




MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PHL
007046
2005

PROJETO ARGILA - BELÉM

José Luiz G. Arantes, Benedito Carlos Damasceno e
Antonio Silvio J. Krebs

T-96

| | |
|---|-------------------------|
|  CPRM | SUREMI SEDOTE |
| ARQUIVO TÉCNICO | |
| Relatório n.º 020-S | |
| N.º de Volumes: 2 v: 1 | |
| OSTENSIVO | |

Belém — Pará
1972

SUMÁRIO

| | <i>Fls.</i> |
|--|-------------|
| I — RESUMO | 5 |
| II — INTRODUÇÃO | 6 |
| 1 — Apresentação | 6 |
| 2 — Objetivo do trabalho | 6 |
| 3 — Localização e extensão da área | 6 |
| 4 — Acesso | 6 |
| 5 — Métodos utilizados | 6 |
| 6 — Trabalhos anteriores | 7 |
| III — FISIOGRAFIA | 8 |
| IV — GEOLOGIA | 9 |
| 1 — Aspectos gerais | 9 |
| 2 — Estratigrafia | 10 |
| 2.1 — Pré-Cambriano | 10 |
| 2.1.1 — Arqueano | 10 |
| 2.1.2 — Algonqueano — Série Gurupi | 11 |
| 2.2 — Eo-Paleozóico (?) | 11 |
| 2.3 — Cenozóico | 12 |
| 2.3.1 — Mioceno Inferior — Formação Pirabas | 12 |
| 2.3.2 — Mioceno-Pleistoceno — Formação Barreiras | 13 |
| 2.3.3 — Holoceno | 13 |
| 3 — Tectônica | 14 |
| 4 — Geologia Econômica | 14 |
| 4.1 — Argila | 14 |
| 4.2 — Areia | 14 |
| 4.3 — Cascalho | 14 |
| 4.4 — Calcário | 15 |
| 4.5 — Bauxita | 15 |
| 4.6 — Pirofilita (?) | 15 |
| 4.7 — Quartzo, feldspato e mica | 16 |
| 5 — Conclusões e Recomendações | 16 |
| 6 — Análises Petrográficas | 16 |

| | <i>Fls.</i> |
|--|-------------|
| V — MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO | 19 |
| 1 — Pedras para construção | 19 |
| 1.1 — Generalidades e classificação | 19 |
| 1.2 — Propriedades das pedras de construção | 19 |
| 1.3 — Pedras para construção na área do Projeto | 19 |
| 1.3.1 — Granito | 19 |
| 1.3.1.1 — Ocorrência | 19 |
| 1.3.1.2 — Qualidade da rocha | 20 |
| 1.3.1.3 — Emprego | 20 |
| 1.3.1.4 — Produção | 21 |
| 1.3.2 — Grés | 21 |
| 1.3.2.1 — Ocorrência | 21 |
| 1.3.2.2 — Qualidade da rocha | 21 |
| 1.3.2.3 — Emprego | 21 |
| 1.3.3 — Cascalho | 21 |
| 1.3.3.1 — Ocorrência | 21 |
| 1.3.3.2 — Emprego | 22 |
| 2 — Calcário | 22 |
| 2.1 — Generalidades | 22 |
| 2.2 — Ocorrência | 22 |
| 2.3 — Emprego | 23 |
| 2.3.1 — Cimento | 23 |
| 2.3.2 — Cal | 23 |
| 2.3.3 — Corretivo de solos | 24 |
| 3 — Areias | 24 |
| 3.1 — Considerações gerais | 24 |
| 3.2 — Areias para construção | 24 |
| 3.2.1 — Generalidades | 24 |
| 3.2.2 — Ocorrência | 25 |
| 3.2.3 — Classificação granulométrica utilizada | 25 |
| 3.2.4 — Materiais e métodos de trabalho | 26 |
| 3.2.4.1 — Coleta e preparação das amostras | 26 |
| 3.2.4.2 — Análise granulométrica | 26 |
| 3.2.4.3 — Resultado das análises e discussão | 26 |
| 3.3 — Areias para vidro | 27 |
| 3.3.1 — Generalidades | 27 |
| 3.3.2 — Estudos preliminares | 27 |
| 3.3.2.1 — Amostras selecionadas para análise | 27 |

| | <i>Fls.</i> |
|--|-------------|
| 3.3.2.2 — Resultado das análises e discussão | 28 |
| 4 — Argila | 28 |
| 4.1 — Considerações gerais | 28 |
| 4.2 — Ocorrência | 29 |
| 4.3 — A indústria cerâmica na Região | 29 |
| 4.4 — Métodos de trabalho e resultados obtidos | 30 |
| 4.4.1 — Coleta e preparação das amostras | 30 |
| 4.4.2 — Ensaio com corantes orgânicos | 31 |
| 4.4.3 — Análise térmica diferencial | 32 |
| 4.4.4 — Difração de raios-X | 35 |
| 4.4.5 — Classificação preliminar quanto ao uso cerâmico | 35 |
| 4.4.6 — Ensaio para agregados leves | 35 |
| 4.4.7 — Resultado das análises e discussão ... | 36 |
| 5 — Conclusões e recomendações | 36 |
| VI — BIBLIOGRAFIA | 38 |

| | |
|--------------------------|------------|
| VII — DOCUMENTAÇÃO | Fls. 40 |
|--------------------------|------------|

— Fotografias

23 fotografias da área do projeto
5 microfotografias

— Anexos

- 1 — Mapa de localização da área
- 2 — Coluna geológica esquemática composta da área trabalhada
- 3 — Mapa geológico da folha SA.22-X-B
- 4 — Mapa geológico da folha SA.22-X-D
- 5 — Mapa geológico da folha SA.23-V-A
- 6 — Mapa geológico da folha SA.23-V-C (acompanham três seções geológicas)
- 7 — Mapa de ocorrências minerais (1:500.000)
- 8 — Mapa de caminhamento geológico
- 9 — Principais propriedades físicas de algumas rochas usadas em construções
- 10 — Mapa das ocorrências de rochas graníticas
- 11 — Situação atual das pedreiras existentes na área
- 12 — Mapa das principais ocorrências de grés do Pará
- 13 — Mapa das principais ocorrências dos depósitos de cascalho
- 14 — Mapa das ocorrências de calcário
- 15 — Mapa das ocorrências dos principais depósitos de areia
- 16 — Areia para construção — histograma das amostras dos depósitos estudados
- 17 — Gráfico das variações granulométricas entre os depósitos de areia estudados
- 18 — Especificações químicas das areias para vidro, recomendadas pela American Ceramic Society and National Bureau of Standards
- 19 — Areia para vidro — histograma das amostras dos depósitos estudados
- 20 — Resultado das análises químicas das amostras de areia e usos prováveis na indústria do vidro
- 21 — Mapa das ocorrências dos depósitos de argila
- 22 — Cadastramento das olarias existentes na área
- 23 — Perfis das sondagens realizadas nos principais depósitos de argila (19 perfis).
- 24 — Mapa de localização dos trabalhos de sondagem em depósitos de argila
- 25 — Termogramas das amostras de argila dos principais depósitos.
- 26 — Análise mineralógica por difração de raios-X
- 27 — Classificação preliminar das argilas quanto ao uso cerâmico

I - Resumo

O Projeto Argila-Belém, criado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral, 5.º Distrito Norte, visando o mapeamento geológico, prospecção e estudo de materiais de construção numa área de aproximadamente 33.400 km², localizada a NE da cidade de Belém, teve a responsabilidade de sua execução a cargo da CPRM-Agência Belém.

Apresentamos neste trabalho os resultