2 O Minério

Segundo Cavalcante & Bezerra (1992), as atapulgitas situam-se em torno da cota 200m, distribuindo-se por uma área de cerca de 70km², em corpos que alcançam mais de 500m de comprimento e espessuras da ordem de, até, 17m. Na figura 4 tem-se uma visão panorâmica das relações espaciais entre o minério atapulgítico e suas encaixantes, bem como da variação no conteúdo mineralógico do minério. No quadro geral observa-se um conjunto argiloso, que compreende horizontes cauliniticos e atapulgíticos, intercalado a pacotes de material arenoso. A camada caulinitica, que contém ainda esmectita, grãos de quartzo e películas e dendritos de manganês, pode estar sotoposta ou sobreposta à atapulgita. A disposição dos corpos arenosos sugere, localmente, possíveis interdigitações com o corpo de minério.

Ainda segundo estes autores, três fácies distintas podem ser definidas na fase

mineralizada:

- ***Fácies São Pedro*** - O minério é do tipo maciço. Ocorre principalmente nas localidades de São Pedro, Canabrava (**Foto 01**) e Grota do Angico. Pode ser pura ou conter atapulgita associada com um ou mais dos seguintes minerais: caulinita, esmectita, illita e clorita; grãos de quartzo; nódulos e concreções de sílex; nódulos, dendritos e películas de manganês e, mais raramente, dolomita. Pode apresentar coloração esbranquiçada, cinza ou esverdeada.

- ***Fácies Terra Branca*** - Ocorre somente na localidade homônima. Diferencia-se da Fácies São Pedro, fundamentalmente, pela presença de calcita, em proporções da ordem de 60%, e pelo registro de fósseis (gastrópodos e algas clorofíceas).

- ***Fácies Cemitério*** - Ocorre, preferencialmente, na região de Boa Vista e possui mineralogia genericamente semelhante às demais fácies. Caracteriza-se por uma densidade muito baixa e textura *mountain cork* (cortiça da montanha), bem diferenciada.

Almeida & Luz (1986), registram ainda a presença subordinada de grãos de turmalina, micas, rutilo e feldspatos, cujas presenças, associadas aos grãos de quartzo, reforçam a idéia de uma contribuição detrítica à bacia de sedimentação.

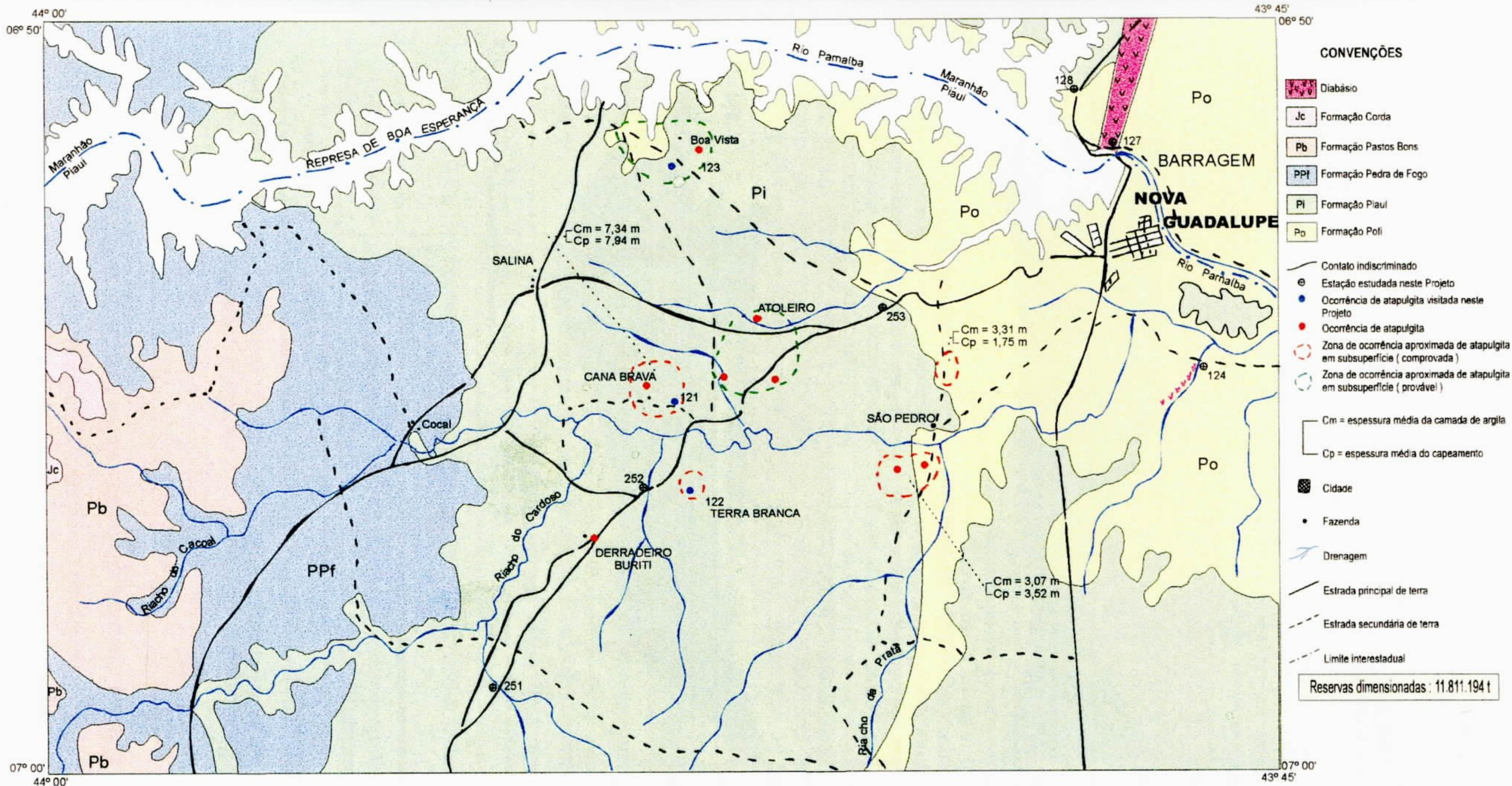
3.3.3 Gênese do minério

Cavalcanti & Bezerra (op. cit.), com argumentação substanciada, concluem que a atapulgita foi neoformada em ambiente alcalino de mar raso, próximo à costa, e com oscilações do nível desse mar conforme deduzido pelas flutuações no conteúdo de magnésio.

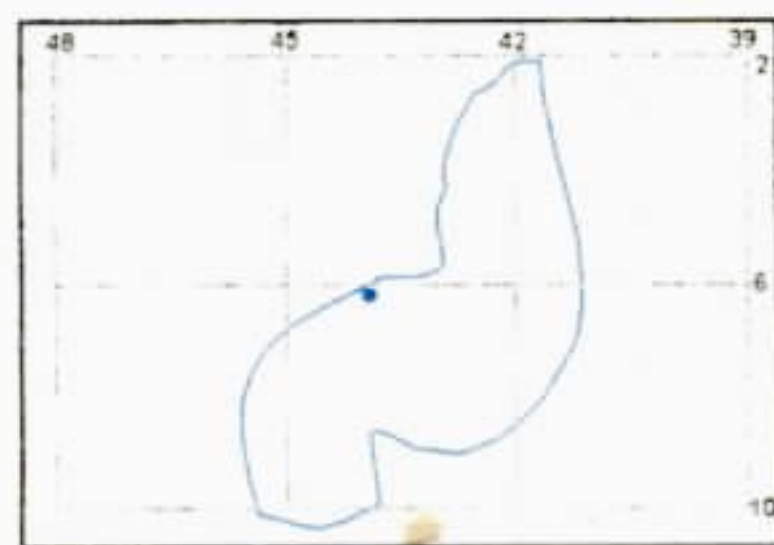
3.3.4 Reservas

Os dados oficiais junto ao DNPM indicam os seguintes valores:

- Reserva Medida: 11.811.194,48 t
- Reserva Indicada: 12.397.102,17 t
- Reserva Inferida: 7.851.360,42 t



Baseado em :
DNPM / PROJETO ATAPULGITA
NA BACIA DO PARNAÍBA - 1989
ESCALA 1 : 50.000



**OCORRÊNCIAS DE ATAPULGITA
NO ESTADO DO PIAUÍ**

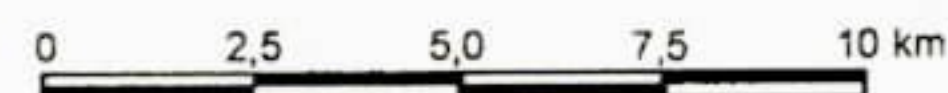
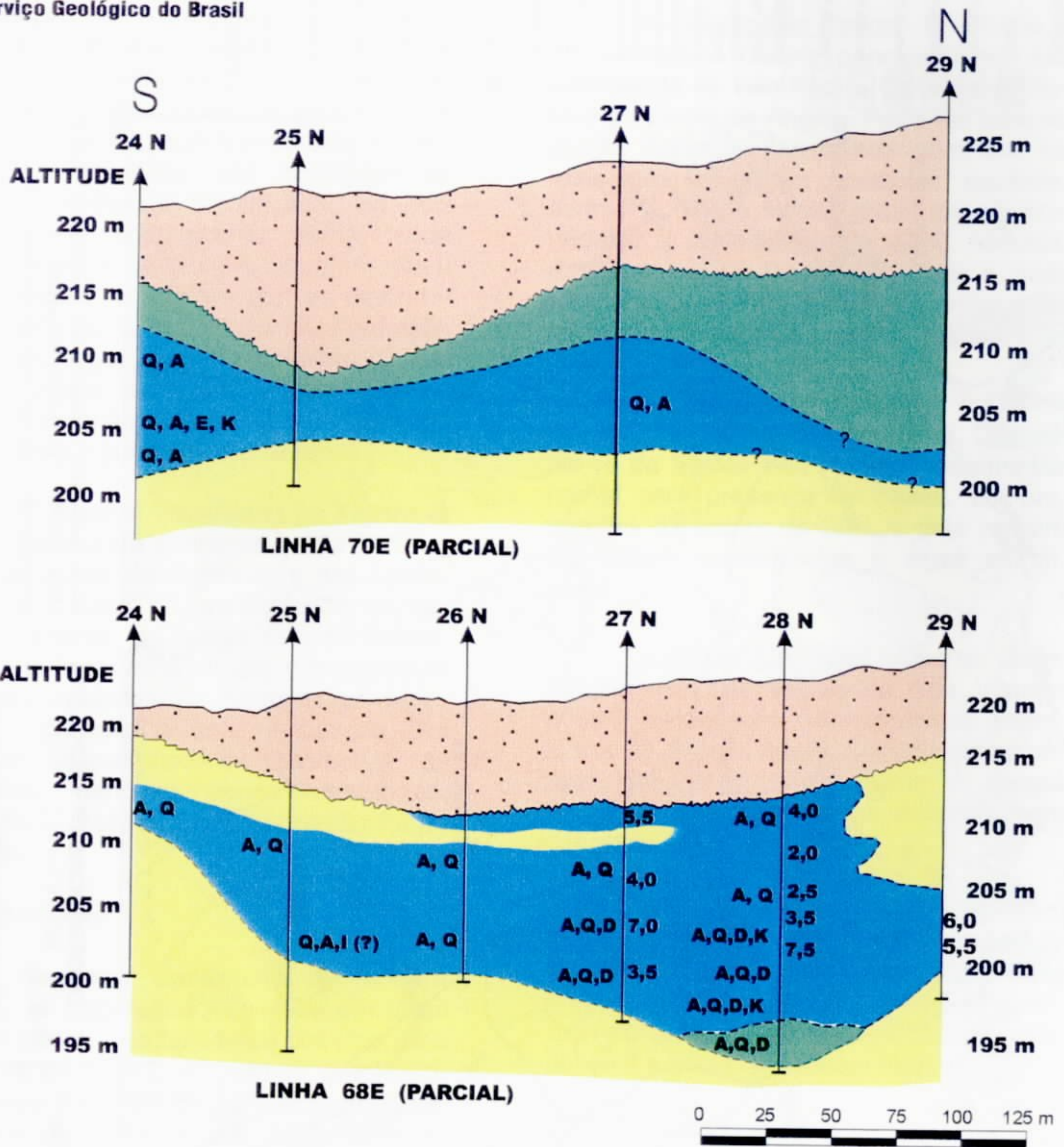


Figura 3

Mapa geológico baseado em Cavalcanti, V.M.M
1989; DNPM - 10º Distrito Regional.
Inferida a geologia ao norte da represa.



CONVENÇÕES

- Areias de cores variadas, siltosas
- Argila caulinitica
- Argila atapulgitica
- Arenitos de cores variadas, finos a médios, pintalgados de caulim

24 N
↑
Furo de sondagem

Mineralogia

- A - Atapulgita
- Q - Quartzo
- E - Esmeclita
- I - Ilita
- D - Dolomita
- K - Caulinita

5,0 Conteúdo de Mg (%)

Adaptado de:
Cavalcanti & Bezerra (1992)

Figura 4 - Seções Estratigráficas em um Depósito de Atapulgita
Região de Canabrava, Guadalupe (PI)

Considerando-se que esses dados referem-se somente a algumas áreas pesquisadas pela União Brasileira de Mineração - UBM, deduz-se que a região de Guadalupe comporta reservas significativamente maiores.

3.3.5 Ensaio Tecnológicos

Estudos de laboratório em amostras de atapulgitas de Guadalupe foram realizadas no CETEM, concentrando essa investigação dirigida apenas ao potencial emprego em fluidos de perfuração de poços de petróleo e descoramento de óleos vegetais e minerais (Almeida & Ramos, 1988; Almeida & Luz, 1992), obtendo-se os seguintes resultados:

- Fluido de Perfuração - Os resultados obtidos nesse campo de aplicação podem ser considerados promissores, apesar das limitações impostas pelas baixas viscosidades aparentes, em geral menor que 8 centipoise (o limite mínimo é 15 cP). Esses baixos valores podem ser atribuídos ao alto teor de quartzo na amostra global.

Assim, o minério, em seu estado natural e moído, não poderá ser usado em fluido de perfuração. Entretanto, apenas com algum processamento, resultados promissores foram obtidos, conforme especificado no **Quadro 3**. As argilas São Pedro e Grotão do Angico foram enquadradas como de alto rendimento (mais de 12,5 m³/t).

- Descoramento de óleo mineral - Os ensaios revelaram que para esse fim as atapulgitas de Guadalupe podem ser usadas em seu estado natural, bastando apenas que sejam moídas abaixo da malha 200.

- Descoramento de óleo vegetal - As atapulgitas, nesse campo de aplicação, utilizando-se óleos de soja, milho, algodão e babaçu, mostraram desempenhos aceitáveis, conforme discriminado no **Quadro 4**. Ensaio subsequentes mostraram que essas atapulgitas podem também ser efetivas no descoramento de óleo de algodão. Ressalta-se, sob este aspecto, a localização do jazimento relativamente próximo a pólos agrícolas produtores de grãos, especial-

Quadro 3 - Resultados de Beneficiamento em Atapulgitas de Guadalupe (PI)

PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO	RESULTADO OBTIDO
SÃO PEDRO (1)	Classificação granulométrica, na malha 200	Viscosidade aparente de 17 cP
SÃO PEDRO (1)	Ativação a úmido com óxido de magnésio	Viscosidade aparente aumentou de 17 para 27 cP
CABO CHICO (2)	Classificação granulométrica na malha 200	Viscosidade aparente aumentou de 7,5 para 31cP
CABO CHICO (2)	Classificação granulométrica na malha 200 e ativação a úmido, com óxido de magnésio	Viscosidade aparente de 51 cP
GROTÃO DO ANGICO (1)	Ativação a úmido com óxido de magnésio	Viscosidade aparente aumentou de 9,5 para 17 cP.

(1) Almeida & Luz (1986)

(2) Almeida & Ramos (1988)

cP – centipoise

Quadro 4 - Ensaio de aplicação de atapulgitas, no descoramento de óleos vegetais

Procedência	Uso adequado para óleo de:
Boa Vista	Milho, soja, babaçu
São Pedro	Babaçu
Grotão do Angico	Babaçu
Terra Branca	Milho

mente soja e milho, no Estado do Maranhão.

3.3.6 Considerações complementares

A flutuação no teor de Mg revela um zoneamento químico e, mercê de não ter sido ainda encontrada, a possibilidade da existência de **sepiolita** não pode ser descartada. A variação crescente na concentração de Mg, controlando o tipo de argilomine-ral depositado, poderá provocar um zoneamento transicional *esmectita-palygorskita-sepiolita*. Grim (1968) e Millot (1960), descrevem esse zoneamento mineralógico nas bacias do Senegal e Dahomey. Pletsch (1996), faz citação ao processo de transição diagenética *palygorskita-esmectita* na interface sedimento-água do mar.

Um outro aspecto importante a ressaltar é quanto ao conteúdo elevado de sílica que, inclusive, limita sua aplicação no preparo de lama de perfuração de poços de petróleo. Entretanto, o minério consiste de uma argila maciça, contendo grãos de quartzo flutuando na massa atapulgítica. Considerados, assim, os ambientes de sedimentação idealizados durante a deposição das formações Piauí e Pedra de Fogo, comportando inclusive dunas eólicas, esses grãos flutuantes de quartzo são, provavelmente, produtos da ação de ventos sobre areias marginais aos embaciamentos atapulgíticos. Neste caso, um estu-

do paleoambiental poderá indicar sítios menos contaminados.

Diversos campos de aplicações potenciais são vislumbrados para o minério de Guadalupe, conforme já referido. Sabe-se, porém, que o custo do transporte da mina ao mercado consumidor é um fator limitante à economicidade da exploração mineral e que a região onde se localiza o depósito ainda prescinde de desenvolvimento industrial. Entretanto de imediato, vale a pena a realização de experiências com aquele minério como *condicionador de solo*.

3.4 Outras ocorrências na bacia

Tratam-se de registros, detectados neste Projeto, onde a atapulgita ocorre sem qualquer significado econômico. Na estação 77 (**Foto 02**), esse mineral ocorre como acessório na jazida de calcário da MINERATINS, em Guaraí (TO). Na estação 54 (TO), ocorre como filmes irregulares em argilito esverdeado e calcífero, igualmente em pequena quantidade. Em ambos os casos, o domínio geológico é da Formação Pedra de Fogo.

Há, ainda, uma conhecida ocorrência na região de Riachão-Carolina (MA) onde a atapulgita exhibe-se com um característico hábito papiráceo, preenchendo fissuras em pelitos da Formação Motuca.



Foto 1 - Exposição de atapulgita, na Fazenda Canabrava. Estação 121.



Foto 2 - Mina de calcário, da Mineratins, Guarai (TO). Atapulgita ocorre como mineral acessório, secundário. Estação 77.

4.1 O que são

Compreendem um grupo de argilominerais, mais especificamente de filossilicatos, que apresentam uma estrutura organizada em folhas e camadas. O termo *esmeclita* reflete, exatamente, essa característica lamelar.

São também conhecidas como Grupo da *Montmorillonita*, mineral que integra o grupo juntamente com a *saponita*, *hectorita*, *stevensita*, *beidelita* e *nontronita*, entre outras. Caracterizam-se pela presença de moléculas de água com arranjos orientados e regulares, coordenando cátions cambiáveis, entre as camadas estruturais, dotando-as de propriedades específicas, que favorecem seu uso industrial.

A composição química teórica da unidade estrutural pode ter a expressão seguinte: $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$. Os minerais reais deste grupo diferem da composição teórica devido a substituições isomórficas e aos cátions trocáveis (Gomes, 1988), sendo a intensidade dessas substituições isomórficas e o tipo de cátion cambiável presente, importantes no estabelecimento das propriedades úteis. Os cátions trocáveis mais frequentes são: Na^+ , K^+ , H_3O^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} . O caso normal é de esmeclitas policatiônicas com predominância de um cátion. As bentonitas sódicas são as que têm maior utilização industrial (Santos, 1992).

4.2 Propriedades e Usos

O termo *bentonita* foi originalmente aplicado para uma argila derivada da alteração de cinzas vulcânicas, nas proximidades do Forte Benton, no Estado de Wyoming (USA). Suas principais características eram a alta plasticidade e sua elevada capacidade de expansão e de formar géis tixotrópicos (altamente coloidais), quando em contato com a água, o que lhe emprestava grande valor comercial.

O estudo subsequente de diversas outras ocorrências de argilas de derivação

semelhante, mostrou que, analogamente ao depósito de Benton, eram constituídas principalmente de argilominerais do grupo das esmeclitas (*montmorillonita* sódica) possuindo, também, em geral, boa plasticidade e formando bons colóides.

Posteriormente, o termo *bentonita* vulgarizou-se, sendo aplicado a outros produtos com propriedades físicas algo semelhantes, independentemente de sua gênese. Algumas vezes tais argilas têm plasticidade e tixotropia apenas moderada e nem sempre poderão despertar interesse comercial. As bentonitas sódicas são mais valorizadas.

O ideal é que as propriedades industriais existam no material em seu estado natural. Entretanto, algumas vezes, há necessidade de sua ativação, isto é, submetê-lo a um tratamento apropriado (térmico, químico, etc), modificando-se sua estrutura superficial, de modo a adequá-lo a um uso específico. Como exemplos desse recurso, têm-se os procedimentos usados no CETEM, com o minério atapulgítico de Guadalupe, conforme anteriormente citados.

As argilas esmeclíticas, em geral, possuem elevada capacidade de troca catiônica, além de propriedades sorventes. Os usos industriais das bentonitas são genericamente semelhantes aos das atapulgitas, referidos anteriormente. As bentonitas podem, ainda, ser empregadas na metalurgia do ferro e do manganês, como aglomerante de areias de moldagem para fundição, e na indústria cerâmica.

4.3 Esmectitas na Bacia do Parnaíba

4.3.1 Generalidades

As argilas esmeclíticas concentram-se basicamente no segmento mesozóico, conforme previsto nos estudos preliminares que fundamentaram este programa. O **Apêndice** relaciona as características gerais das estações estudadas, incluindo seu conteúdo mineralógico.

Tratando-se de uma avaliação regional, não foram realizados os ensaios tecnológicos requeridos para definição das propriedades industriais das ocorrências de esmectitas. Porém, embora a simples caracterização mineralógica qualitativa de uma argila, em geral, não permita o diagnóstico preciso daquelas propriedades, fornece, entretanto, indicações quanto ao uso potencial.

No **Anexo** estão delineadas as zonas mais favoráveis às acumulações esmectíticas. Destacam-se as formações Corda I e Codó e, subordinadamente, o Sistema Corda-Pastos Bons e a Formação Pedra de Fogo.

4.3.2 Esmectitas na Formação Corda I e Sistema Corda-Pastos Bons

Formação Corda I é uma denominação informal, usada neste trabalho para designar um conjunto sedimentar sotoposto aos basaltos da porção oeste da bacia do Parnaíba. Esse pacote, bem caracterizado na região de Imperatriz, corresponde ao que Lisboa (1914), descreveu e designou por Formação Corda, na região do vale do Mearim. Compreende um segmento deposicional eólico e flúvio-lacustre, desenvolvi

do sobre os derrames basálticos, e que representam a porção proximal de um sistema maior, integrado, também, pelas formações Codó e Grajaú, conforme visualizado na **Figura 5**.

Esse conjunto diferencia-se do Sistema Corda-Pastos Bons, pelas características do ambiente sedimentar, com reflexos na composição dos argilominerais mais freqüentes: esmectita, na Formação Corda; caulinita, no Sistema Corda-Pastos Bons.

As argilas esmectíticas da Formação Corda I representam depósitos lacustres e flúvio-lacustres (**Foto 03**), desenvolvidos sob condições alcalinas e, de certa forma, associados aos jazimentos de zeólitas. (**Anexo**, Zonas 3 e 4). No universo do Sistema Corda-Pastos Bons há uma predominância de caulinita e illita. As argilas esmectíticas são de distribuição mais restrita, destacando os arredores das cidades de Pastos Bons e São João dos Patos (**Anexo**, Zona10).

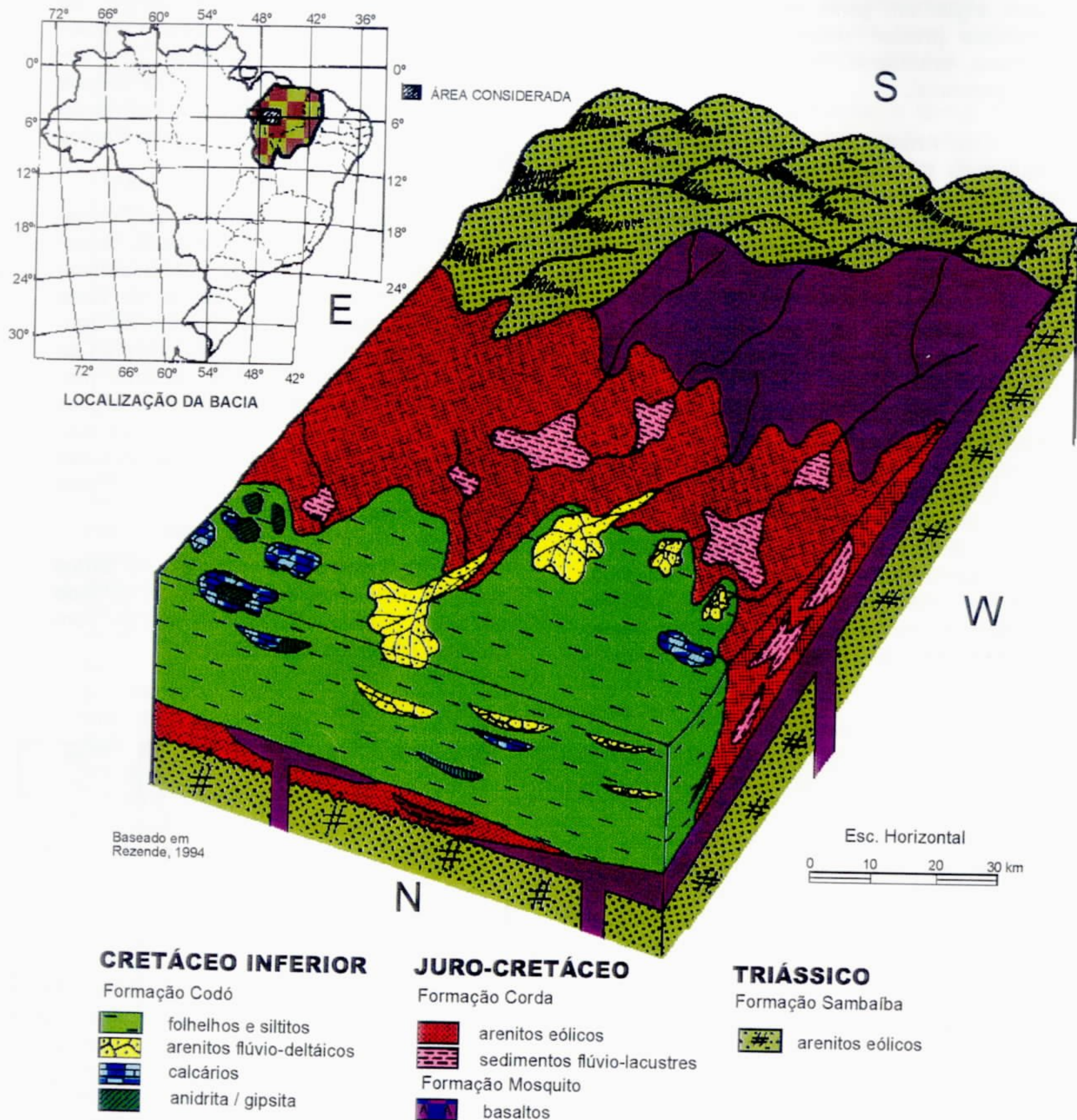
O **Quadro 5** sintetiza alguns dados sobre o quimismo, incluindo a capacidade de troca catiônica (CTC) de argilas com elevado conteúdo esmectítico.

Quadro 5 - Análises químicas de argilas esmectíticas *

Estação	06-B	18-B	19	105	168-A	168-B	144
Composto (%)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)
SiO ₂	53,8	48,3	53,5	64,1	58,0	68,1	54,1
Al ₂ O ₃	13,2	11,2	10,4	11,3	13,2	10,4	15,1
MgO	3,1	3,2	7,3	2,4	3,2	2,2	3,0
CaO	1,70	6,60	2,80	0,45	0,14	0,24	0,9
Na ₂ O	0,08	0,08	0,44	0,16	0,05	0,08	1,4
K ₂ O	1,9	2,4	2,1	1,2	1,5	1,8	2,2
TiO ₂	1,5	1,3	1,0	1,3	1,3	1,0	1,3
Fe ₂ O ₃	8,3	9,2	6,4	7,4	10,6	4,9	8,4
FeO	0,17	0,10	0,21	0,15	0,30	0,13	0,13
P ₂ O ₅	0,19	0,25	0,14	0,32	0,12	0,08	0,05
MnO	0,05	0,13	0,05	0,08	< 0,05	< 0,05	0,05
P.F	15,6	17,1	14,9	11,6	10,9	10,8	13,1
Total	99,59	99,86	99,24	100,46	99,36	99,78	99,68
Umidade	7,4	3,9	6,4	4,2	5,5	3,6	4,6
CTC **	78	70	74	65	61	61	61

(1) Amostras da Formação Corda;
* Análises realizadas na CPRM/LAMIN (RJ);

(2) Amostra do Sistema Corda/Pastos Bons;
** CTC em meq/100g.



OBSERVAÇÃO: A Formação Corda é prospectável para zeolitas, onde recobre diretamente os basaltos que lhe serviram, em parte, de área-fonte.

Figura 5 - Diagrama Esquemático do Segmento Triássico-Jurássico-Cretáceo Inferior na Porção NW da Bacia do Parnaíba

Destaca-se a relativamente elevada capacidade de troca catiônica, compatível com a observada em diversas argilas bentoníticas nacionais e do exterior. Igualmente sobressai o teor mais elevado de sódio na estação 144.

4.3.3 Esmectitas na Formação Codó

As condições deposicionais da Formação Codó foram propícias à geração de argilas esmectíticas, comportando condições marinhas restritas e *sabkas* continentais com elevada alcalinidade, em clima árido. Os registros cadastrados, descritos no **Apêndice**, estão, em geral, associados a fácies carbonáticas e/ou evaporíticas (**Foto 04**). Compreendem as zonas 5, 6, 7, 8 e 9, destacadas no **Anexo**. Huff (1988), registrou esmectitas magnesianas (*stevensita*) na região de Codó.

Capacidade de troca catiônica de até 65 meq/100g foram registradas na Formação Codó. Nessa unidade, as argilas esmectíticas são, freqüentemente, carbonáticas, pelo que valeria a pena ser investigada a possibilidade de seu uso como *condicionadores / corretivos* dos solos ácidos e arenosos do cerrado.

4.3.4 Esmectitas nas formações Pedra de Fogo e Motuca

Nessas unidades há um predomínio de argilas ilíticas e caulínicas. A identificação de argilas esmectíticas, entretanto, apesar de raras, ganham significado por sua localização em zonas de intensa atividade agrícola, com extensivo plantio de soja, na região de Balsas - Carolina. Destaca-se a Zona 2, no **Anexo (Fotos 05, 06 e 07)**.

Um possível uso como condicionadores de solos e na filtragem de óleos vegetais, valoriza essas ocorrências.

4.3.5 Esmectitas residuais

Refere-se, aqui, às acumulações supergênicas, produtos do intemperismo sobre os basaltos da Formação Mosquito. Formam-se saprolitos com espessuras localmente superiores a 10m, bem visíveis em cortes de estrada nas rodovias BR-010 e BR-226. Nesses perfis, a decomposição química, parcial, ainda deixa preservada a textura original da rocha matriz (**Foto 08**). O principal produto gerado nesse processo é a caulinita. Em certos perfis menos evoluídos há, ainda, algum conteúdo esmectítico associado.

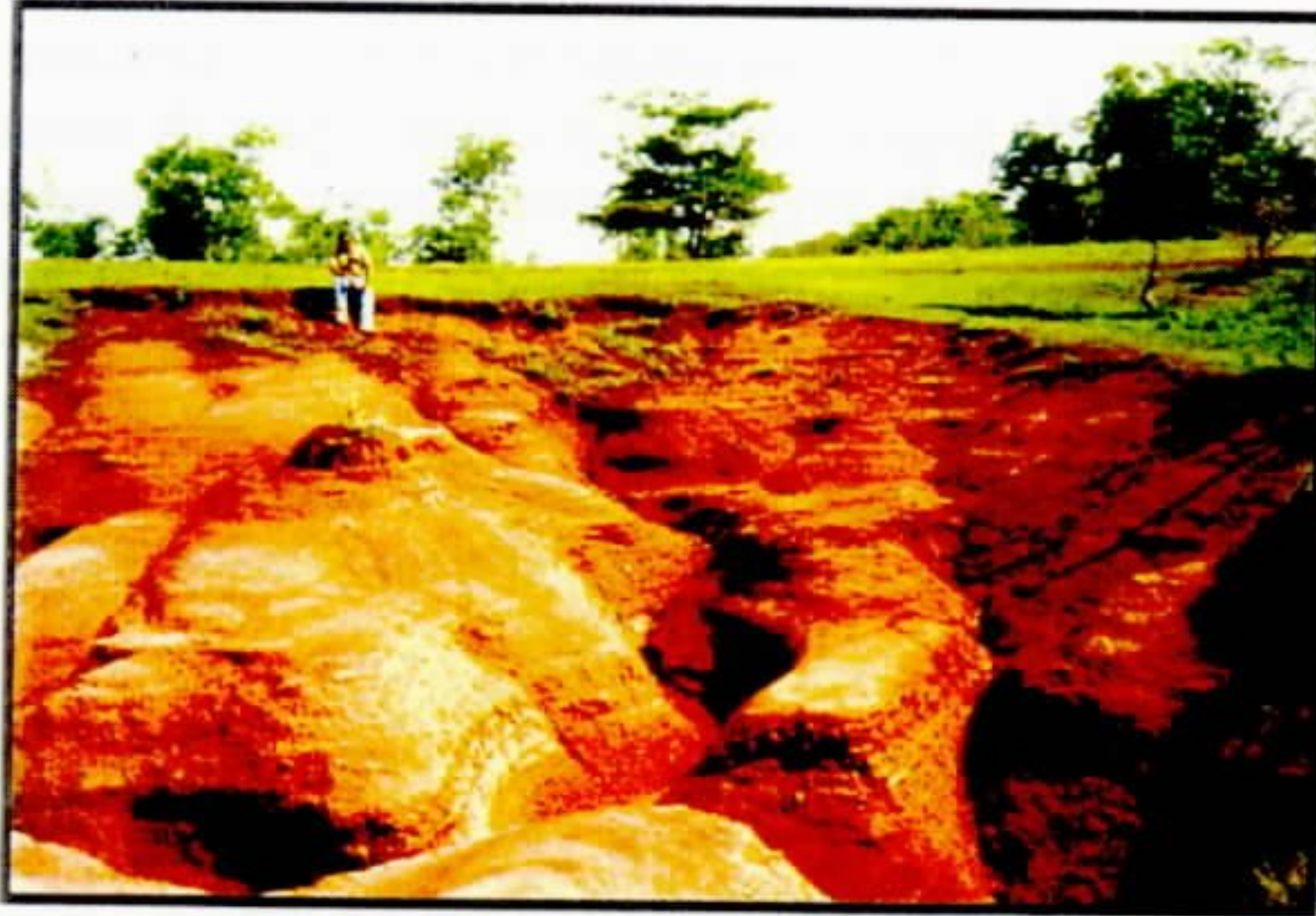


Foto 03 - Pelitos com esmectita, na Formação Corda I. São localmente carbonáticos. Intercalam-se horizontes arenosos. Montes Altos (MA). Estação 19.



Foto 04 - Folhelhos esmectíticos recobrem corpos de gipsita, na Formação Codó. Grajaú (MA). Estação 95.



Foto 05 - Folhelhos esmectíticos associados a gipsita, na Formação Pedra de Fogo. Filadélfia (TO). Estação 52.



Foto 06 - Vegetação típica do cerrado. Região de Carolina (MA).



Foto 07 - Plantio intensivo de soja, em área do cerrado. Balsas (MA).



Foto 08 - Basalto fitado, intemperizado. Na fase branca tem-se caulinita pura. Na fase avermelhada a caulinita pode associar-se à esmectita. Fortaleza dos Nogueiras (MA). Estação 158.

5 - Argilas para cerâmica

Não se constituíram objeto específico deste projeto. Entretanto, diversos depósitos em exploração, especialmente para uso na indústria de cerâmica vermelha, foram visitadas, havendo apenas a citação desse uso no **Apêndice**.

No **Anexo** há um destaque, na Zona 11, para indicar a ocorrência de folhelhos claros, da Formação Longá, já explorados na indústria de cerâmica branca, conforme exemplificado na fazenda Mocambo Grande (estação EH - 213), Muni-

cípio de Oeiras - PI (Lima, 1978). Essa atividade, especialmente a fabricação de telhas e tijolos, tem grande significado sócio-econômico. Na área do projeto pontilham iniciativas de fabricação artesanal (**Foto 09**), havendo, entretanto, alguns pólos já bem estruturados, como o observado na região de Timon (MA) / Teresina (PI), cujos produtos são exportados para outros estados.

Idealiza-se potencial análogo em rochas argilosas da Formação Pimenteiras.



Foto 09 – Industrialização artesanal de cerâmica vermelha; Imperatriz (MA). Estação 3.

6.1 O enfoque neste relatório

O estudo dos amplos condicionamentos geológicos das zeolitas descobertas na bacia do Parnaíba, bem como de outras ocorrências já conhecidas anteriormente neste país, favoreceram a idealização de áreas potenciais, conforme constante em *Zeolitas Sedimentares no Brasil* (Rezende & Angélica, 1997). Esse trabalho contém informações básicas sobre os jazimentos zeolíticos em questão, incorporando, ainda, considerações sobre composição e estrutura cristaloquímica das zeolitas em geral; suas propriedades e usos; fatores econômicos e de produção; geologia de depósitos e técnicas de prospecção.

Neste relatório, alguns desses aspectos são tratados de forma superficial, concentrando-se em complementar a abordagem relativa à caracterização mineralógica e aos ensaios preliminares de beneficiamento visando possíveis usos industriais.

6.2 O que são zeolitas

As zeolitas constituem um grupo de minerais cuja organização básica é um arcabouço hidratado de tectossilicatos contendo cátions de metais alcalinos e alcalino-terrosos, principalmente Na, K, e Ca. Esses cátions, em geral disponíveis para troca com outros cátions, alojam-se em uma estrutura cristalina aberta, onde cavidades e poros de diversas formas e dimensões compõem um sistema de canais formados por diferentes combinações de anéis, interligados, de tetraedros de SiO_4 e AlO_4 .

Essa organização cristaloquímica, específica para cada zeolita, dota esse grupo mineral de propriedades especiais, que favorecem seu uso prático, despertando interesse da indústria, e estimulando a obtenção de espécies sintéticas.

6.3 Propriedades e usos

As propriedades características das zeolitas compreendem, principalmente:

- alto grau de hidratação;

- baixa densidade e grande volume de vazios, quando desidratadas;
- estabilidade da estrutura cristalina, de muitas zeolitas, quando desidratadas;
- elevada capacidade de troca catiônica;
- canais uniformes;
- adsorção de gases e vapores;
- propriedades catalíticas.

Algumas dessas propriedades favorecem aplicações industriais, especialmente a possibilidade de funcionarem como *peneiras moleculares*, isto é, como materiais que, devido a sua estrutura interna, podem, seletivamente, adsorver moléculas de acordo com suas formas e/ou tamanhos. Entre as aplicações de zeolitas pode-se mencionar:

- Construção civil
- Indústria do petróleo
- Dessecação
- Tratamento de rejeito nuclear
- Agricultura
- Aquicultura
- Tratamento de rejeito metalúrgico
- Refrigeração
- Detergente
- Vazamento de petróleo
- Alimentação animal
- Biocerâmica

O custo elevado das zeolitas sintéticas restringem seu uso comercial a segmentos industriais mais exigentes quanto a pureza e uniformidade no tamanho e na forma dos vazios estruturais. Isso ocorre, por exemplo, na indústria do petróleo e indústria química.

Uma análise do perfil de mercado para as zeolitas naturais (Holmes, 1994), entretanto, antevê um contínuo crescimento da demanda, face à adaptação tecnológica desses produtos a seus mercados específicos. Como campos promissores no incremento da demanda estão as áreas de controle de poluição ambiental, a agricultura e a indústria alimentícia. Em Cuba, país

que desponta como um dos líderes mundiais na produção de zeolitas naturais, há uma industrialização diversificada, nesses campos (**Quadro 6**), constituindo-se, as zeolitas, em bens minerais estratégicos à economia desse país.

Quadro 6 - Principais aplicações das zeolitas cubanas

1. Suplemento dietético na alimentação animal	14. Purificação de águas residuais
2. Tratamento de enfermidades diarréicas	15. Filtros de piscinas e de esgotos
3. Camas para animais domésticos	16. Refrigeração
4. Conservação de grãos e cereais	17. Agricultura e piscicultura
5. Aplicação de fungicidas e pesticidas	18. Talco industrial
6. Melhoramento de solos	19. Indústria açucareira
7. Recobrimento de uréia	20. Produtos farmacêuticos e medicinais
8. Em mistura com fertilizantes	21. Produção de álcool
9. Descompactador de solos	22. Substrato de campos esportivos
10. Tratamento de solos salinos	23. Materiais de construção
11. Cultivos hidropônicos e em canteiros	24. Fabricação de cimentos especiais
12. Substrato para sementeiras	25. Purificação de gás
13. Filtros para bebidas e licores	26. Tratamento de resíduos radioativos

6.4 Localização das ocorrências

A área de distribuição dos afloramentos e a indicação de áreas favoráveis, no contexto regional, estão delineadas no **Anexo**.

6.5 Descoberta e divulgação

A constatação, pela CPRM, da existência de significativas ocorrências de zeolitas naturais na bacia do Parnaíba, mereceu, deste Serviço Geológico, a adoção de medidas compatíveis com a importância econômica vislumbrada para esses bens minerais. O fato foi intensamente divulgado na imprensa; em congressos e simpósio, nacionais e internacionais; palestras; e através de intercâmbio técnico-científico e tecnológico, como exemplificado na **Figura 6**.

Nesse trabalho de divulgação, a CPRM esteve representada nos seguintes eventos:

- Congresso Latino-americano de Geologia. Caracas/Venezuela (Rezende & Angélica, 1995a);
- V Congresso Brasileiro de Geoquímica e Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Niterói/RJ (Angélica et al., 1995);
- Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife / PE, (Rezende & Angélica,

Os possíveis usos do minério da bacia do Parnaíba estão sendo investigados no Serviço Geológico Britânico (BGS) e no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).

1995b);

- Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém/PA, (Rezende et al. 1996);
- 39º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador/BA, (Rezende & Angélica, 1996);
- 74º Congresso da Sociedade Alemã de Mineralogia, Kiel/Alemanha (Angélica et al., 1996).

6.6 Aspectos mineralógicos e geoquímicos

As zeolitas estão associadas à Formação Corda I, que compreende um sistema desértico desenvolvido sobre os derrames basálticos da Formação Mosquito, comportando arenitos, argilitos e folhelhos (**Figura 5**).

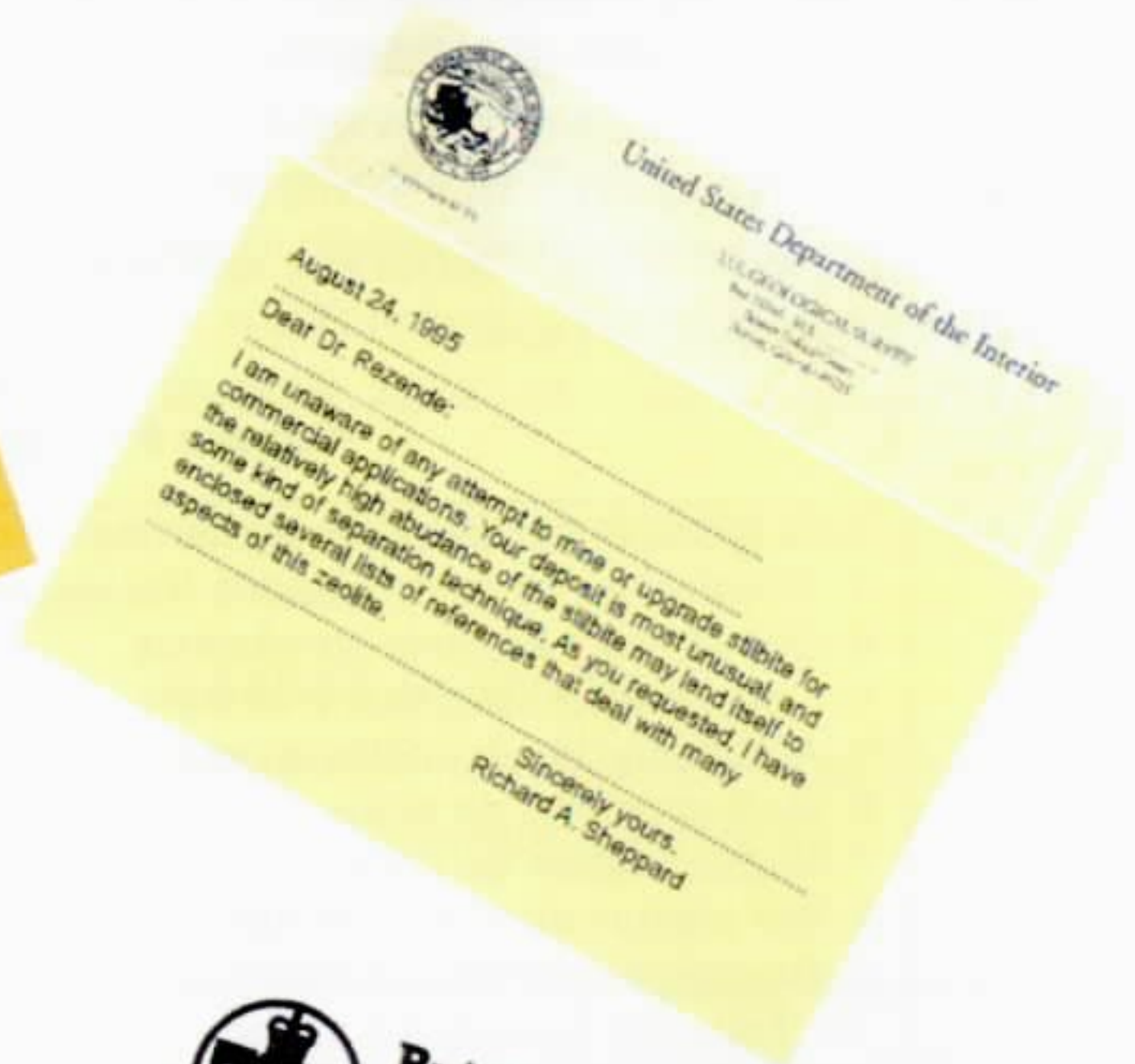
Os arenitos são os litotipos predominantes e relacionam-se a fácies eólicas e flúvio-lacustres. Nestas últimas, há abundância de fragmentos líticos, especialmente basaltos, chert e calcário, além de feldspato, quartzito e serpentinito. O ordenamento dos estratos é bem característico e evidencia, localmente, pulsações turbidíticas (**Foto 10**). Nas fácies eólicas, os arenitos exibem feições relacionadas a dunas (**Foto 11**) e lençóis de areias. Uma película de material ferruginoso, envolvendo os grãos detríticos, imprime uma cor avermelhada a arroxeada, bem marcante, aos arenitos Corda, sendo comum a presença, subordinada, de esmectitas, na matriz.



IX CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE
LOS SERVICIOS GEOLOGICOS Y MINEROS (SERVIGEOMIN)



Es especialmente grato para el Comité Organizador de este evento, confirmar la recepción de Trabajo titulado:
- Zeolitas autígenicas em sedimentos Mesozoicos da América do Sul: Bacia do Parnaíba, nordeste do Brasil,
por Nélio das Graças de Andrade da Mata Rezende y Rômulo Simões Angélica,
así como también el diskette contenido de este valioso aporte
SECRETARIA EXECUTIVA DEL CONGRESO



MINERALS Research

September 19, 1995

Dear Dr. Rezende

..... little is known about the commercial possibilities for stilbite; I searched my data base as well and came up with only a few references that may not have been sent already by him. Ultimately, you will probably want to prepare a stilbite concentrate from the ore, but my preliminary examination suggests that this may not be difficult.

Sincerely yours,
F.A. Mumpton



19 September 1995

Dear Mr. João

BGS also has an interest in natural zeolites through another project funded by the EU. This involves beneficiation studies, and we would be willing to examine your stilbite-bearing sample as part of this project.

Yours sincerely
Dr. D J Morgan
Group Manager, Mineralogy & Petrology

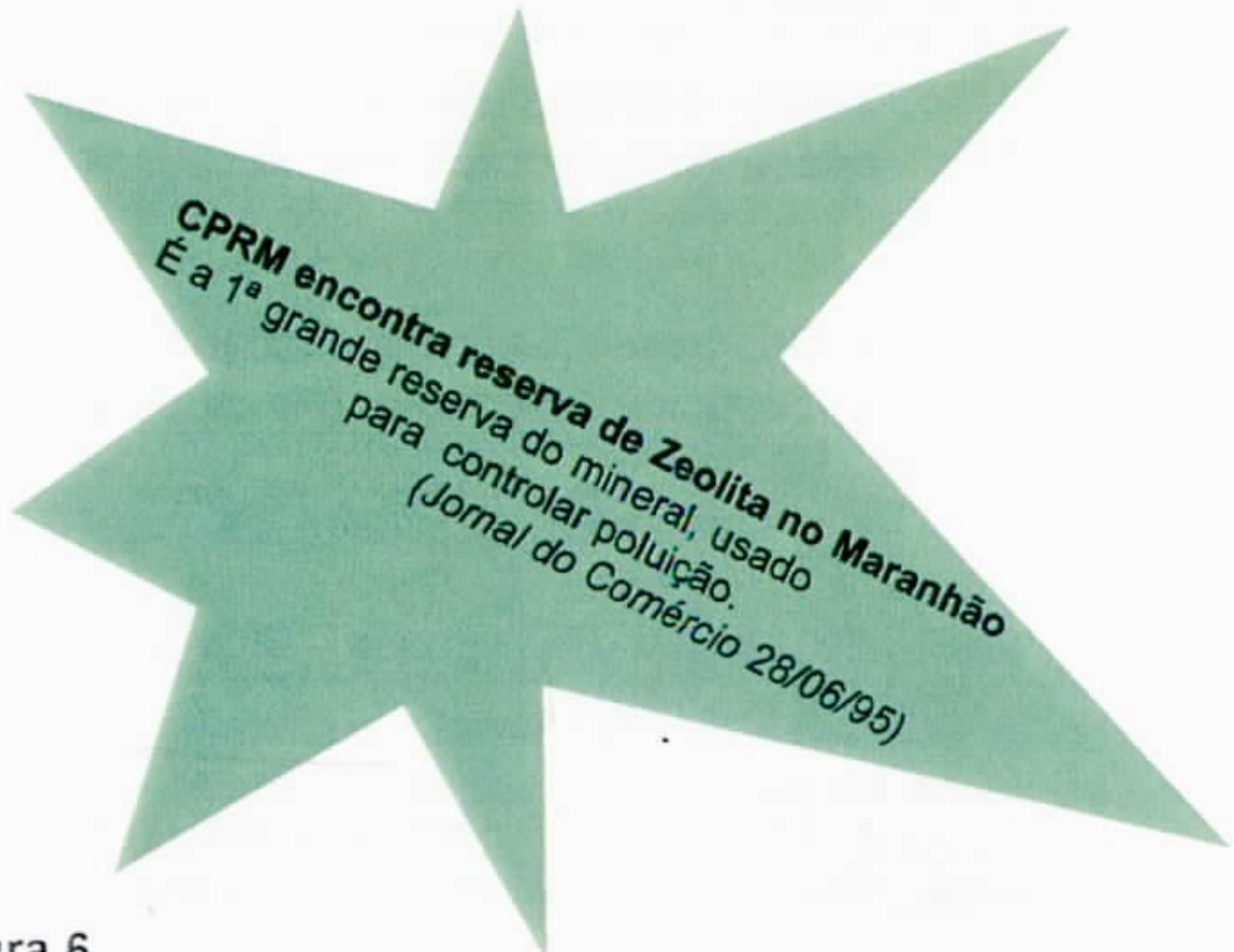


Zeólita, o bombril da agricultura
O mineral, com várias utilidades na lavoura e na criação, é localizado no Maranhão
(Gazeta Mercantil - 4ª feira, 16.08.95)

Mineral estratégico descoberto no MA
Uma grande jazida de zeólita natural foi identificada no extremo oeste do Maranhão. A descoberta foi feita pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM,
(O Estado do Maranhão - 25.06.1995)

CDI apresenta resultados de pesquisa com minerais

A Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Maranhão (CDI-MA) divulga temas importantes relacionados com a pesquisa mineral, captação de águas subterrâneas e hidrogeologia. A grande novidade foi a descoberta, pela CPRM, do mineral Zeólita, no centro-oeste do Estado.
(Jornal de Hoje - 18.08.95)



CPRM encontra reserva de Zeólita no Maranhão
É a 1ª grande reserva do mineral, usado para controlar poluição.
(Jornal do Comércio 28/06/95)

Figura 6

Análises por cátodo luminescência (Angélica, 1997) contribuíram para identificar diversas derivações dos componentes detríticos (**Fotos 12 e 13**).

Argilitos e folhelhos têm distribuição mais restrita, e são representantes de sedimentação em lagos de deserto.

As zeolitas constituem a fase intersticial dos arenitos, na forma de cimento, envolvendo os grãos de quartzo e os fragmentos líticos, em arcabouço textural onde predomina um empacotamento frouxo (**Fotos 14, 15 e 16**).

As análises mineralógicas iniciais, através de difração de raios-X (DRX), em amostra total, indicaram a presença de zeolitas da série *estilbita / stellerita / barrerita*, e de *laumontita*. As similaridades estrutural e morfológica entre a estilbita, stellerita e barrerita, dificultam sua individualização. Entretanto, o suporte fornecido por análises em amostras monominerálicas, através de DRX (**Figura 7**), microscopia eletrônica de varredura (**Fotos 17 e 18**) e de análises químicas, via microsonda eletrônica, confirmou a estilbita, não descartando, porém, a presença de stellerita. A laumontita está associada a fácies enriquecidas em cimento carbonático.

A estilbita foi, também, caracterizada através de análises termodiferenciais (ATD) e termogravimétricas (ATG). Na **Figura 8** tem-se o diagrama ATD / ATG de estilbitas da amostra 1003-F (estação 9). O gráfico revela um conteúdo de H₂O da ordem de 16% (Angélica, 1997), compatível com os valores obtidos por Inglethorpe et al. (1996) que, nos laboratórios do Serviço Geológico Britânico - BGS, em amostras da mesma estação, determinaram 17% H₂O, através de EGA (evolved gas analysis), e 18,8% H₂O, através de ATG. O conteúdo zeolítico na amostra examinada por esses últimos pesquisadores foi 18,1%.

Recentemente, Angélica (1997) realizou análises químicas e mineralógicas por ICP-AES e por microscopia eletrônica de varredura, com sistema de energia dispersiva (MEV-EDS), em amostras da estação 9, cujos resultados constam no **Quadro 7**. Esses dados, no geral, corroboram

os referidos por Rezende et al. (1996), constantes do **Quadro 8**, mostrando que as zeolitas em questão são, fundamentalmente, cálcicas, com pouco K₂O e Na₂O. Destaca-se, ainda, o elevado conteúdo de bário (2.208 ppm), registrado no **Quadro 7**.

6.7 Ensaios tecnológicos

6.7.1 Ensaios preliminares no BGS

Face ao ineditismo da descoberta do minério zeolítico, e à inexperiência no trato com esse bem mineral, no Brasil, a CPRM mobilizou diversas frente de ação. Uma delas foi em direção ao *Serviço Geológico Britânico - BGS*, que se ofereceu para realizar os ensaios de caracterização e beneficiamento, através do projeto *Minerals for Development*. Para essa instituição foram enviados 29 kg do minério *in natura*.

Os ensaios preliminares de pré-concentração foram animadores. Experimentações com uso de processos mecânicos, elevaram de 18,1% para, até, 41,4% a concentração zeolítica, com alto índice de recuperação (Inglethorpe et al., 1996).

Atualmente, os ensaios prosseguem no BGS, com testes investigando a eficácia de métodos de separação magnética, bem como de estudos sobre o possível uso comercial do minério.

6.7.2 Ensaios em Cuba

Um acordo de cooperação científica, técnica e tecnológica, nos campos de mineração e geologia, entre Brasil e Cuba, favoreceu um intercâmbio com a *Unión Geólogo Minera*, o Serviço Geológico Cubano. Através dessa instituição, um especialista em exploração e aproveitamento de zeolitas naturais, da *Comercializadora Internacional de Minerales Técnicos S.A. - CIMTEC*, visitou as áreas mineralizadas, na bacia do Parnaíba, e 35kg do minério foram enviados para estudos naquela empresa.

Cuba desponta entre os grandes produtores mundiais de zeolitas naturais, com uma desenvolvida indústria de produtos derivados desses bens. É importante, entretanto, ressaltar, que a cultura cubana, no trato com zeolitas, consolidou-se em

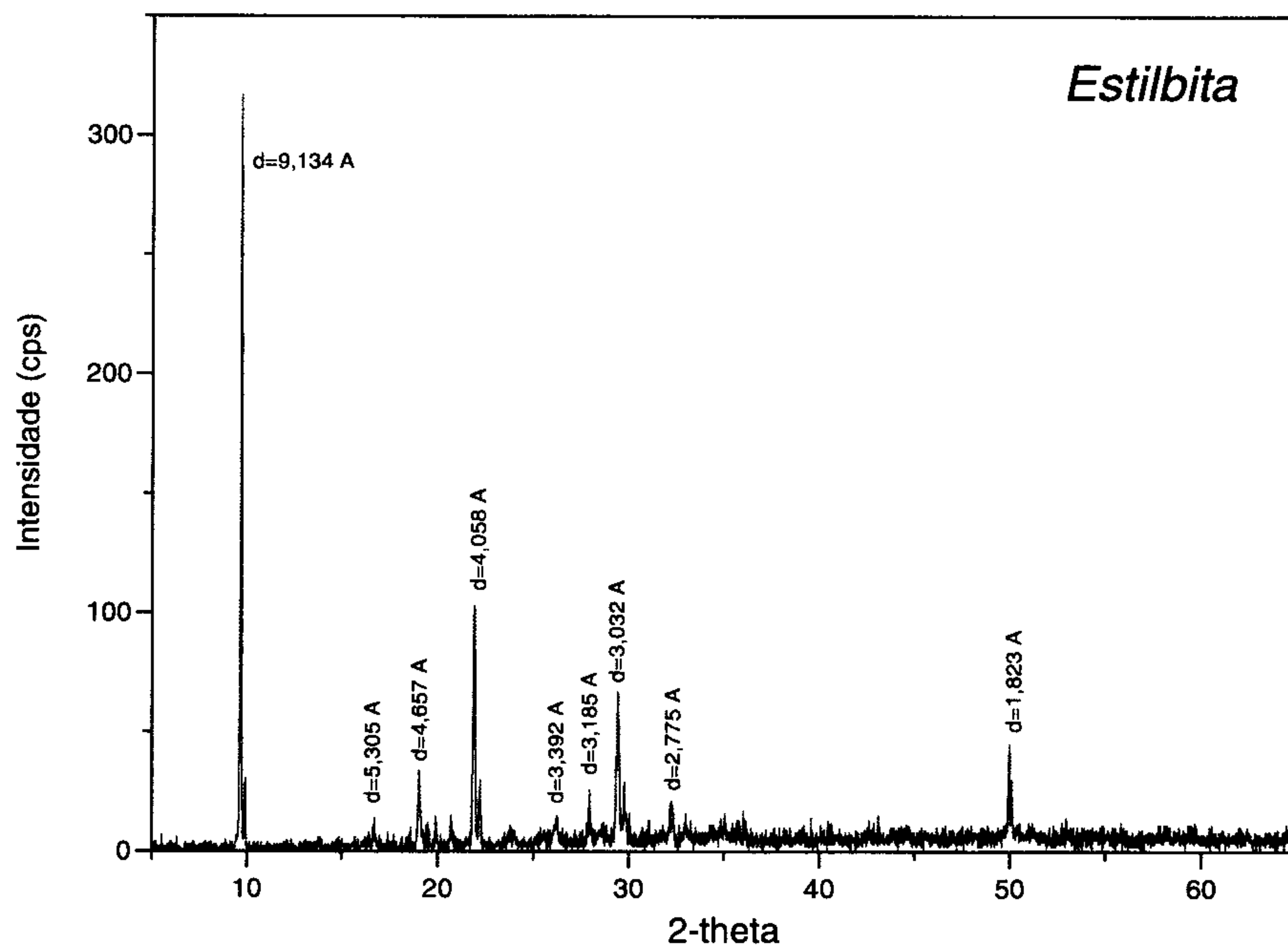


Figura 7- Espectro da difração de raios-X, em amostra de estilbita.

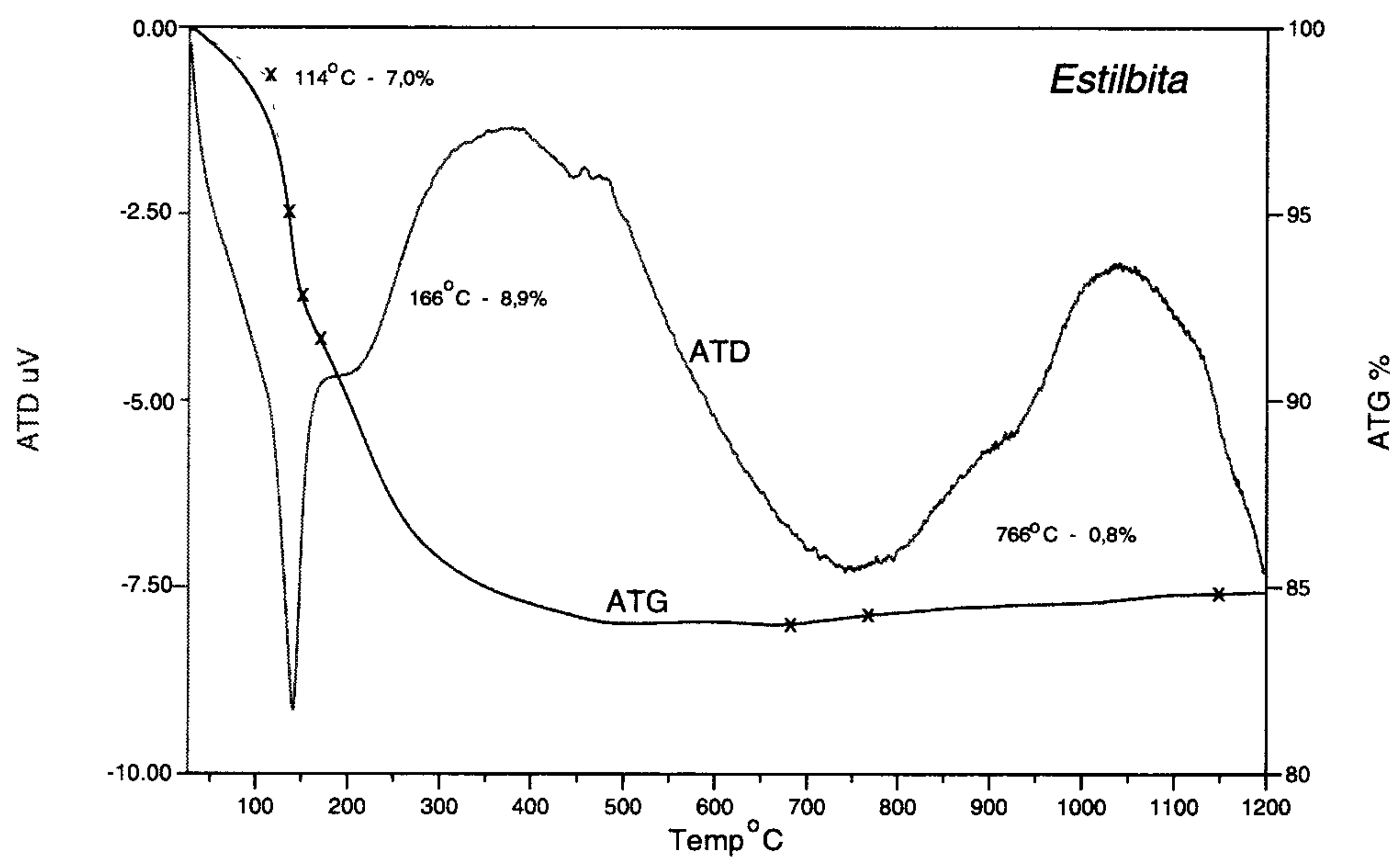


Figura 8 - Diagramas de ATD e ATG da estilbita estudada.



Foto 10 - Arenito zeolítico, na BR-010. Estação 11.



Foto 11 - Arenito zeolítico, em fácies eólica. Rio Campo Alegre/BR-010. Estação 09.

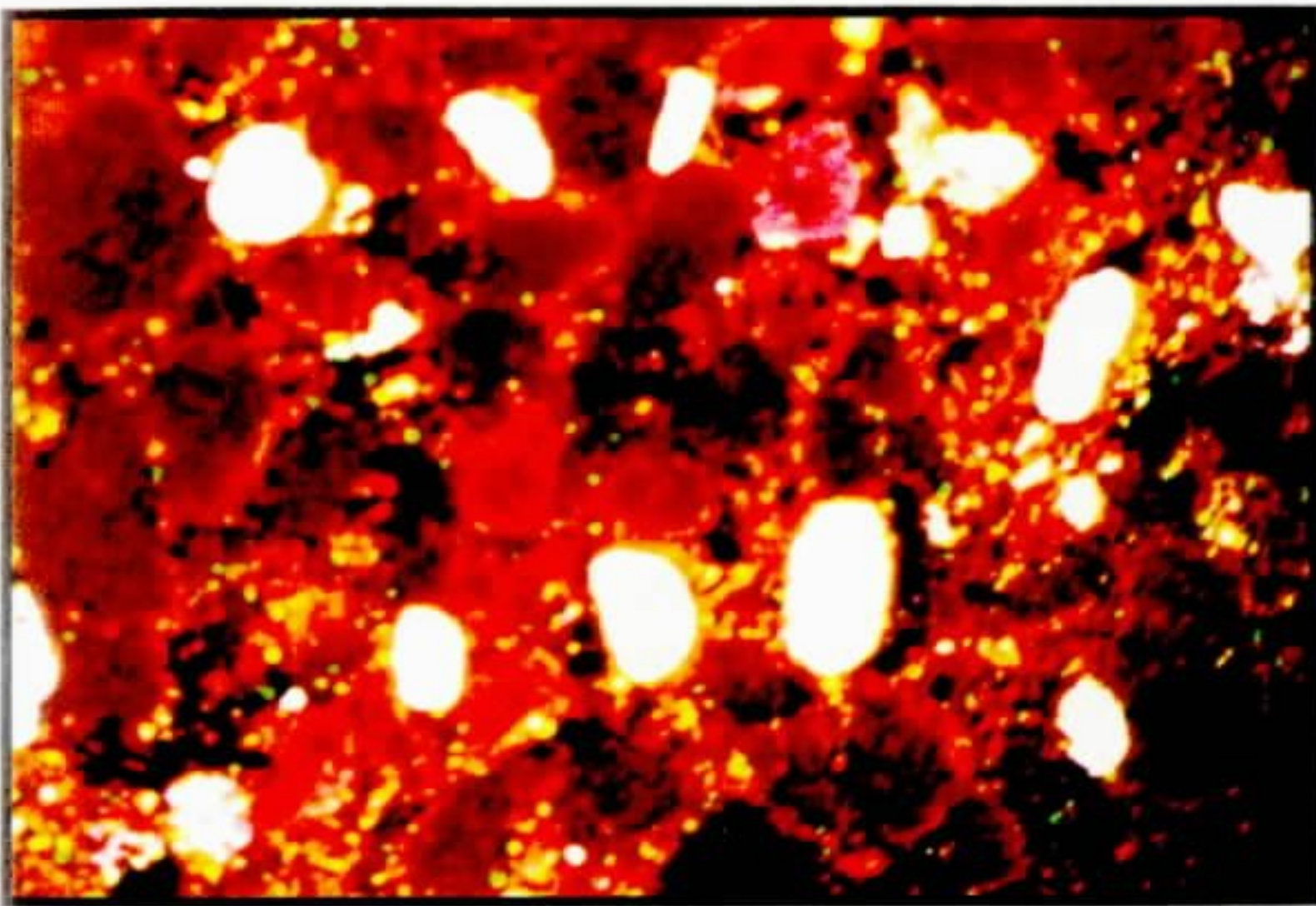


Foto 12 - Sob efeito da catodoluminescência (CL), os grãos de quartzo, de diversas colorações, refletem diferentes gerações/áreas-fontes. A matriz zeolítica também apresenta pontuações luminescentes e que podem estar relacionadas a elementos denominados como ativadores.

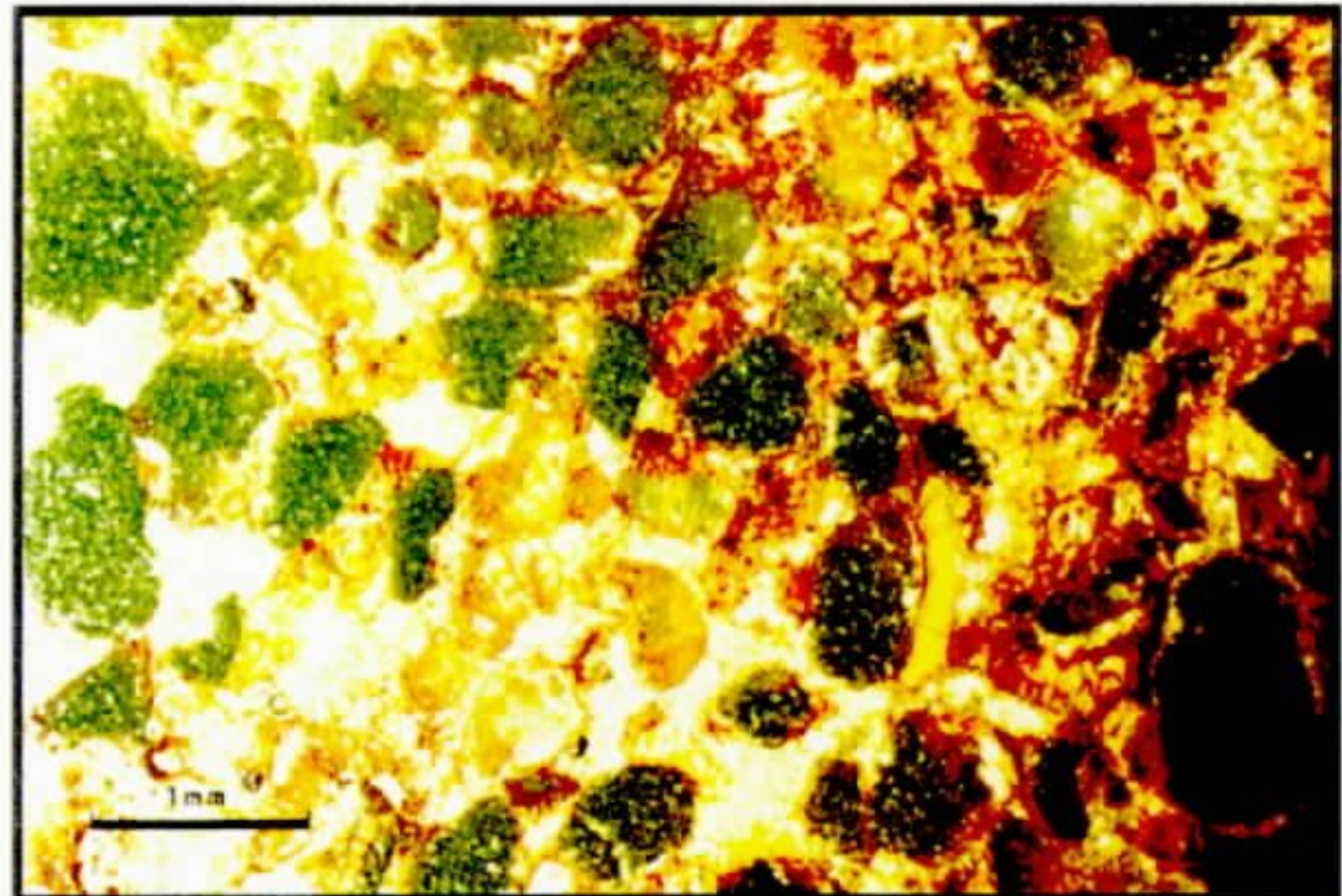


Foto 13 - A mesma foto ao lado, eliminado o efeito da catodoluminescência. As colorações, esverdeada dos grãos de quartzo, e amarelada da massa zeolítica, estão distorcidas por interferência do instrumental acessório para a análise.

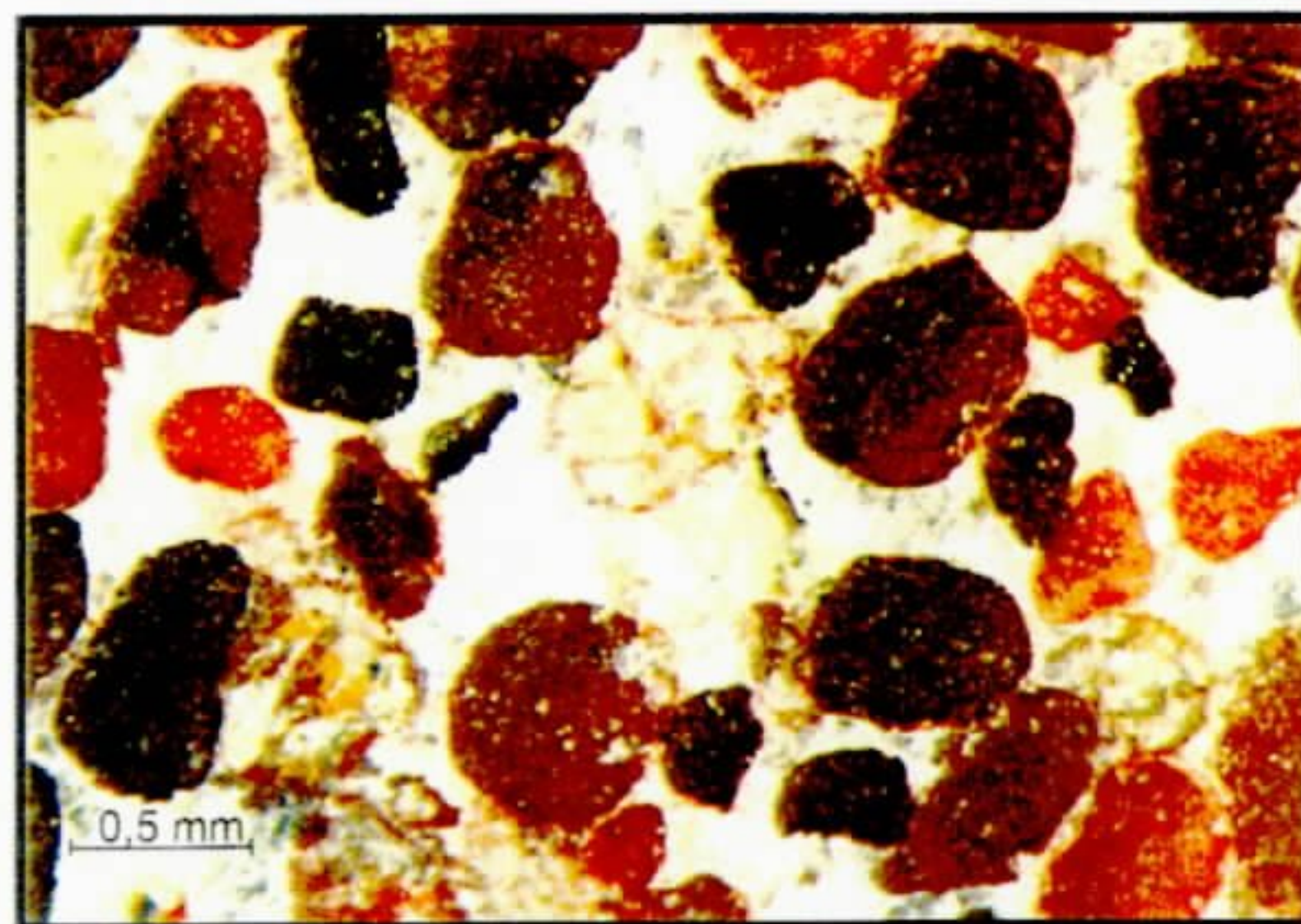


Foto 14 - Massa zeolítica, esbranquiçada, sustentando grãos de quartzo e fragmentos de rocha. Seção polida, sob lupa binocular.

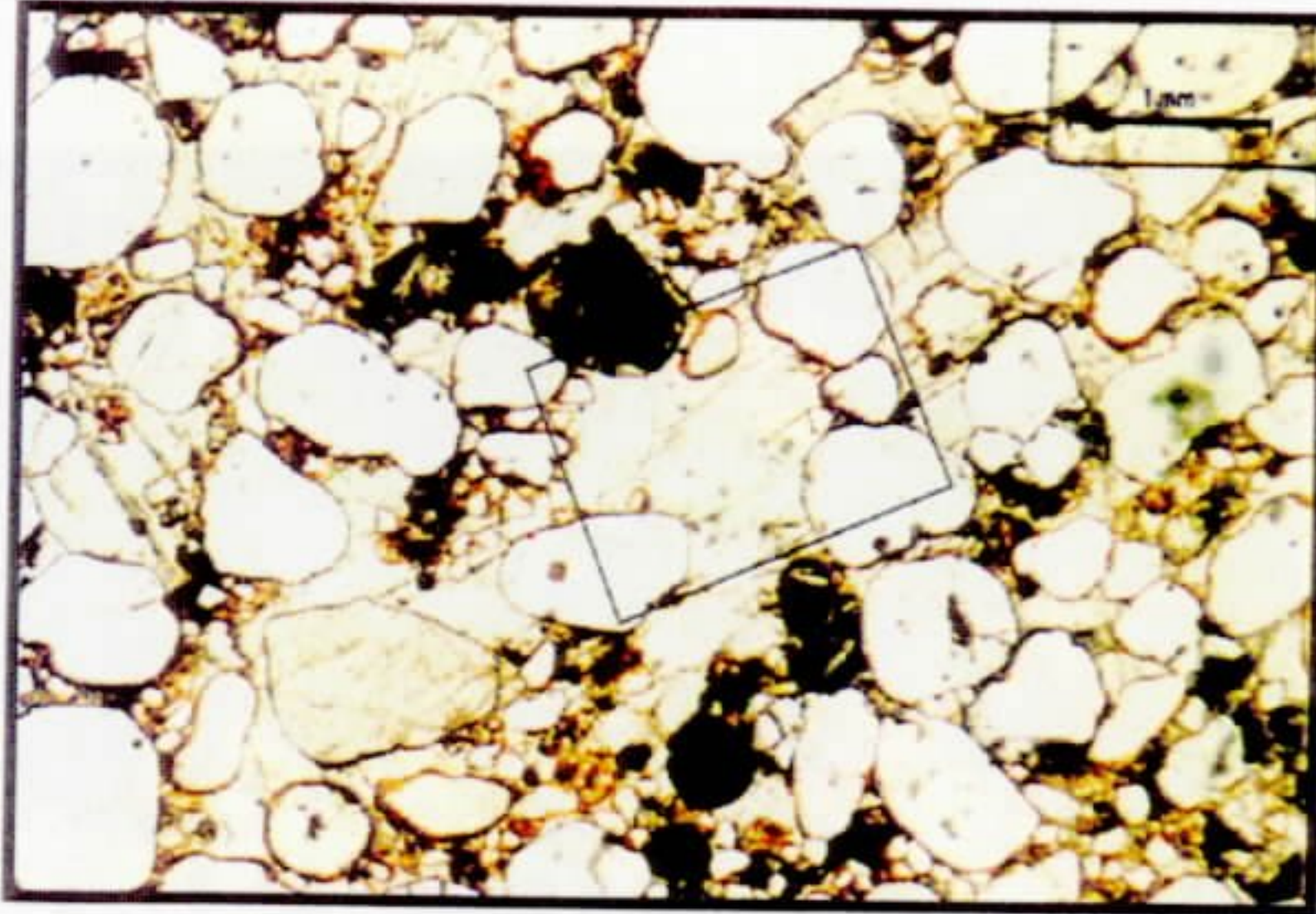


Foto 15 - Estilbita em feixes tabulares, constituindo fundo matricial de baixo relevo em relação aos grãos de quartzo. Nota-se a película ferruginosa envolvendo os grãos detriticos. Microscópio petrográfico (LN).

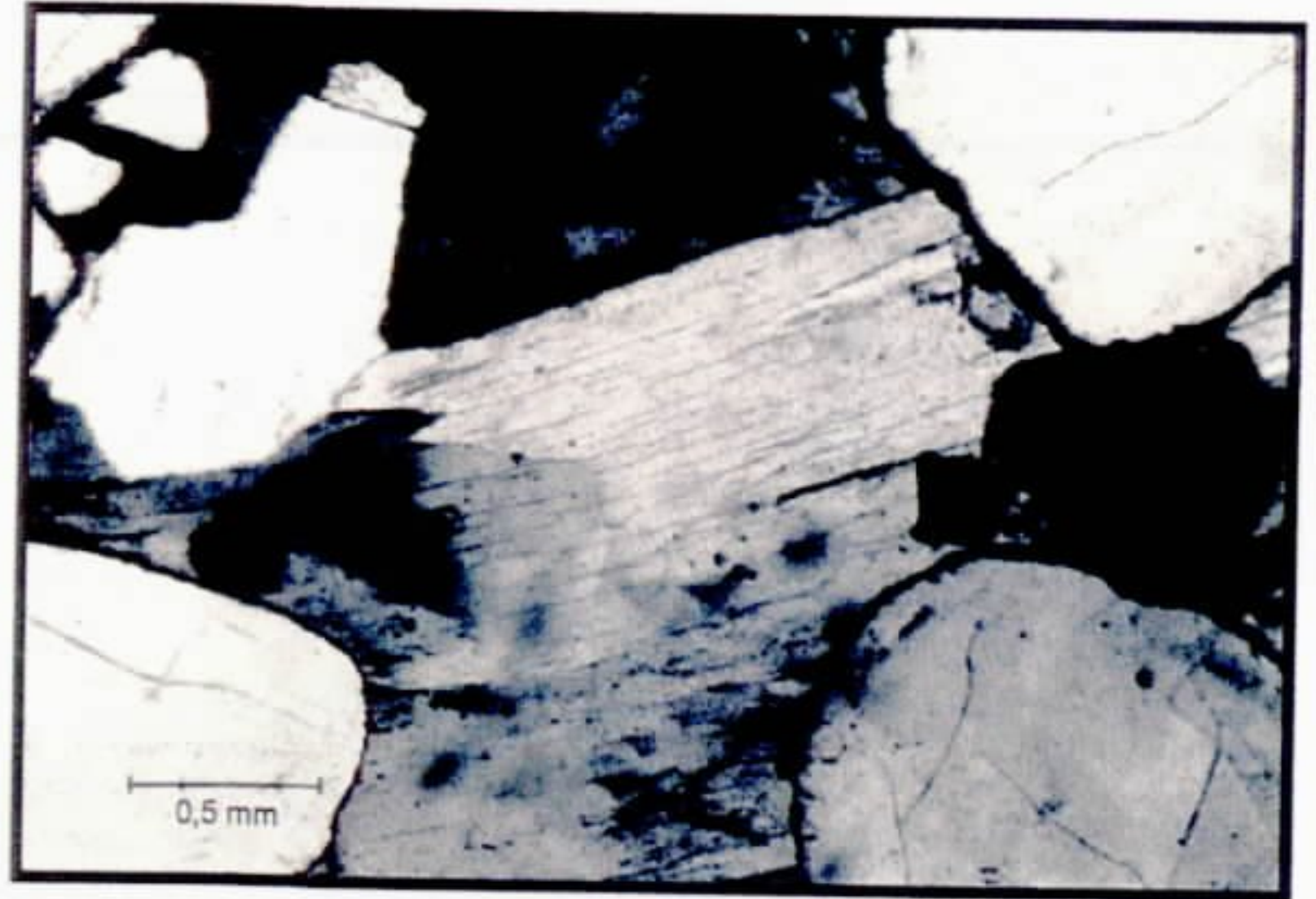
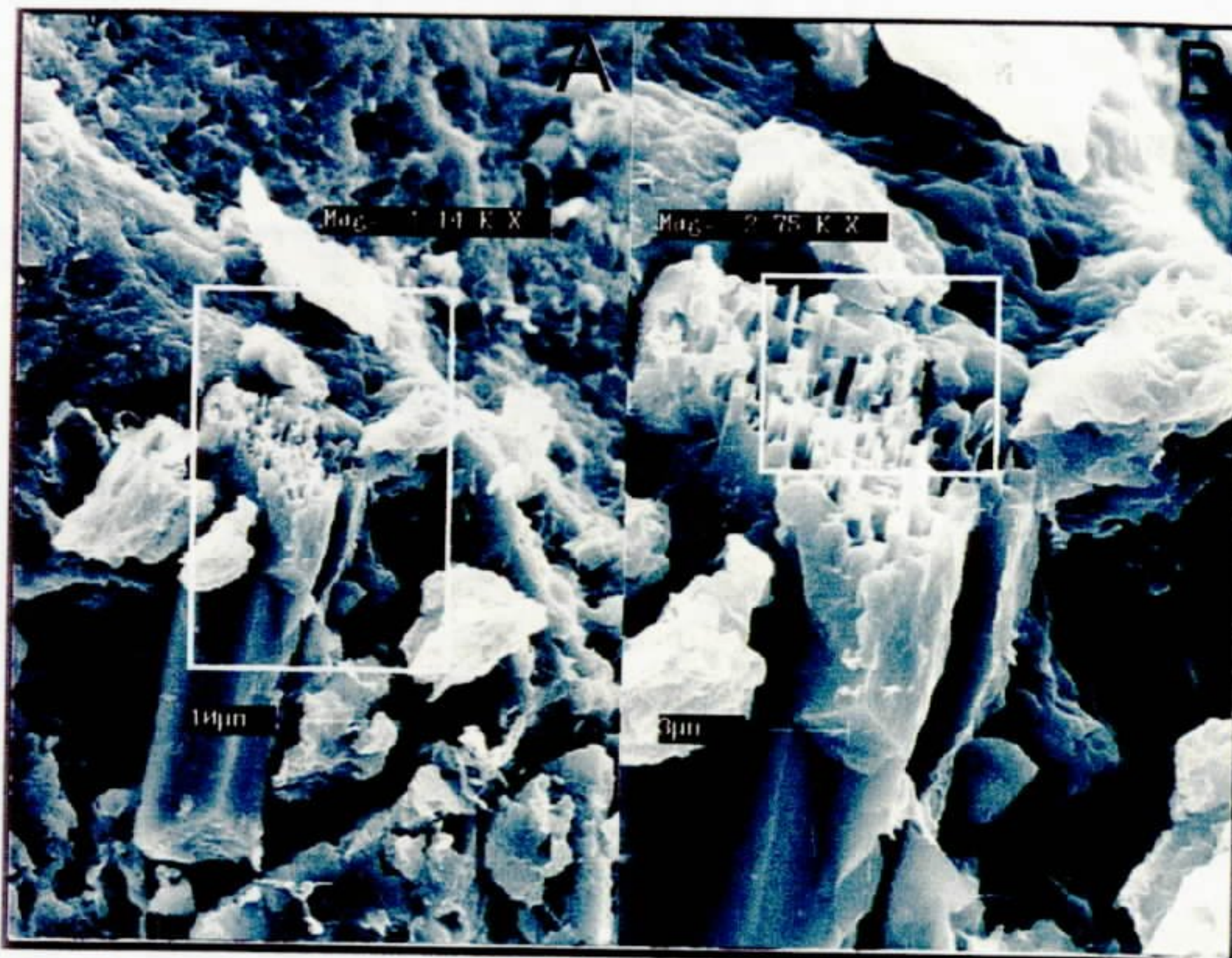


Foto 16 - Detalhe da foto anterior. Destaca-se o contraste de relevo. (Luz polarizada - XN).

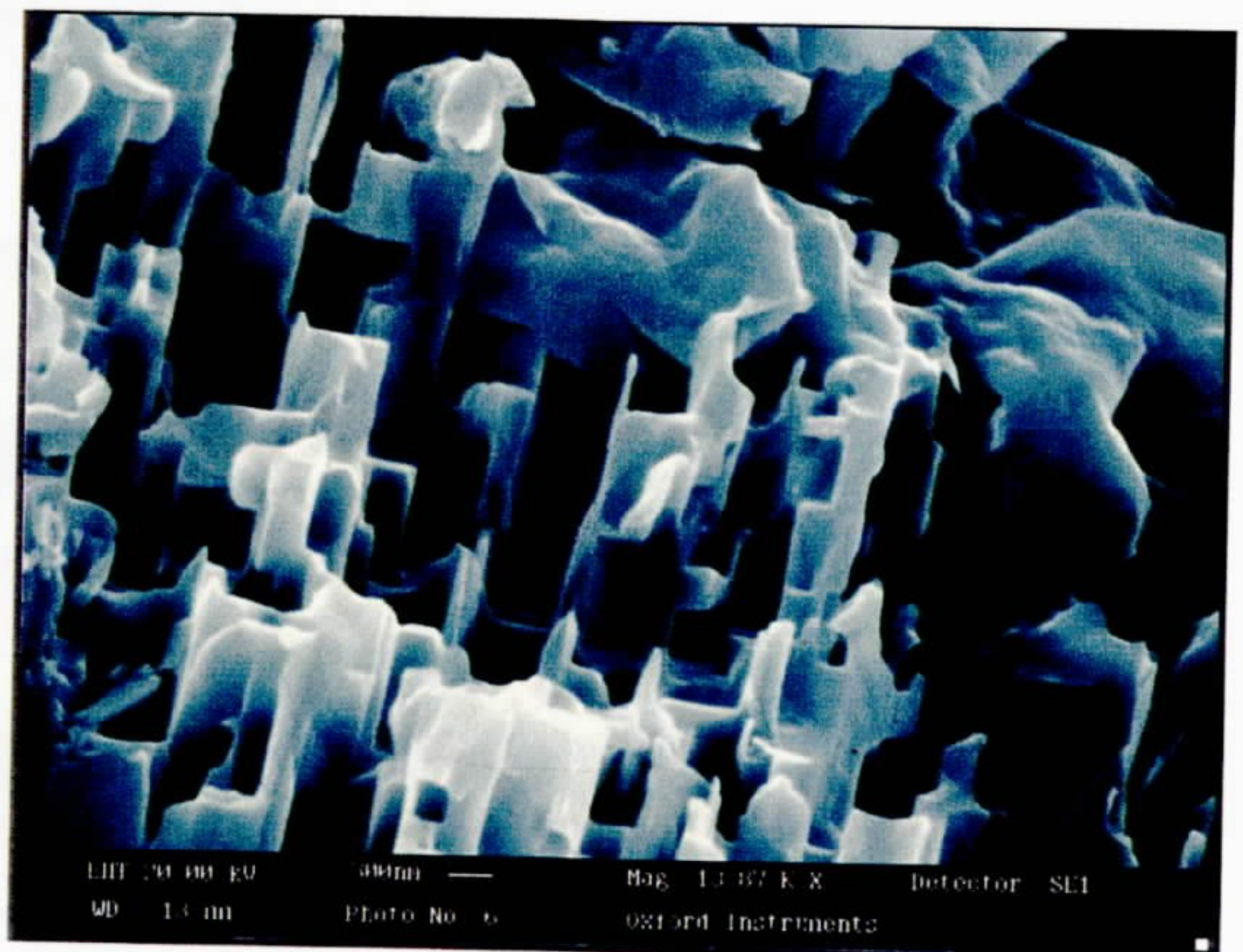


Microscopia eletrônica de varredura

Foto 17B - Detalhe da Foto 17A.

Foto 17A - Cristais prismáticos / tabulares de estilbita.

Foto 18 - Detalhe da Foto 17B



Quadro 7 - Análise química total (em %) e elementos-traços realizada (em ppm) por ICP-AES e por MEV-EDS

	ICP-AES	EDS (a)		EDS (b)		Deer et al. ¹ (1966)
		sem H ₂ O	com H ₂ O	sem H ₂ O	com H ₂ O	
SiO ₂	n.a.	71,15	59,84	71,60	60,22	56,24
Al ₂ O ₃	13,54	19,38	16,30	17,28	14,53	17,16
CaO	5,97	8,41	7,07	10,16	8,54	8,56
Na ₂ O	0,57	0,09	0,08	0,16	0,13	tr
K ₂ O	0,53	0,96	0,81	0,80	0,67	0,32
MgO	0,16	-	-	-	-	0,40
H ₂ O	15,9*	-	15,9*	-	15,9*	17,76
Total			100,0		100,0	100,44
Ba	2208					
Cu	227					
Fe	738					
Mn	82					
Sr	134					
Zn	104					

¹ estilbita em basalto vesiculartr - traços* resultado da análise por ATD-ATG - não detectado
n.a. - não analisado

Quadro 8 - Análises químicas por microsonda eletrônica em zeolitas de arenito da Formação Corda (amostra 1004-G)

	1	2	3	4	5
SiO ₂	62,011	57,725	60,275	57,955	58,363
Al ₂ O ₃	15,372	14,830	15,891	15,855	15,970
K ₂ O	1,064	0,604	0,844	0,911	0,519
CaO	7,231	7,544	7,551	7,227	7,729
Na ₂ O	0,308	0,167	0,327	0,304	0,316
MgO	0,229	0,161	0,111	0,171	0,179
MgO	0,000	0,000	0,050	0,042	0,065
FeO _t	0,000	0,072	0,022	0,000	0,027
MnO	0,000	0,000	0,000	0,018	0,059
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,018	0,059
TOTAL ¹	86,268	81,106	85,071	82,182	83,227

Analista: Fernando Tallarico. CVRD/SUTEC (MG)

FeO_t - ferro total¹ Considera-se que o fechamento para 100,00% refere-se a H₂O molecular

Conteúdo iônico à base de 80 O

	1	2	3	4	5
Si	30,90	30,55	30,45	30,12	30,07
Al	9,00	9,56	9,74	10,04	9,92
K	0,30	0,19	0,27	0,31	0,19
Ca	3,90	4,14	3,96	4,08	4,34
Na	0,15	0,10	0,15	0,16	0,16
Mg	0,18	0,13	0,09	0,13	0,12
H ₂ O	13,73	18,89	14,93	17,82	16,87

cima das características do minério existente, e abundante, naquele país, onde os principais minerais são *clinoptilolita*, *mordenita*, *heulandita* e *analcima*. O conteúdo zeolítico, por vezes superior a 70%, permite que o minério cubano seja empregado, até, em seu estado natural (Garcia, 1996; Soca et al., 1995).

Assim, e balisadas na tradição cubana, as investigações com o minério brasileiro foram realizadas em amostras *in natura*. Esses estudos preliminares envolveram análises químicas; análises mineralógicas e granulométricas; capacidade de troca catiônica, total e por elementos; incremento de temperatura de imersão, e análise de retenção de água. O **Quadro 9** mostra alguns dados comparativos entre o arenito zeolítico da bacia do Parnaíba e os minérios cubanos.

Os ensaios cubanos mostram que o minério brasileiro não é competitivo, para uso industrial, se usado em seu estado natural.

6.7.3 Ensaio no CETEM

Em termos de laboratório nacional, foram enviados, em setembro de 1997, 210 kg do minério zeolítico, ao CETEM, visando a caracterização tecnológica, com ensaios de beneficiamento e pesquisas sobre campos potenciais de aplicação, especialmente na área de controle de poluição ambiental, bem como na obtenção de zeolitas sintéticas, a partir de matéria-prima fornecida pelo material da bacia do Parnaíba.

Estima-se que os resultados preliminares dessa investigação estejam disponíveis já no início de 1998.

Quadro 9 – Comparação entre os minérios zeolíticos do Brasil e Cuba

Procedência da Amostra	Conteúdo Zeolítico (%)	CTC Total (meq/100g)	ΔT (°C)*
Minério Brasileiro			
Amostra NR - 1003-I	< 30	17,38	1,5
NR - 1003-J		20,48	1,5
NR - 1003-K		20,55	1,5
NR - 1003-L		17,56	1,5
NR - 1007-A		28,74	2,0
Minério Cubano			
Tipo I	> 70	> 120	> 12
Tipo II	50 - 70	80 - 120	7 - 12
Tipo III	30 - 50	55 - 80	5 - 7

ΔT (°C) = Variação de temperatura (calor de imersão)

7 - Conclusões e recomendações

- Os bens minerais investigados neste programa, esmectitas, atapulgitas e zeolitas, têm grande diversidade de aplicação industrial, sendo esses campos, no geral, comum aos três insumos. Essa peculiaridade, aliada ao espalhamento geográfico dos corpos mineralizados, oferece opções de exploração de acordo com a localização do mercado consumidor.

- Assim, o delineamento de zonas prospectáveis em termos de jazimentos de esmectitas, constitui-se um importante subsídio a futuros empreendimentos mineiros, naquela região nordestina ainda carente de desenvolvimento industrial. Embora considerando-se que para uma definição precisa do uso industrial de um bem mineral, tem-se, quase sempre, como pré-requisito, a realização de ensaios tecnológicos complementares à sua caracterização mineralógica qualitativa, essa caracterização, entretanto, pode fornecer indicações satisfatórias naquele sentido.

- No que se refere à atapulgita, o conhecimento já existente sobre os depósitos do Município de Guadalupe (PI), forneceu guias prospectivos para buscar-se novos jazimentos na bacia. Entretanto, as outras ocorrências, identificadas neste Projeto, são destituídas de interesse econômico. Ressalta-se, porém, a importância dos depósitos atapulgíticos de Guadalupe, pela diversidade de aplicações industriais possíveis, já caracterizadas para o minério daquele município piauiense.

- Quanto às zeolitas, os resultados foram bem mais significativos. A descoberta e o estudo dos amplos parâmetros geológicos que condicionam o jazimento, refletidos na mineralogia, no quimismo e na sua distribuição espacial, forneceram as bases para a idealização de outras áreas potenciais no Brasil. Os arenitos zeolíticos da bacia do Parnaíba constituem, sem dúvida, neste país, a mais expressiva ocorrência conhecida desses bens minerais, cuja importância econômica justifica

os ensaios tecnológicos que estão sendo realizados nesse minério, visando definir potenciais campos de aplicação e processos de beneficiamento. Os resultados preliminares de testes de beneficiamento, no Serviço Geológico Britânico - BGS e no CETEM, já acenam com perspectivas otimistas, nesse sentido. Quanto aos usos potenciais, ainda há um vasto horizonte a ser investigado.

- Como ações visando o possível aproveitamento futuro desses recursos minerais, recomenda-se, como passos iniciais:

A. Para as esmectitas

- Realização de ensaios tecnológicos complementares, para investigar sua aplicabilidade industrial.

B. Para as atapulgitas

- Promover ampla divulgação das oportunidades minerais oferecidas pelos depósitos de Guadalupe;

- Por tratar-se de um mineral fibroso, investigar-se possíveis riscos à saúde do homem, decorrentes de seu manuseio;

- Investigar a possível existência de um zoneamento mineralógico, tendo em vista a localização de produtos mais versáteis, como a sepiolita.

C. Para as zeolitas

- Mapeamento de detalhe dos corpos mineralizados, para definir o zoneamento mineralógico, individualizando-se as fácies com estilbita e/ou com laumontita, visando suas aplicações específicas;

- dar continuidade às investigações quanto a processos de beneficiamento, bem como quanto a possíveis campos de aplicação, especialmente na agricultura e controle de poluição ambiental.

8 – Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, S.L.M. de, LUZ, A. B. da. Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe – Piauí. Rio de Janeiro: CETEM, 1986.
- ALMEIDA, S.L.M. de, RAMOS, L.T.S. Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe – PI (2ª fase) Rio de Janeiro: CETEM, 1988 50p. il.
- ANGÉLICA, R.S., et al. Estudos mineralógicos e geoquímicos preliminares da ocorrência de zeolitas em sedimentos mesozóicos da bacia do Parnaíba, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 5, Niterói, 1995. Resumos Expandidos... Niterói-RJ: SBGq, 1995 (Em CD-ROM).
- ANGÉLICA, R.S., REZENDE, N.G.A.M., COSTA, M.L., PÖLLMANN, H. 1996. Mineralogy of sedimentary zeolites in the Parnaíba basin, northern Brazil. 74th Meeting of the German Mineralogical Society, Kiel, Germany, 9-12.9.96. European J. Mineral., vol. 8, p. 3.
- ANGÉLICA, R.S. 1997. Estudos Mineralógicos avançados nas zeolitas sedimentares da Bacia do Parnaíba - Relatório de viagem à Alemanha. PROBRAL (DAAD/CAPES), relatório interno (inédito) Belém, 20 p.
- BRANCO, P. de M. Guia de redação para a área de Geociências. Porto Alegre: - Sagra-DC Luzzatto, CPRM, 1993. 176p. il.
- CAPUTO, M.V. Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil. Tese (Ph.D Geologia) Universidade da Califórnia, Santa Barbara, 1984. 583p.
- CAVALCANTI, V.M.M., BEZERRA, A. T. A atapulgita de Guadalupe – PI. Revista de Geologia, v.5, p.99 – 114, 1992. Il.
- GARCIA, O.P. Prospeccion, evaluacion y usos de las zeolitas naturales. Experiencia cubana. Cuba: CIMTEC, 1996.
- GILLOTT, J.E. Clay in engineering geology. Amsterdam: - Elsevier, 1968. 296p. il.
- GÓES, A.M.O., TRAVASSOS, W.A.S, NUNES, K.C. Projeto Parnaíba – reavaliação da Bacia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriu-SC, 1994. Anais do ... Camboriu-SC, SBG, 1994. V.3. p. 311-313.
- GOMES, C.F. Argilas. O que são e para que servem. Lisboa: - Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. 457p. il.
- GRIM, R.E. Clay mineralogy. 2ed. New York: - McGraw-Hill, 1968. 596p.
- HUFF., S. de C. Petrografia e modelo deposicional das áreas de Igarapé do Inferno e Anjo da Guarda. Rio de Janeiro: PETROMISA, 1988. 36p. il. (Relatório Interno s/n).
- LIMA, E. de A.M., LEITE, J.F. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba, relatório final;. Recife: DNPM/ CPRM, 1978. V 1. il
- LISBOA, M.A.R. – The Permian Geology of Northern Brazil. In: LIMA , E. de A.M.; LEITE, J.F. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba; relatório final. Recife: - DNPM/CPRM, 1978 v.1. il.
- MILLOT, G. et al. Une séquence sédimentaire et géochimique des minéraux argileux: montmorillonite, atapulgite, sépiolite. In: CAVALCANTI, V.M.M., BEZERRA, A.T. Revista de Geologia v.5, p. 99-114, 1992.
- PLETSCH, T. et al. Palaeogeographic controls on palygorskite occurrence in mid-cretaceous sediments of Morocco and adjacent basins. Clay minerals, v. 31, p. 403-416, 1996. il.

-
- REZENDE, N. G. A.M. Argilas nobres na bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriu-SC, 1994. Anais do... Camboriu-SC, SBG, 1994. V.2, p. 128-129.
- REZENDE, N.G.A.M., ANGÉLICA, R.S. 1995. Zeolitas autigênicas em sedimentos mesozóicos da América do Sul, bacia do Parnaíba, nordeste do Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 9, Caracas, Vz, 1995, Anais ... Caracas-VZ: 1995a. (Em disquetes).
- REZENDE, N.G.A.M. ANGÉLICA, R.S. 1995. Zeolitas naturais em rochas sedimentares na bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16, Recife, 1995. Resumos expandidos... Recife: SBG/NE, 1995b. p. 216-219.
- REZENDE, N.G.A.M., ANGÉLICA, R.S. Zeolitas Sedimentares no Brasil - uma idealização de áreas potenciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador, 1996. Resumos Expandidos... Salvador: SBG, 1996. v.3, p. 157-159
- REZENDE, N.G.A.M., et al. Aspectos mineralógicos e geoquímicos das ocorrências de zeolitas sedimentares na bacia do Parnaíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, Belém: 1996. Resumos Expandidos... Belém, SBG/No, 1996 p. 177-180.
- REZENDE, N.G.A.M. & ANGÉLICA, R.S. 1997. Zeolitas Sedimentares no Brasil. In: C. Schobbenhaus et al. (Editores), Principais Depósitos Minerais do Brasil, DNPM/CPRM, Brasília, vol. IVb (no prelo).
- SANTOS, P. de S. Ciência e tecnologia de argilas. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 408p. v. 1. il.
- SANTOS, P. de S. Ciência e tecnologia de argilas. 2 ed. São Paulo: - Edgard Blücher, 1992. 854p. v.2. il.
- SOCA, M., CANAL, L., FALLARERO, C. Efecto de las zeolitas naturales y modificadas en el impacto del entorno ecológico (S.N.T.) 1995.

Características gerais das estações investigadas

Características Gerais das Estações Investigadas
Unidade: Aluviões do Quaternário

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares	
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
03-A	C2	05°33'33"	47°28'40"	Argila cinza, mosqueada, utilizada em cerâmica vermelha	x	X	x								
30-A	C1	05°39'28"	48°07'15"	Argila cinza, painel de lavra para cerâmica vermelha											
30-B	C1	05°39'28"	48°07'15"	Argila plástica, levemente silto-arenosa	x	X	x								
59	E1	07°14'15"	48°20'05"	Argila plástica micromicácea; para cerâmica vermelha		X	x		x						
62-A	E1	07°27'25"	48°23'40"	Argila cinza escura arenosa; para cerâmica vermelha	x	x	x		x						
79	F1	08°51'50"	48°29'11"	Argila usada na indústria cerâmica vermelha		X	x	x							
87	D2	06°23'40"	47°24'39"	Argila cinza escura para cerâmica vermelha											
152	D5	06°24'00"	44°36'00"	Argila cinza escura, usada para cerâmica vermelha											

Unidade: Formação Itapecuru

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares	
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
20	C2	05°36'29"	47°38'14"	Argilito síltico, sedoso; castanho avermelhado	x	x	X	x							
21	C2	05°35'28"	47°41'53"	Sedimento areno-argiloso (poço)											
22	C2	05°36'57"	47°46'26"	Argilito variegado; sedoso											
94	C3	05°46'00"	46°04'19"	Cava de argila cinza clara para cerâmica vermelha	x	X									
97-A	C3	05°40'09"	46°11'46"	Siltito areno-argiloso creme a vermelho	X	x	x	x							
97-B	C3	05°40'09"	46°11'46"	Argilito plástico cinza e esverdeado	x	X	x	P		P					
98	C3	05°32'18"	46°12'18"	Argila, arenosa, cinza médio, mosqueada											
100	D3	05°56'39"	46°39'54"	Argilito branco, mosqueado; arenito associado	x	X	x								
101	C3	05°35'25"	46°43'13"	Semelhante anterior											

Q - quartzo

K - caulinita

I - illita

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

A - atapulgita

X - freqüente

x - presença subordinada

P - presença possível

CTC em meq/100g

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Codó

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
01	C2	05°39'12"	47°20'42"	Folhelho siltico, cinza esverdeado, placoso	x		X							
02	C2	05°38'45"	47°18'41"	Argilito siltico, cinza plúmbeo										
04	C2	05°36'56"	47°22'25"	Argilito siltico, castanho a esverdeado	x	x	x	X					30	
17	C2	05°49'32"	47°05'04"	Folhelho esverdeado a negro, localmente siltico	x	x	x	X					52	
93-A	C3	05°45'20"	46°12'48"	Mina de gipsita de hábitos diversos (nodular, maciça)										
94-B	C3	05°46'00"	46°04'19"	Folhelho cinza/esverdeado, plástico, quebradiço		X								
95-A	C3	05°46'19"	46°07'28"	Argila escura, em área de gipsita		x	x	X		P			52	
95-B	C3	05°46'19"	46°07'28"	Argila negra, plástica, localmente arenosa										
96	C3	05°41'13"	46°10'44"	Calcário argiloso; brecha calcária										
99	C3	05°38'37"	46°12'48"	Argilas em seqüência carbonática (LA-480-Projeto Global)			X	X						
102-A	C3	05°45'47"	46°39'34"	Argilas em ambiente carbonático. (EL-216-Projeto Global)		x	x	X		P			65	
102-B	C3	05°45'47"	46°39'34"	Calcita fibrosa										
103-A	C3	05°52'12"	46°41'54"	Argilito cinza azulado, de poço		x	x	P	P	P				
103-B	C3	05°52'12"	46°41'54"	Argila vermelha sedosa		X	X							
172	C4	05°25'56"	45°10'56"	Calcário argiloso; estromatolitos										
173	C4	05°26'59"	45°08'18"	Calcário; argila carbonática; calcita fibrosa (LA-466-Projeto Global)		x	x	x			x			
174-A	C4	05°30'31"	45°14'31"	Argila cinza, boa plasticidade, para cerâmica		X	x	x		P				
174-B	C4	05°30'37"	45°14'31"	Folhelho fissil, cinza, plúmbeo, higroscópico	x	X	x	x						
174-C	C4	05°30'37"	45°14'31"	Arenito com exsudações salinas										
175	C4	05°33'29"	45°15'13"	Argila castanha, pouco plástica; arenito										
176	C4	05°36'10"	45°14'55"	Calcário lenticular, argiloso, algálico										
177	C4	05°37'01"	45°15'15"	Arenito laminado, médio a fino (GRAJAU)										
182-A	C4	05°30'12"	45°15'53"	Gipsita branca, leitosa										
182-B	C4	05°30'12"	45°15'53"	Folhelho cinza esverdeado, higroscópico		x	x	X					43	
182-C	C4	05°30'12"	45°15'53"	Argilito arenoso, castanho										
183	C4	05°26'20"	45°05'31"	Carbonatos argilosos, com silixito										
184-B	C4	05°22'33"	45°05'39"	Argila castanha de contexto carbonático	x	x	X							
184-A	C4	05°22'33"	45°05'39"	Argila cinza esverdeada de contexto carbonático	x	X	x	x			x			
185-A	C4	05°23'41"	45°04'30"	Sulfato de oxidação, em arenito argiloso	X		x							
185-B	C4	05°23'41"	45°04'30"	Pelito gipsífero, cinza esverdeado										
185-C	C4	05°23'41"	45°04'30"	Idem acima. Arenito associado	x	X	x	X		P				
186	C5	05°24'19"	44°50'14"	Calcário silicificado, contexto argiloso										

Q - quartzo

K - caulinita

I - illita

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

A - atapulgita

X - freqüente

x - presença subordinada

P - presença possível

CTC em meq/100g

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Codó

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)								Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
188	C5	05°22'33"	44°46'43"	Argilito cinza claro, higroscópico, placoso	x	X	x	X		P				57	
189-A	C5	05°17'17"	44°32'26"	Argilito associado a calcário e gipsita	x	x	x	X						48	
189-B	C5	05°17'17"	44°32'26"	Leito calcário, ostracoidal											
190-A	C5	05°12'31"	44°43'44"	Folhelho gipsífero, cinza esverdeado	x	X	x	X							
190-B	C5	05°12'31"	44°43'44"	Gipsita em lentículas e lamínulas											
191	C5	05°10'40"	44°45'12"	Folhelho Gipsífero											
192-A	C5	05°05'56"	44°34'02"	Folhelho cinza azulado, gipsífero	x	X	X	x		P					
192-B	C5	05°05'56"	44°34'02"	Argilito cinza, higroscópico, quebradiço	x	X	X	x		P					
193	C5	05°04'44"	44°35'46"	Folhelho cinza azulado, gipsífero											
194	B5	04°52'47"	44°39'35"	Folhelho esverdeado gipsífero											
195	B5	04°53'52"	44°36'19"	Argilito esverdeado, quebradiço											
196	B5	04°52'42"	44°27'49"	Folhelho cinza esverdeado a escuro, de poço	x	X	x	X		P					
197	B5	05°14'28"	44°28'54"	Arenito fino, cinza esverdeado, carbonático, micáceo											
198	B5	05°12'23"	44°28'32"	Argilas em contexto calcário; silte											
199	B5	05°05'42"	44°16'42"	Argilito plástico, esverdeado, sedoso		x	x	X						57	
200-A	B5	05°04'38"	44°16'25"	Folhelho negro, carbonático, fossilífero											
200-B	B5	05°04'38"	44°16'25"	Argilito esverdeado; calcário associado			x	X		x				35	
201	B5	04°52'11"	44°21'21"	Folhelho cinza, gipsífero		X	x	X							
202	B5	04°36'11"	44°19'56"	Argilito cinza, higroscópico, placoso											
203	B5	04°43'37"	44°05'21"	Pelito cinza/esverdeado, higroscópico		x	x	X						48	
204	B5	04°49'45"	44°04'32"	Argilito cinza/castanho; contexto gipsífero											
205-A	B5	04°52'00"	44°03'21"	Mina da Sentada. Folhelho carbonático											
205-B	B5	44°52'00"	44°03'21"	Argilito papiráceo, carbonático											
205-C	B5	44°52'00"	44°03'21"	Idem acima; contexto gipsífero											
205-D	B5	44°52'00"	44°03'21"	Concreções carbonáticas											
206	C5	05°17'45"	44°27'50"	Argilito, em contexto carbonático											
207	C5	05°07'37"	44°10'57"	Argilas associadas a carbonatos silicificados											
208	C5	05°06'45"	44°09'39"	Folhelho siltico, cinza											
213	B5	04°31'16"	44°02'31"	Folhelho cinza azulado; calcário/gipsita	x	X	x	X							
214	B6	04°29'06"	44°07'56"	Folhelho, intercalado a calcário	x	x	x	X						65	
215-A	B6	04°40'30"	44°11'42"	Minério sulfetado do Igarapé do Inferno											
215-B	B6	04°40'30"	44°11'42"	Folhelho negro, carbonático, fossilífero	x			X		X					

Q - quartzo K - caulinita I - illita E - esmectita C - clorita I.E. - interestratificados Ca - calcita
 A - atapulgita X - freqüente x - presença subordinada P - presença possível CTC em meq/100g

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Corda I

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)								Ensaio Complementares	
	Quadricula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
O5	C2	05°45'59"	47°21'33"	Argilito siltico, cores variadas; alterado		x	x	X						
06-A	C2	05°46'42"	47°21'30"	Argilito siltico, cores variadas, concrecionário										
06-B	C2	05°46'42"	05°46'42"	Fácies mais argiloso, castanho avermelhado			x	X					78	Qm
07	C2	05°47'43"	47°21'34"	Argilito cinza; recobre arenito eólico		X	X							
08	C2	05°48'53"	47°21'28"	Arenito castanho; localmente carbonático, zeolítico	X			X					X	
09	C2	05°50'40"	47°21'24"	Arenito castanho arroxeadado; fácies eólico, zeolítico	X			x					X	
10	D2	05°56'36"	47°23'01"	Como acima	X			X					X	
11	C2	05°52'22"	47°21'40"	Argilito silto-arenoso, castanho a cinza	x	x	x	X						
13	D2	06°04'59"	47°22'52"	Terra-roxa no vale; arenito na elevação										
14	C2	05°46'03"	47°18'28"	Argila esverdeada, intercalada a arenito		x	x							
15	C2	05°46'17"	47°17'32"	Arenito castanho arroxeadado; grã fina, duro	X			X					X	
16	C2	05°48'26"	47°10'08"	Argilito castanho a cinza; níveis carbonáticos				X						
18-A	C2	05°50'32"	47°10'08"	Argilito castanho a esverdeado; localmente calcífero				X		x				
18-B	C2	05°50'32"	47°10'08"	Como acima. Bom caráter higroscópico				X		x			70	Qm
19	C2	05°54'49"	47°04'38"	Argilito/arenito, turbidíticos; castanho				X					74	Qm
84	D2	06°21'54"	47°10'46"	Arenito recobrindo basalto										
85	D2	06°26'38"	47°05'03"	Arenito argiloso recobrindo basalto										
88-B/C	D3	06°58'02"	46°11'47"	Arenito fino intercalado a pelitos	X	x								
89	D3	06°58'02"	46°16'45"	Arenito fino, argiloso										
90	D3	06°46'57"	46°26'41"	Arenitos de origem eólica										
91	D3	06°55'39"	46°10'01"	Arenitos argiloso, níveis conglomeráticos	X	x		x						
92-A	D3	06°26'46"	46°10'42"	Turbidito argilo arenoso, vermelho	X	x	x							
92-B	D3	06°26'46"	01	Arenito com atriz argilosa, branca										
104	D3	06°04'44"	46°46'00"	Argilito quebradiço, castanho esverdeado										
105	D3	06°08'18"	46°52'16"	Lamito cinza escuro, boa plasticidade									65	Qm
167-A	C2	05°43'10"	47°31'53"	Arenito castanho, zeolítico	X			x					X	
167-B	C2	05°43'10"	47°31'53"	Arenito zeolítico	X			x					X	
167-C	C2	05°43'10"	47°31'53"	Arenito zeolítico	X			x					X	
167-D	C2	05°43'10"	47°31'53"	Arenito zeolítico, castanho avermelhado	X			x					X	
167-E	C2	05°43'10"	47°31'53"	Arenito zeolítico, castanho avermelhado	X			x		x			X	
167-F	C2	05°43'10"	47°31'53"	Arenito zeolítico, castanho avermelhado	X			x		x			X	
168-A	C2	05°44'56"	47°30'40"	Pelito siltoso, higroscópico	X	x	x						61	Qm

 Q - quartzo
 X - freqüente

 K - caulinita
 x - presença subordinada

 I - illita
 P - presença possível

E - esmectita

C - clorita

CTC em meq/100g

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

Qm - química

A - atapulgita

Características Gerais das Estações Investigadas
Unidade: Formação Corda I

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
168-B	C2	05°44'56"	47°30'40"	Argilito siltoso avermelhado	X	x	x	X		P			61	Qm
168-C	C2	05°44'56"	47°30'40"	Argilito esverdeado, boa plasticidade	X	x	x	X					78	Qm
169	C2	05°47'52"	47°29'44"	Argilito cinza esverdeado higroscópico, quartzoso										
170	C2	05°48'54"	47°29'52"	Arenito zeolítico, castanho avermelhado										
171	C2	05°52'27"	47°04'45"	Arenito, castanho avermelhado	X			x				x		
178	C4	05°40'33"	45°16'06"	Arenito ortoquartzítico, eólico	X			x				x		
179	C4	05°38'42"	45°16'02"	Arenito ortoquartzítico										
181	C4	05°37'05"	45°15'55"	Arenito com material intersticial argiloso										
187	C5	05°23'26"	44°47'57"	Arenito friável argiloso, fino a médio										

Unidade: Formação Mosquito

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
12	D2	06°11'85"	47°22'60"	Saprolito derivado de basalto		x		X						
23	D2	05°44'56"	47°58'13"	Saprolito de basalto										
32-A	C1	05°47'05"	48°01'36"	Saprolito de basalto		X								
32-B	C1	05°47'05"	48°01'36"	Idem acima		x		X						
33	C1	05°48'51"	48°01'10"	Idem acima. Recobre arenito eólico										
34	D2	06°14'04"	47°48'22"	Argila intercalada a basaltos alterados	x	X								
35	D2	06°19'52"	47°25'51"	Saprolito de basalto. Cobertura por aluvião										
37	D2	06°40'24"	47°44'00"	Saprolito de basalto. Espessura > 7m		X								
38	D2	06°23'56"	47°56'41"	Saprolito de basalto										
83-B	D2	06°22'01"	47°19'14"	Basalto decomposto		X		X						
88-A	D3	06°58'02"	46°11'47"	Basalto alterado, sob sedimentos finos										
106-C	D2	06°11'39"	46°23'25"	Basalto alterado										
109	C2	05°45'58"	47°59'29"	Basalto										
110	C1	05°49'20"	48°00'46"	Basalto com fraturas com zeolitas, e calcita										
111	C2	05°53'45"	47°56'08"	Basalto amigdaloidal										
112	D2	06°11'34"	47°51'09"	Basalto amigdaloidal										
113	D2	06°37'08"	47°33'14"	Basalto afanítico, homogêneo										
114	D2	06°38'20"	47°39'40"	Basalto; fraturas com arenito										

 Q - quartzo
 X - frequente

 K - caulinita
 x - presença subordinada

 I - illita
 P - presença possível

E - esmectita

 C - clorita
 CTC em meq/100g

I.E. - interestratificados

 Ca - calcita
 Qm - química

A - atapulgita

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Mosquito				Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares			
Estação	Localização				Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)												
115	E1	06°55'01"	48°07'28"	Basalto homogêneo, grã fina											
116	E1	07°17'59"	48°01'14"	Basalto											
117	D2	06°21'57"	47°19'54"	Basalto											
118	D2	06°27'46"	47°04'12"	Basalto											
119	E3	06°57'57"	46°10'15"	Basalto											
120	D3	06°44'46"	46°08'50"	Basalto											
124	D6	06°50'01"	43°21'47"	Diabásio, grã fina											
125-A	D6	06°39'43"	43°32'05"	Saprolito de basalto											
127	D6	06°44'56"	43°34'06"	Saprolito de basalto											
142	D5	06°06'21"	44°07'32"	Basalto, em vários graus de alteração		X									
145	D6	06°29'45"	43°54'49"	Saprolito de basalto											
147-E	D5	06°37'38"	44°04'03"	Diabásio; fraturas com carbonato											
147-F	D5	06°37'38"	44°04'03"	Saprolito de diabásio											
148-A	D5	06°30'23"	44°12'58"	Diabásio											
148-B	D5	06°30'23"	44°12'58"	Saprolito derivado de diabásio											
150-A	D5	06°23'52"	44°33'16"	Saprolito de diabásio											
157-A	E4	07°06'22"	45°57'42"	Saprolito de basalto amigdaloidal		X									
157-B	E4	07°06'22"	40°00'06"	Amígdala de basalto alterado		X									
158-A	E4	07°02'03"	46°00'06"	Saprolito de basalto, fitado											
158-B/C	E4	07°02'03"	46°00'06"	Diamictito com matriz de basalto alterado											
158-D	E4	07°02'03"	46°00'06"	Saprolito basáltico; banda caulínica		X									
158-E	E4	07°02'23"	46°00'06"	Saprolito basáltico; matriz avermelhada		X									
159	D2	06°17'20"	47°16'16"	Basalto amigdaloidal com calcita											
160	D2	06°13'19"	47°06'21"	Basalto Pedreira do BEC, para brita											
161	D2	06°20'16"	47°22'29"	Basalto grã fina, negro (diabásio)											
162	D2	06°23'43"	47°23'05"	Basalto da mina de Sucupira											
163	E2	06°59'16"	47°26'33"	Basalto sobre arenito Sambaíba											
180	C4	05°34'35"	45°11'45"	Saprolito de basalto amigdaloidal		X									
210-B	C6	05°13'22"	43°29'11"	Saprolito de basalto											
210-C	C6	05°13'22"	43°29'11"	Basalto/diabásio											

 Q - quartzo
 X - freqüente

 K - caulinita
 x - presença subordinada

 I - illita
 P - presença possível

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

A - atapulgita

Características Gerais das Estações Investigadas
Unidade: Formação Mosquito

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares			
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
224	C6	05°31'11"	43°05'21"	Diabásio grã fino											
276	G3	09°31'36"	46°29'27"	Basalto bandado, amigdaloidal											
277	G3	09°36'11"	46°35'52"	Basalto alterado, em parte caulinizado											
296	B8	04°59'48"	47°59'07"	Diabásio em processo de alteração, formando mosaicos											
321	D7	06°44'52"	42°07'31"	Basalto amigdaloidal, alterado											
EH-357				Argila derivada de basito (Projeto Global)		X		X							
AV-328				Idem acima				X							

Unidade: Sistema Corda II / Pastos Bons

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares			
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
126	D6	06°34'13"	43°28'23"	Argilitos intercalados a arenitos											
130	D6	05°57'32"	43°45'35"	Folhelho castanho, quebradiço; areia fina		X	X	x		P					
131	C6	05°55'29"	43°47'33'	Argilito variegado, higroscópico, quebradiço		x	X								
132-A	C6	05°52'00"	43°49'27"	Argilito variegado, sedoso, mosqueado		X	X								
132-B	C6	05°52'00"	43°49'27"	Arenito fino, castanho, argiloso	X	X	X								
134	C5	05°56'18"	44°16'41"	Argilito vermelho a cinza; higroscópico	x	X									
135	C5	05°50'58"	44°18'43"	Argilito creme a avermelhado; quebradiço		X									
136	D5	05°53'10"	44°32'49"	Arenitos eólicos											
137	D5	05°55'46"	44°35'09"	Arenitos finos eólicos e flúvio-lacustres											
138-A	D5	05°58'03"	44°46'31"	Argilito castanho, higroscópico, arenoso		X	X								
138-B	D5	05°58'03"	44°46'31"	Argilito cinza/esverdeado, higroscópico		X	X								
139-A	D6	06°24'08"	43°43'43"	Arenito arroxeadado, fino argiloso	X	X									
139-B	D6	06°24'08"	43°43'43"	Idem acima, mais argiloso, sedoso	X	X									
140	D6	06°16'44"	43°47'08"	Argila, arenosa vermelha, sedosa											
141	D5	06°04'22"	44°11'16"	Arenitos eólicos e flúvio-lacustres											
143	D5	06°26'01"	43°59'19"	Argilito castanho/esverdeado algo arenoso	x	x	x	X							
144	D5	06°29'06"	43°56'18"	Folhelho físsil, cinza/esverdeado; arenito				X					61	Qm	
146-A	D5	06°36'49"	44°04'26"	Argilito arenoso, castanho, calcífero	x		X								
146-B	D5	06°36'29"	44°04'26"	Arenito cinza/esverdeado carbonático											
147-D	D5	06°37'38"	44°04'03"	Argilitos castanhos/esverdeados, siltosos; arbonáticos			X	x		P					

 Q - quartzo
 X - freqüente

 K - caulinita
 x - presença subordinada

 I - illita
 P - presença possível

E - esmectita

 C - clorita
 CTC em meq/100g

I.E. - interestratificados

 Ca - calcita
 Qm - química

A - atapulgita

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Sistema Corda II / Pastos Bons

Cont.

Estação	LOCALIZAÇÃO			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
148-C	D5	06°30'23"	44°12'58"	Argilito vermelho tijolo, quebradiço										
148-D/F	D5	06°30'23"	44°12'58"	Arenito fino argiloso, castanho	X	X								
148-E	D5	06°30'23"	44°12'58"	Argilito silto - arenoso, castanho	x	X								
148-G	D5	06°30'23"	44°12'58"	Argilito laminado, varvítico										
149	D5	06°24'10"	44°16'39"	Argilito castanho, quebradiço, sob diabásio										
150-B	D5	06°23'52"	44°33'16"	Arenito intrudido por diabásio										
151	D5	06°25'06"	44°35'20"	Argilito vermelho tijolo, plástico, siltico		x	x	X						
164-A	D5	06°38'56"	44°10'04"	Arenito castanho/roxo; matriz branco leitosa; ferruginoso	X	x								
164-B	D5	06°38'56"	44°10'04"	Idem acima, matriz branca, fosca; ferruginoso	X	x								
166-A	D6	06°38'03"	43°57'13"	Argilito arenoso carbonático, plástico	x	x	x	X			x		26	
166-B	D6	06°38'03"	43°57'13"	Idem acima; finos leitões arenosos	x	x	x	X			x		35	
166-C	D6	06°38'03"	43°57'13"	Argilito cinza/esverdeado, arenoso em parte	x	x	x	X						
210-A	C6	05°13'22"	43°29'11"	Arenito argiloso, rosado										
219	C6	05°09'31"	43°11'22"	Arenito fino, caulínico										
220	C6	05°16'35"	43°11'06"	Arenito caulínico, friável										
221	C6	05°21'05"	43°12'44"	Arenito argiloso, vermelho castanho										
225	D7	05°01'26"	43°41'09"	Arenito fino, argiloso										
317	C7	05°47'03"	42°34'18"	Arenitos róseos a cremes, eólicos										

Unidade: Formação Sambaíba

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
31	C1	05°43'55"	48°06'04"	Argilito intercalado a arenitos										
36	D2	06°25'30"	47°27'26"	Arenito intrudido por basalto										
46	E1	07°14'56"	47°58'27"	Arenito finamente laminado, fase argilosa superimposta	X	X								
86	D2	06°31'09"	47°04'45"	Arenito quartzoso, eólico										
290	E3	07°21'02"	46°34'12"	Arenitos eólicos fraturados; feições erosivas tipo "almofada"										

Q - quartzo

K - caulinita

I - illita

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

A - atapulgita

X - freqüente

x - presença subordinada

P - presença possível

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Motuca

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares	
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
24	C1	05°41'46"	48°11'23"	Arenito argiloso; fração argila sedosa	X	X	x								
25	C1	05°40'47"	48°13'21"	Poço com arenito argiloso, amarelo avermelhado											
26	C1	05°40'21"	48°14'20"	Argilito siltico; cor variegada; mosqueado	x	X	x								
39	D1	06°23'51"	48°05'32"	Argilito cinza esverdeado siltoso, higroscópico	x	x	X								
40	D1	06°26'53"	48°08'33"	Argilito avermelhado, siltico, quebradiço											
45	E1	07°18'21"	48°06'22"	Argilito vermelho tijolo, siltoso, pouco plástico											
47	E2	07°13'44"	47°55'45"	Argilito cinza/vermelho tijolo, regular plasticidade		x	X								
154-A	E5	07°03'11"	44°36'04"	Argilito castanho, localmente carbonático											
154-B	E5	07°03'12"	44°36'04"	Concreções calcárias											
156	E4	07°03'32"	45°33'07"	Arenito fino, argiloso, creme, eólico											
209	C6	05°08'53"	43°52'28"	Argilito, arenoso; arenitos vermelhos											
211	B6	04°49'49"	43°30'15"	Arenito fino, argiloso rosado											
212	B6	04°49'29"	43°31'13"	Arenito fino, leitos brancos e vermelhos											
216-A	B6	04°52'54"	43°22'58"	Arenito fino, vermelho tijolo, argiloso	X	x	x								
216-B	B6	04°52'54"	43°22'58"	Arenito fino, descolorido, argiloso	X	x	x								
222	C6	05°21'04"	43°12'48"	Argila castanha, arenosa (Poço = 98m)			X	X							
291	E3	07°25'22"	46°45'22"	Folhelhos marrons a esverdeados; siltito carbonático intercalado											

Unidade: Formação Pedra de Fogo

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares	
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	utros
27-A	C1	05°40'45"	48°15'60"	Argilito mosqueado silto-arenoso, sedoso	x	X	x								
27-B	C1	05°40'45"	48°15'60"	Níveis de silxito maciço											
28-A	C1	05°40'53"	48°16'58"	Folhelho cinza a arroxeadado; higroscópico; sedoso	x	x	X	x							
28-B	C1	05°40'53"	48°16'58"	Folhelho esverdeado, intracalado a calcário											
29	C1	05°41'49"	48°16'60"	Calcário argiloso											
44	D1	06°47'17"	48°17'18"	Folhelho calcífero, associado a arenito	x	x	X								

Q - quartzo
A - atapulgita

K - caulinita
X - freqüente

I - illita
x - presença subordinada

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

P - presença possível

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Pedra de Fogo

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
48	E2	07°28'16"	47°56'35"	Argilito castanho/cinza esverdeado; siltoso, quebradiço										
49	E2	07°25'40"	47°12'03"	Argilito esverdeado intercalado a silixito										
50-A	E2	07°23'51"	47°37'14"	Argilito negro. Próximo a mina de gesso		x	x	X						
50-B	E2	07°23'51"	47°37'14"	Argilito esverdeado, maciço, denso		x	X	X						
50-C	E2	07°23'51"	47°37'14"	Argilito variegado, quebradiço	x	x	X	x	x	P				
51	E2	07°24'57"	47°34'00"	Argilito silto-arenoso, encaixante de gipsita										
52-A	E2	07°22'42"	47°33'36"	Argilito cinza/castanho associado a gipsita	x		x	X		P				
52-B	E2	07°22'42"	47°33'36"	Gipsita em corpo lenticular. Espessura = 6m										
53	E2	07°30'02"	47°51'33"	Argilito higroscópico, sedoso; silixito/arenito	x	X	X							
54	E2	07°37'57"	47°46'13"	Argilito esverdeado, calcífero; atapulgita		X	x		x			x		
55	E2	07°38'29"	47°56'01"	Argilito vermelho varvítico higroscópico	x		X							
56-A	E1	07°43'24"	48°02'36"	Folhelho vermelho, fissil										
56-B	E1	07°43'24"	48°02'36"	Arenito carbonático/calcarenito										
57	F1	07°48'50"	48°02'30"	Folhelho arroxado varvítico. Arenito fino	x	X	X							
58	E1	07°59'22"	48°07'32"	Argilito variegado, branco a vermelho										
60-B	E1	07°10'45"	48°20'52"	Argilito variegado; folhelho vermelho micáceo		X	x							
62-B	E1	07°27'25"	48°23'40"	Argilito branco/vermelho; plástico		x	X							
65-A	E1	07°48'09"	48°23'40"	Folhelho castanho, fissil, plástico		X	x		x					
65-B	E1	07°48'09"	48°27'60"	Folhelho esbranquiçado, higroscópico	x	X	X							
65-C	E1	07°48'09"	48°27'60"	Placas carbonáticas lenticulares										
67	E1	07°51'10"	48°27'30"	Argilito siltico, cor variegada, laminado										
68	E1	07°49'39"	48°24'53"	Arenito fino, grosseiro, calcífero										
69-A	F1	08°03'02"	48°27'30"	Argilito cinza/roxo; físsil com arenito										
76	F1	09°04'55"	48°21'37"	Argilitos variegados com silixito										
77-A	F1	09°00'33"	48°25'59"	Mina de calcário. Presença de atapulgita							X	x		
77-B	F1	09°00'33"	48°25'59"	Idem. Folhelho encaixante										
78	F1	08°52'15"	48°29'00"	Argilito associado a silixito e arenito										
81-A	F1	07°56'38"	48°26'30"	Folhelho cinza/esverdeado quebradiço	x		X							
81-B	F1	07°56'38"	48°26'30"	Lente carbonática arenosa										

 Q - quartzo
 X - freqüente

 K - caulinita
 x - presença subordinada

 I - illita
 P - presença possível

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

A - atapulgita

Características Gerais das Estações Investigadas
Unidade: Formação Pedra de Fogo

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares	
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
81-C	F1	07°56'38"	48°26'30"	Pelito avermelhado, areno-carbonático	x		X								
82	D2	06°21'32"	47°16'26"	Calcário creme/rosado sob basalto											
83-A	D2	06°22'01"	47°19'14"	Arenito vermelho tijolo argiloso											
106-A/B	D2	06°11'39"	46°23'25"	Pelito silto-arenoso; sillexito; sob basalto											
125-B	D6	06°39'43"	43°32'05"	Argilito branco a vermelho											
125-C	D6	06°39'43"	43°32'05"	Idem acima		X									
125-D	D6	06°39'43"	43°32'05"	Argilito branco a vermelho		X									
129	D6	06°28'46"	43°38'43"	Arenitos argilosos; nódulos de sillex											
133	C6	05°51'26"	43°34'40"	Argila esverdeada higroscópica mosqueada											
153-A	E5	07°02'20"	44°36'08"	Argilito claro. Pouco denso, plástico	x	X	X								
153-B	E5	07°02'20"	44°36'08"	Sillexito olítico											
153-C/D	E5	07°02'20"	44°36'08"	Argilito castanho, pouco higroscópico											
154-C	E5	07°03'12"	44°36'04"	Nódulos de sillexito											
155-A	E5	07°04'10"	44°35'55"	Argilito esverdeado higroscópico	X	x	X								
155-B	E5	07°04'10"	44°35'55"	Argilito castanho, higroscópico	X	x	X								
165	D5	06°38'06"	44°03'56"	Calcário arenoso, fósseis; concreções											
217	C7	05°01'24"	42°57'16"	Arenito fino, claro argiloso, sillexito											
218	B6	05°03'58"	42°52'56"	Arenito fino, argiloso arroxeadado	X	x	X	x							
223	C6	05°40'57"	43°05'19"	Arenito argiloso; sillexito associado											
240-A	E5	07°16'24"	46°47'34"	Siltitos e argilitos vermelhos; laminados; marcas onduladas (base)	X	X									
240-B	E5	07°16'24"	46°47'34"	Idem acima; porção média do afloramento											
240-C	E5	07°16'24"	46°47'34"	Idem acima											
240-D	E5	08°28'25"	45°58'04"	Siltito, mais arenoso no topo											
241	E5	09°08'12"	45°55'48"	Arenito, com pelitos arroxeados; sillexito											
242	E5	09°10'38"	45°55'23"	Sedimentos da Fm Pedra de Fogo, laterizados											
244	E5	09°22'37"	45°54'19"	Arenito com pelitos intercalados; flúvio-lacustre											
245	E5	07°15'41"	44°15'32"	Sedimentos com sillexito; canganizado											
246	E5	07°13'00"	44°12'18"	Brecha sedimentar: pelitos com sillexito											
247	E5	07°17'49"	44°20'51"	Pelitos avermelhados; arenitos intercalados		X	x								
248	E6	07°15'31"	43°56'33"	Pelitos variegados; arenito e sillexito associado											

 Q - quartzo
 A - atapulgita

 K - caulinita
 X - freqüente

 I - illita
 x - presença subordinada

E - esmectita

 C - clorita
 P - presença possível

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Pedra de Fogo

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares			
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
249	E5	07°29'11"	44°14'40"	Cobertura arenosa											
251-A	E6	06°57'49"	43°49'07"	Argilito creme; intercalação de arenito s silexito		X									
251-B	E6	06°57'49"	43°49'07"	Argila cinza; 1,20m de espessura		X									
254	E6	07°08'11"	44°02'17"	Sedimentos brechoides, cangarinizados											
255	E5	07°34'44"	44°04'55"	Pelitos avermelhados; arenitos intercalados; silexito											
259	E5	07°23'24"	44°35'00"	Pelitos silicificados; silexito; arenito na base											
260	E5	07°22'52"	44°37'29"	Idem acima											
261	E5	07°24'17"	44°50'48"	Pelitos amarelados; níveis de silexito											
262	E5	07°31'06"	44°56'34"	Pelitos silicificados; silexito; arenito na base											
263	E4	07°34'53"	45°13'05"	Idem acima											
264	E4	07°35'21"	46°00'14"	Arenito fino; níveis de silexito											
265-A	E4	07°48'24"	46°01'11"	Argila creme a castanha; algum quartzo											
265-B	E4	07°48'24"	46°01'11"	Idem acima. Estação AV-169 do Projeto Global		X	X								
266	E4	07°51'38"	46°01'08"	Pelitos silicificados; níveis de silexito											
267-A	F3	08°11'48"	46°02'51"	Pelitos vermelhos-amarelados; capeado por arenito											
267-B	F3	08°11'48"	46°02'51"	Pelito arroxeadado; silexito associado											
267-C	F3	08°11'48"	46°02'51"	Pelito creme, laminado; pacote ondulado											
268	F4	08°21'47"	45°57'23"	Idem estação 267-A											
273	G4	09°22'37"	45°54'19"	Pelitos laminados; arenito e silexito intercalado											
275	G3	09°21'21"	46°13'12"	Pelitos avermelhados; níveis e concreções de silexito											
278-A	G3	09°17'52"	46°36'09"	Calcário cinza a róseo; níveis de silexito											
278-B	G3	09°17'52"	46°36'09"	Argilas intercaladas no pacote de carbonato											
283	G4	09°12'20"	45°40'42"	Calcário cinza a róseo; 3,5m de espessura											
283-A	G4	09°12'20"	45°40'42"	Argila verde, intercalada no calcário acima		X									
283-B	G4	09°12'20"	45°40'42"	Marga creme, intercalada no calcário											
283-C	G4	09°12'20"	45°40'42"	Marga rósea, intercalada no calcário											
292-A	E2	07°25'01"	47°12'55"	Folhelho esverdeado; siltito e silexito		x	x	X							
292-B	E2	07°25'01"	47°12'55"	Brecha sedimentar, associada											
292-C	E2	07°25'01"	47°12'55"	Siltito esverdeado, associado	x	x	x	X							

Q - quartzo
A - atapulgitaK - caulinita
X - freqüenteI - illita
x - presença subordinada

E - esmectita

C - clorita

P - presença possível

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Piauí

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares		
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
121	D6	06°50'58"	43°44'54"	Atapulgita - Fazenda Canabrava	x	x						X		
122	D6	06°53'04"	43°44'21"	Atapulgita calcítica (Terra Branca)										
123	D6	06°39'43"	43°32'05"	Atapulgita - <i>Mountain Cork</i>	x	x						X		
128	D6	06°42'28"	43°33'53"	Arenito cinza, muito argiloso; matriz sedosa	X	X								
235	E5	07°23'38"	43°47'01"	Arenito com intercalção de siltito vermelho										
236	E6	07°26'55"	43°50'40"	Arenitos grosseiros finos, com siltito intercalado; estratificação cruzada										
237	E6	07°28'44"	43°52'24"	Siltito arenoso, avermelhado										
238	E6	07°31'31"	43°54'58"	Arenito; siltito c/ bolas de argila, micáceo										
239	E6	07°38'10"	43°57'10"	Arenito fino, argiloso; marcas onduladas										
243	D5	07°19'28"	44°20'59"	Arenito médio; cruzadas acanaladas, eólico										
250	E6	07°13'42"	43°54'54"	Arenito, grã média; cruzadas tabulares e acanaladas										
252	D6	06°53'12"	43°45'26"	Arenito c/ silixito; transição p/ Fm. Pedra de Fogo										
253	D6	06°48'50"	43°40'08"	Arenito médio, boa seleção; estratif. cruzadas										
269-A	E5	08°28'25"	45°53'04"	Siltito arroxeadado, intrercalado a argilitos e arenitos										
269-B	E5	08°28'25"	45°53'04"	Argilito avermelhado; concreções caulinizadas										
270	G4	09°08'12"	45°55'48"	Arenito argiloso; níveis grosseiros conglomeráticos										
271	G4	09°10'38"	45°55'23"	Siltito argilosos capeado por arenito como acima										
272	G4	09°12'52"	45°54'15"	Conglomerado polimítico, cimento silicoso										
274	G3	09°11'28"	46°03'08"	Arenitos finos c/ intercalações de siltitos										
279	G3	09°08'24"	46°01'00"	Arenitos bem selecionados; cruzadas de grande porte										
280-A	G3	09°09'49"	45°51'16"	Pelitos avermelhados; siltito almofadado; arenito										
280-B	G3	09°09'49"	45°51'16"	Idem acima, com níveis de material esverdeado, placoso										
281	G4	09°12'38"	45°44'14"	Arenito fino; cruzadas de grande porte										
282	G4	10°08'23"	45°43'53"	Arenito fino, com intercalações de argilito vermelho										
284	G4	09°01'14"	45°59'52"	Arenitos finos, boa seleção; origem eólica										
285	F3	08°56'11"	46°00'29"	Arenito fino; pelito avermelhado (1,5m) intercalado										
286	F4	08°44'40"	45°54'56"	Idem acima; eólico + flúvio-lacustre										
287	F4	08°38'42"	45°50'03"	Arenitos finos, eólicos; algo argilosos										
288	F4	08°34'58"	45°48'50"	Idem acima										
289	F4	08°29'37"	45°46'29"	Arenitos finos a grosseiros, fluviais										

Q - quartzo

K - caulinita

I - illita

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

A - atapulgita

X - freqüente

x - presença subordinada

P - presença possível

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Poti

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares			
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros		
233	E6	07°07'21"	43°31'43"	Arenito fino; boa seleção; estratificação cinza acanalada, de grande porte													
234	E6	07°14'49"	43°38'59"	Idem acima													
256	E6	07°45'36"	43°51'39"	Arenito fino a médio; conglomerado													
257	E6	07°48'03"	43°49'34"	Arenito grosseiro; conglomerático; fluvial													
258-A	E6	07°56'31"	43°49'12"	Arenito fino, arroxeadado, marcas onduladas													
258-B	E6	07°56'31"	43°49'12"	Argila amarelada, capeando 258-A													
258-C	E6	07°56'31"	43°49'12"	Siltito finamente laminado, recoberto por arenito													
298	B7	04°56'15"	42°12'11"	Arenito fino, boa seleção; acanaladas de grande porte													
301	B7	04°38'43"	42°16'32"	Arenito fino; cinzadas acanaladas													
305	A7	03°52'17"	42°14'35"	Arenito rosado, micáceo; siltito mosqueado; diabásio													
310	A7	03°53'19"	42°04'20"	Folhelhos e siltitos avermelhados; arenitos sigmoidais													
313	A7	03°52'36"	42°16'03"	Arenito recozido por intrusão de diabásio													
314	A7	03°48'20"	42°27'22"	Arenito bem selecionado, aparência maciça													
315	A7	03°43'22"	42°33'21"	Arenito fino, bem selecionado; pelitos intercalados													

Unidade: Formação Longá

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)									Ensaio Complementares			
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros		
63	E1	07°30'07"	48°25'41"	Argila plástica, micromicácea, alterada		X	x		x								
69-B	F1	08°03'02"	48°29'50"	Folhelho cinza, com areias lenticulares													
70	F2	08°28'18"	47°38'03"	Pelitos silto-arenosos													
71	F2	08°41'58"	47°44'43"	Argilito cinza claro siltico, alterado													
72-A	F2	08°43'30"	47°45'30"	Painel de lavra, folhelho para cerâmica		X	x		x								
72-B	F2	08°43'30"	47°45'30"	Folhelho cinza claro a negro; fossilífero													
72-C	F2	08°43'30"	47°45'30"	Folhelho, parcialmente laterizado		X	X										
294	B7	04°48'53"	42°06'31"	Arenito placoso; marcas de fósseis (vermes)													
295	B7	04°57'43"	42°02'44"	Idem anterior; intercalações de siltitos													
299	B7	04°46'18"	42°14'19"	Arenito fino e siltitos; marcas de fósseis (vermes)													

Q - quartzo

A - atapulgita

K - caulinita

X - freqüente

I - illita

x - presença subordinada

E - esmectita

C - clorita

P - presença possível

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

Características Gerais das Estações Investigadas
Unidade: Formação Longá

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)						Ensaio Complementares			
	Quadricula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
300	B7	04°43'43"	42°15'09"	Idem anterior										
302	B7	04°28'10"	42°23'38"	Idem anterior; marcas onduladas										
303	B7	04°12'12"	42°14'22"	Idem acima. Pavimentos de seixos										
304	A7	03°54'42"	42°06'49"	Idem anterior. Formas erosivas diversas										
306	A7	03°45'21"	42°18'17"	Arenito fino placoso; cruzadas de baixo ângulo										
307	A7	03°41'30"	42°18'37"	Folhelho de cores variegadas; arenito placoso; diques de diabásio										
308	A7	03°40'13"	42°21'58"	Folhelhos cremes; siltitos e arenitos placoso										
309	A7	03°32'45"	42°22'53"	Arenito, silito e folhelho; estruturas onduladas										
311	A7	03°48'13"	42°04'21"	Arenitos finos, placosos; siltitos e folhelho. Semelhante 307.										
312	A8	03°46'07"	42°01'38"	Arenitos com intercalação de pelitos, como 308										
316	A7	03°37'32"	42°25'00"	Idem acima										
318	D7	06°13'44"	42°03'25"	Folhelho esverdeado; finamente laminado										
319	D7	06°49'33"	42°07'56"	Folhelhos de cores variegadas; arenitos finos intercalados										
320	D7	06°48'05"	42°07'14"	Arenitos c/ folhelhos e siltitos intercalados										
322	D7	06°34'19"	42°13'56"	Semelhante ao acima										
323	E7	07°10'42"	42°17'30"	Arenito, com leitos de argila subordinados										
325	E7	07°07'51"	42°22'50"	Folhelhos cremes a cinza esverdeados										
326	E7	07°14'04"	42°27'59"	Arenitos com folhelho subordinado										
327	E7	07°10'27"	42°31'44"	Folhelhos, com arenito subordinado										
EH-213	E7	07°07'42"	42°03'18"	Folhelho esbranquiçado (Projeto Global)										
EH-221	E7	07°16'30"	42°28'36"	Idem acima. (Cerâmica Branca)										

Unidade: Formação Cabeças

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)						Ensaio Complementares			
	Quadricula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC
66	E1	07°48'52"	48°29'08"	Tilito areno-argiloso										
75	F1	09°04'57"	48°10'28"	Tilito, areno-silito-argiloso										
297	B8	05°01'51"	41°50'49"	Arenitos finos; intercalação de pelitos cremes										

Q - quartzo K - caulinita I - illita E - esmectita C - clorita I.E. - interestratificados Ca - calcita
 A - atapulgita X - freqüente x - presença subordinada P - presença possível

Características Gerais das Estações Investigadas

Unidade: Formação Pimenteira

Estação	Localização			Descrição	Mineralogia (Difração de Raios-X)							Ensaio Complementares			
	Quadrícula	Latitude (S)	Longitude (W)		Q	K	I	E	C	I.E.	Ca	A	Z	CTC	Outros
41	D1	06°34'20"	48°18'43"	Folhelho esverdeado, brilho sedoso	x	x	X		x						
42	D1	06°38'40"	48°19'50"	Folhelho bem argiloso; seqüência rítmica		X	x								
43	D1	06°41'13"	48°17'48"	Alternância de folhelhos e arenitos											
61	E1	07°08'08"	48°22'17"	Folhelho negro, físsil; intercalado com arenito											
64	E1	07°30'08"	48°26'16"	Folhelho cinza creme alterado, boa plasticidade											
73	F2	08°52'10"	47°56'33"	Argilito alterado, esbranquiçado, sedoso											
74	F2	08°57'40"	48°06'21"	Argilito cinza claro, alterado, quebradiço			X	x							
108	C1	05°52'45"	48°29'06"	Argilito varvítico, cinza a negro	x	x	x		x	P					

 Q - quartzo
 A - atapulgita

 K - caulinita
 X - freqüente

 I - illita
 x - presença subordinada

E - esmectita

C - clorita

I.E. - interestratificados

Ca - calcita

P - presença possível

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado/Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul/Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto/Goiás, 1997.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia-Anicuns – Goiás, 1995.
 - Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Çaçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
 - Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici – Rondônia, 1996.
 - Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
 - Nº 05 - Área PA-15 Inajá – Pará, 1996.
 - Nº 06 - Área GO-05 Luziânia – Goiás, 1997.
 - Nº 07 - Área PA-01 Paru – Pará, 1997.
 - Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi – Amapá, 1997.
 - Nº 09 - Área BA-15 Cariparé – Bahia, 1997.
 - Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar – Goiás, 1997.
 - Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa – Goiás, 1997.
 - Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia – Goiás, 1997.
 - Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
 - Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
 - Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
 - Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo-Serra Sem Calça – Rondônia, 1997.
 - Nº 17 - Área RO-06 Guaporé-Madeira – Rondônia, 1997.
 - Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira – Rondônia, 1997.
 - Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá – Roraima, 1997.
 - Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari – Amapá/Pará, 1997.
 - Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto – Ceará, 1997.
 - Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis – Goiás, 1997.
 - Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada – Pará, 1997.
 - Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
 - Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé – Amapá, 1997.
 - Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul – Bahia, 1997.
 - Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará – Pará/Amapá, 1997.
 - Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás – Pará, 1997.
 - Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque – Pará, 1997.
 - Nº 30 - Área PA-11 Xinguara – Pará, 1997.
 - Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas /Itajubatiba/Itapetim – Paraíba/Pernambuco, 1997.
 - Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho – Amapá, 1997.
 - Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
 - Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
 - Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
 - Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
 - Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
 - Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
 - Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
 - Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
 - Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
 - Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
-

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000 (cont.)

- Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
- Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
- Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
- Nº 46 - Área AM-04 Rio Traira - Amazonas, 1998.
- Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
- Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
- Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
- Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
- Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998.

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS - EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

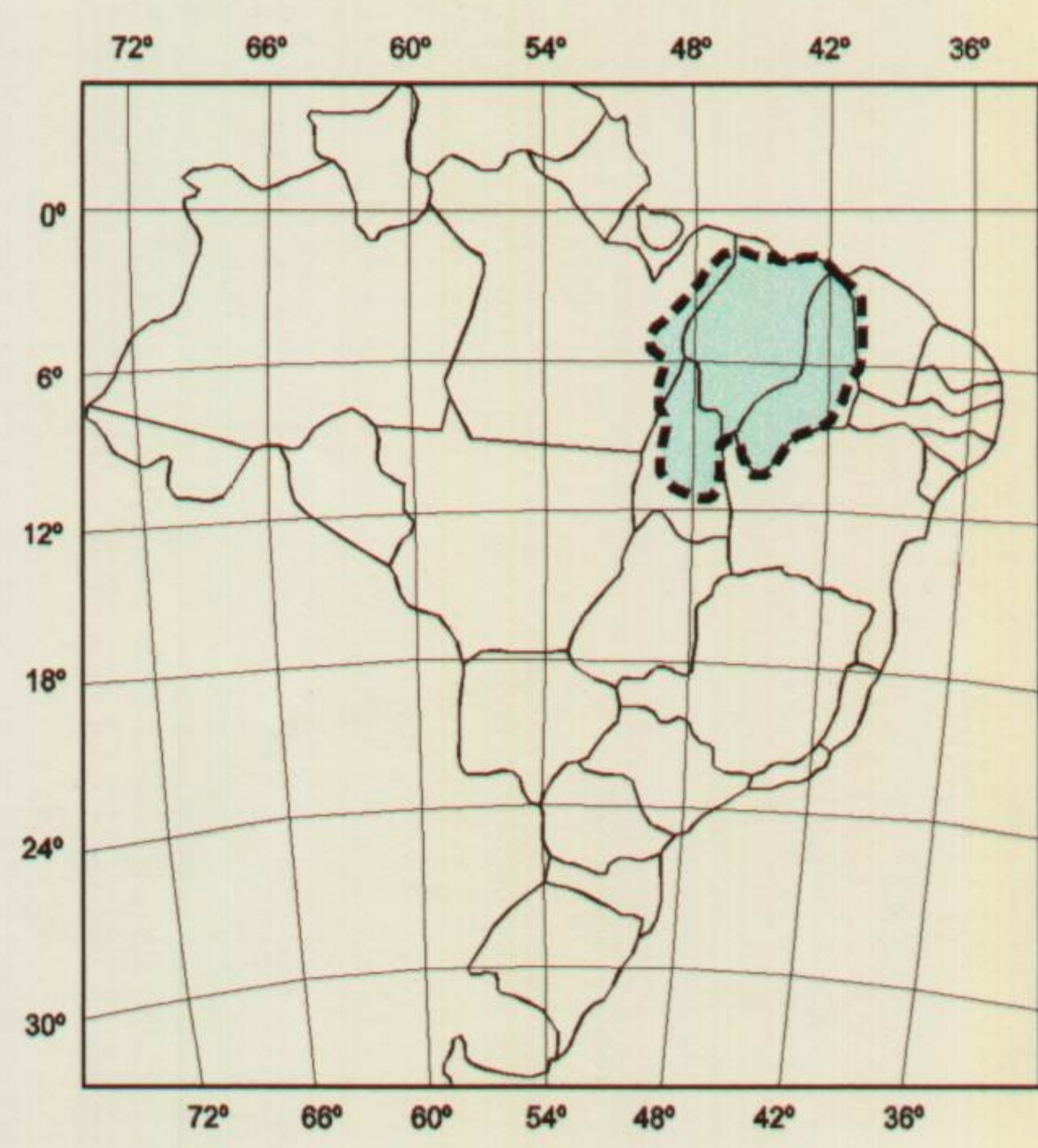
- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 1996.
- Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 1996.
- Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 1996.
- Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Chumbo de Redenção - Estado da Bahia, 1996.
- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 07 - Ouro do Rio Jaru - Estado da Rondônia, 1996.
- Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 1997.
- Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 1997.
- Nº 10 - Zinco (Chumbo e Cobre) de Palmeirópolis - Estado de Goiás, 1997.
- Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados da Paraíba e Pernambuco, 1997.
- Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 14 - Turfa - Estados de Alagoas/Paraíba/Rio Grande do Norte, 1997.
- Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
- Nº 17 - Platina, Níquel e Cobre - Estado da Rondônia, 1997.
- Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 1997.
- Nº 20 - Ouro de Itapetim - Estados de Pernambuco e Paraíba, 1997.
- Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.

SÉRIE DIVERSOS

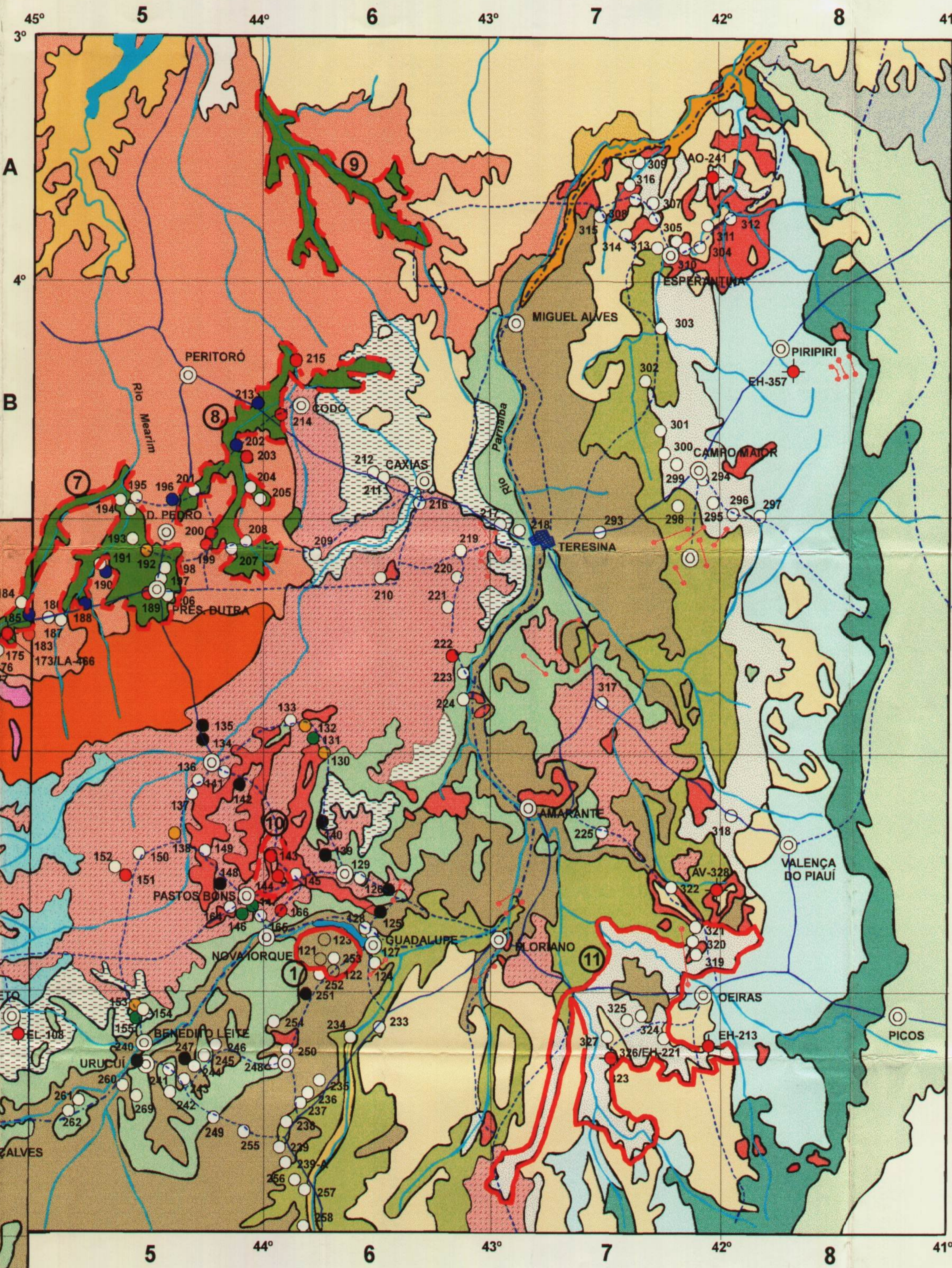
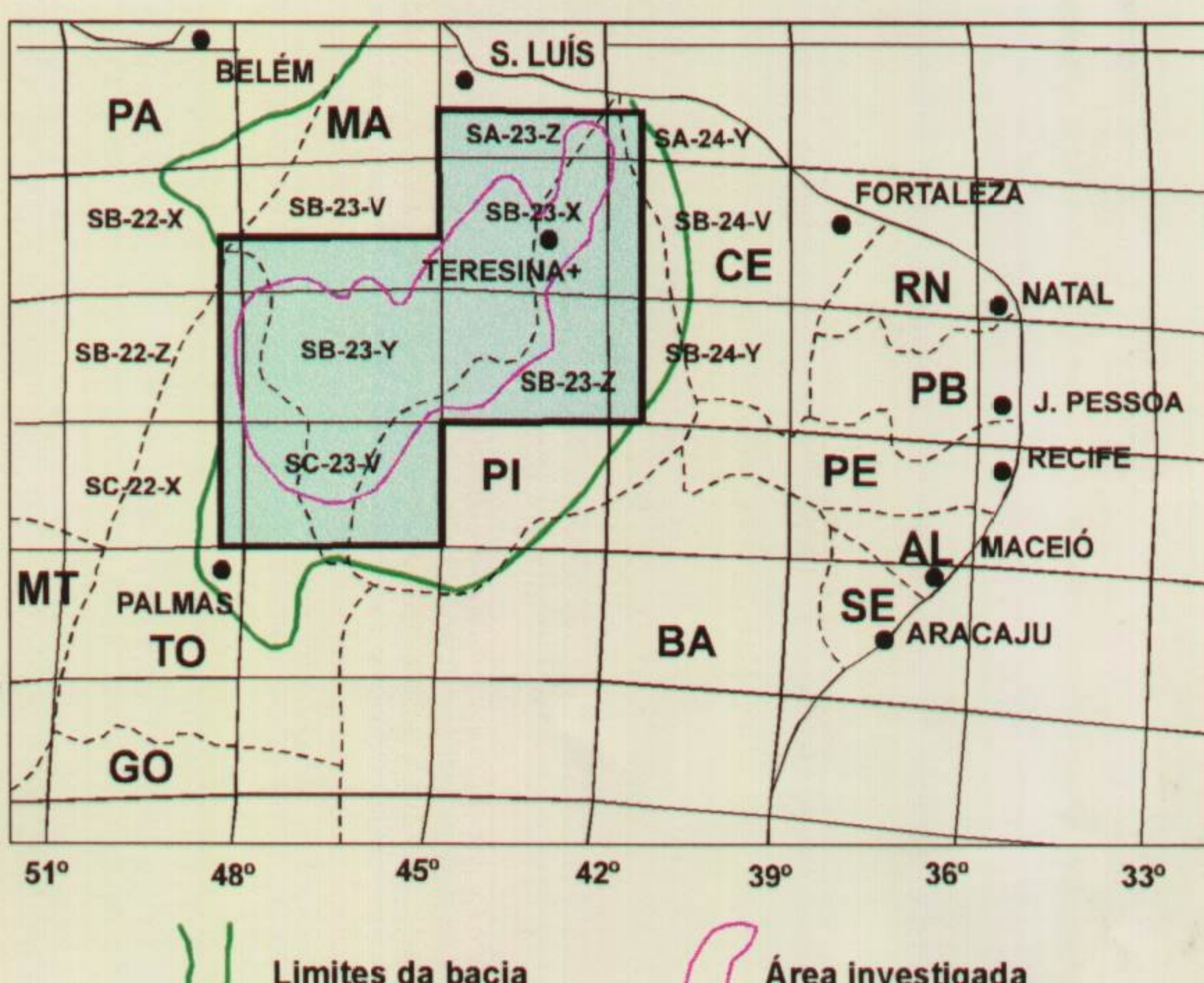
- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
- Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



COLUNA GEOLÓGICA

- Aluviões: argilas, siltes, areias e cascalhos. As argilas são predominantemente caulínicas. Quaternário.
- Cobertura areno-argilosa; lateritas, Terciário/Quaternário.
- Formação Pirabas: calcários fossilíferos, margas, argilitos. Mioceno.
- Formação Itapeuru: arenitos fluviais; argilitos brancos e vermelhos, caulínicos. Cretáceo Superior.
- Formação Uruçua: arenitos finos a médios, flúvio-eólicos. Cretáceo Superior.
- Formação Codó: folhelhos esverdeados a castanhos; gipsita; calcários; silxitos e arenitos. Predominam argilas esmectíticas. Cretáceo Inferior.
- Formação Grajaú: arenitos fluviais, finos a grosseiros. Cretáceo Inferior.
- Formação Corda I: (Pós-vulcanismo) argilas lacustres avermelhadas, esmectíticas; arenitos fluviais e eólicos, freqüentemente zeolíticos. Cretáceo Inferior.
- Vulcânicas Básicas: basaltos verde-escuros, negros e avermelhados, freqüentemente amigdaloidais, com zeolitas e calcita preenchendo as amígdalas. A intemperização "in situ" produz caulinita e esmectita. Juro-Cretáceo.
- Intrusivas Básicas: Diabásio. A intemperização "in situ" produz caulinita e esmectita. Juro-Cretáceo.
- Sistema Corda II-Pastos Bons: (Pré-vulcanismo) arenitos finos a médios argilosos, avermelhados a arroxeados; argilitos avermelhados, caulínicos, a cinza esverdeados, esmectíticos, lacustres. Jurássico.
- Formação Sambaíba: arenitos finos, eólicos. Juro-Triássico.
- Formação Motuca: arenitos finos a médios e folhelhos, em geral avermelhados. Perm-Triássico.
- Formação Pedra de Fogo: folhelhos esverdeados a vermelho-violetáceos; calcário; gipsita; arenitos argilosos; níveis de silxito. Argilominerais predominantes: caulinita e esmectita. Perm-Carbonífero.
- Formação Piauí: arenitos, localmente argilosos; folhelhos e siltilitos vermelhos subordinados; atapulgita. Carbonífero Superior.
- Formação Poti: arenitos, com intercalações subordinadas de folhelhos e siltilitos. Carbonífero Inferior.
- Formação Longá: folhelhos cinza a esverdeados, micromicáceos, bioturbados; arenitos finos e siltilitos. Devoniano Médio a Superior.
- Formação Cabeças: arenitos finos a médios. Intercalações ocasionais de folhelhos e siltilitos. Devoniano Médio a Superior.
- Formação Pimentearas: folhelhos cinza a esverdeados, bioturbados; arenitos finos e siltilitos. Devoniano Médio a Superior.
- Formação Itaim: arenitos e intercalações de folhelhos. Devoniano Médio.
- Grupo Serra Grande: arenitos conglomeráticos (Formação Jalcós); folhelhos cinza, arenitos e siltilitos (Formação Tianguá); arenitos médios a grosseiros, diamictitos (Formação Ipú). Siluriano.
- Pré-Siluriano: rochas ígneas, metamórficas e sedimentares do embasamento da bacia.

CONVENÇÕES

- drenagem
- estrada pavimentada
- estrada não pavimentada
- cidade
- estação geológica
- argilominerais predominantes
- esmectita
- esmectita + zeolita
- esmectita (ref. Projeto Global*)
- caulinita
- illita
- esmectita + caulinita
- caulinita + illita
- atapulgita

Nota Explicativa

Este Programa de Prospecção foi concebido com objetivo bem definido de prospectar jazimentos de certos tipos de argilas já tradicionalmente usadas em importantes segmentos da economia, como a perfuração de poços de petróleo, pelotização de minérios de ferro e manganês, fundição, bem como nos processos industriais que utilizam produtos baseados nessas argilas, como a indústria de absorventes, ração animal, agentes de refino de óleos e gorduras, compostos para tintas e revestimentos, detergentes, adesivos, papel, filtros radiativos, etc. É nesse contexto que se enquadram as argilas atapulgíticas e bentoníticas, estas, fundamentalmente constituídas de esmectitas.

Embora a simples caracterização mineralógica qualitativa de uma argila não permita o diagnóstico preciso de suas aplicações industriais, essa caracterização fornece, entretanto, indicações quanto ao seu uso potencial. Neste programa, a investigação concentrou-se na identificação dos argilominerais presentes, através de difração de raios-x.

Uma análise da evolução geológica da bacia do Parnaíba recomendou maior concentração de esforços no intervalo que se estende do Carbonífero Superior ao Cretáceo Inferior, englobando as formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba, Pastos Bons, Corda, Grajaú e Codó. Ambiência marinha restrita e sistemas flúvio-lacustres, desenvolvidos em condições climáticas predominantemente áridas, reforçadas por um episódio vulcânico de natureza basáltica (Formação Mosquito), são fatores convergentes na valorização da área selecionada, quanto à sua prospectividade.

Resalta-se, de pronto, a existência de um depósito e diversas ocorrências de argilas atapulgíticas (atapulgita ou palygorskita), na região de Guadalupe (PI). Outras ocorrências, na bacia, desse mineral no seu hábito fibroso (ou papiráceo), são destituídas de interesse econômico.

As ocorrências de zeolitas sedimentares, na Formação Corda I, na fronteira entre os estados do Maranhão e Tocantins, abrem perspectivas para a região. No momento ainda estão sendo conduzidos estudos preliminares quanto ao aproveitamento desse minério. As zeolitas naturais são importantes pela multiplicidade de usos, incluindo a agricultura e preservação ambiental.

A Formação Corda I é, ainda, valorizada pelas diversas ocorrências de argilas esmectíticas, originadas em lagos de deserto, do mesmo sistema sedimentar que formou as zeolitas, tendo as rochas vulcânicas básicas como áreas-fontes.

Também com potencial esmectítico tem-se a Formação Codó.

Embora não tenha sido objeto específico de investigação neste Projeto, mencionamos o potencial, para indústria de cerâmica branca, de seqüências marinhas mais antigas, da Formação Longá e, possivelmente, também, da Formação Pimentearas.

A alteração "in situ" das rochas básicas gera perfis de saprolitos localmente superiores a 07 metros de espessura. No processo de argilização forma-se, principalmente caulinita e, nos perfis menos evoluídos, caulinita e esmectita.

ÁREAS FAVORÁVEIS

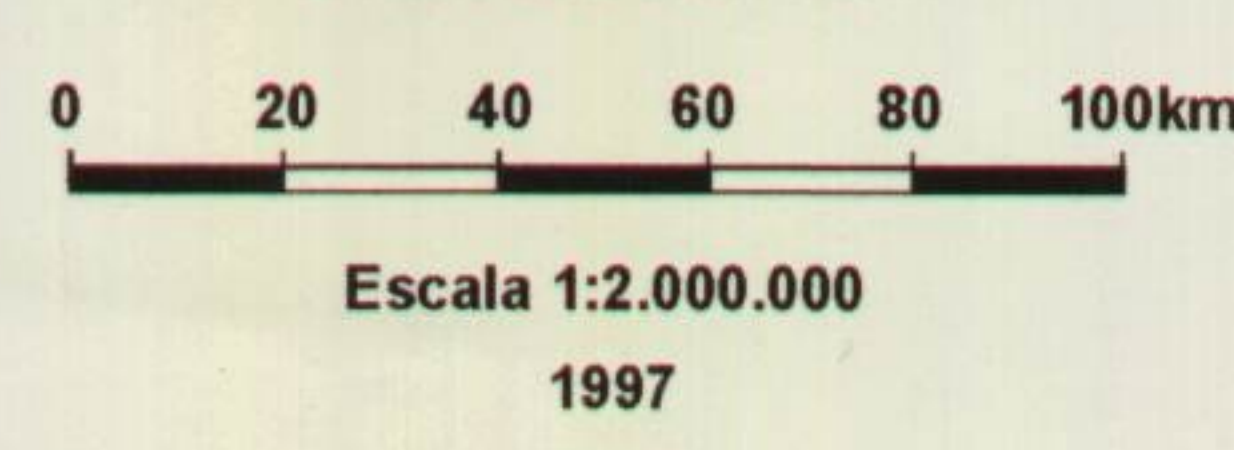
- alto potencial
- médio potencial

- 1 - Atapulgita (palygorskita)
Diversas exposições de argilas atapulgíticas ocorrem na área. Já dimensionada uma reserva da ordem de 11.800.000 t. Localizam-se no topo de Formação Piauí, transição para a Formação Pedra de Fogo.
- 2 - Esmectitas
Argilas esmectíticas, associadas a fácies mais alcalinas (gipsíferas) da zona de transição entre as formações Pedra de Fogo e Motuca.
- 3 - Esmectitas e zeolitas
Argilas esmectíticas, de depósitos lacustres e arenitos zeolíticos flúvio-eólicos, no sistema desértico da Formação Corda.
- 4 - Esmectitas e zeolitas
O ambiente geológico é genericamente semelhante à área 3, inferindo-se, assim, sua potencialidade.
- 5 - Esmectitas
Esmectitas ocorrem na Formação Codó quase sempre como o principal argilomineral presente. Apesar do caráter regional deste levantamento, valores relativamente elevados de capacidade de troca catiônica foram encontrados.
- 6 - Esmectitas
Argilas esmectíticas na Formação Codó. Esta área é valorizada pela presença de fácies de maior alcalinidade/salinidade (carbonatos, gipsita).
- 7 - Esmectitas
Argilas esmectíticas na Formação Codó. Esta área é valorizada pela presença de fácies de maior alcalinidade/salinidade (carbonatos, gipsita).
- 8 - Esmectitas
Argilas esmectíticas na Formação Codó. Esta área é valorizada pela presença de fácies de maior alcalinidade/salinidade (carbonatos, gipsita).
- 9 - Esmectitas
Área não investigada neste Projeto. Inere-se o potencial na faixa de exposição da Formação Codó.
- 10 - Esmectitas
Depósitos lacustres, de amplitude restrita, no contexto do sistema Corda II - Pastos Bons.
- 11 - Cerâmica Branca
Folhelhos claros da Formação Longá para uso na indústria de cerâmica branca. O potencial estende-se a outras áreas dessa unidade.

(*) Base geológica adaptada do DNP/CPRM - 1978. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

PROJETO ARGILAS NOBRES NA BACIA DO PARNAÍBA
Coordenação: Departamento de Recursos Minerais: Mário Farina
Supervisão: CPRM-Recife: Carlos Alberto Cavalcanti Lins / Antônio José Barbosa
CPRM - Belém: José Maria do Nascimento Pastana / Maria Telma Lins Faraco
Chefia do Projeto / Autoria: Nélio das Graças de Andrade da Mata Rezende
Participação: Donaldson Elieser Guedes Alefoorado da Rocha
Digitalização: Alexandre Dias Carvalho

Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba
Mapa de Distribuição
Anexo 1



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sede

SGAN Quadra 603 - Conjunto "J" - Parte A - 1º andar -
Cep: 70830.030 - Brasília - DF
Telefones: (061)312-5252 - (061)223-5253 (PABX)
Fax: (061)225-3985

Escritório Rio

Av. Pasteur, 404 - Urca - Cep: 22292.040 -
Rio de Janeiro - RJ
Telefones: (021)295-5337 - (021)295-0032 (PABX)
Fax: (021)295-6347

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Telefone: (021)295-6196
Fax: (021)295-6196
E-Mail: juarez@cristal.cprm.gov.br

Departamento de Recursos Minerais

Telefone: (021)295-5446
E-Mail: mafa@cristal.cprm.gov.br

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Telefone: (021)295-5837
Fax: (021)295-5947
E-Mail: augusto@cristal.cprm.gov.br

Divisão de Documentação Técnica

Telefones: (021)295-5997
Fax: (021)295-5897
E-Mail: seus@cristal.cprm.gov.br

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 - Marco - Cep: 66095.110 -
Belém - PA
Telefones: (091)226-0016 - (091)246-8577 (PABX)
Fax: (091)246-4020
E-Mail: cprmbe@cprmbe.gov.br

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 - Funcionários - Cep: 30140.002 -
Belo Horizonte - MG
Telefones: (031)261-3037 - (031)261-5977 (PABX)
Fax: (031)261-5585
E-Mail: cprmbh@estaminas.com.br

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista - Cep: 74170.110 -
Goiânia - GO
Telefones: (062)281-1342 - (062)281-1522 (PABX)
Fax: (062)281-1709

Superintendência Regional de Manaus

Av. André Araújo, 2160 - Aleixo -
Cep: 69065.001 - Manaus - AM
Telefones: (092)663-5533 - (092)663-5640 (PABX)
Fax: (092)663-5531
E-Mail: suregma@internext.com.br

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Cep: 90840.030 -
Porto Alegre - RS
Telefones: (051)233-4643 - (051)233-7311 (PABX)
Fax: (051)233-7772
E-Mail: cprm_pa@portoweb.com.br

Superintendência Regional de Recife

Av. Beira Rio, 45 - Madalena - Cep: 50610.100 -
Recife - PE
Telefones: (081)227-6293 - (081)227-0277 (PABX)
Fax: (081)227-4281
E-Mail: cprm@fisepe.pe.gov.br

Superintendência Regional de Salvador

Av. Ulisses Guimarães, 2862
Centro Administrativo da Bahia - Cep: 41213.000 -
Salvador - BA
Telefones: (071)230-0025 - (071)230-9977 (PABX)
Fax: (071)371-4005
E-Mail: cprmsa@bahianet.com.br

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Barata Ribeiro, 357 - Bela Vista - Cep: 01308.000 -
São Paulo - SP
Telefones: (011)255-8655 - (011)255-8155 (PABX)
Fax: (011)256-6955
E-Mail: cprmsp@uninet.com.br

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumont, 7700 - 4º andar - Papicu -
Cep: 60150.163 - Fortaleza - CE
Telefones: (085)265-1726 - (085)265-1288 (PABX)
Fax: (085)265-2212
E-Mail: refort@secrel.com.br

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques -
Cep: 78904.300 - Porto Velho - RO
Telefones: (069)223-3165 - (069)223-3544 (PABX)
Fax: (069)221-5435
E-Mail: cprmrepo@enter-net.com.br

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul - CEP: 64001-570 - Teresina - PI
Telefones: (086)222-6963 - (086)222-4153 (PABX)
Fax: (086)222-6651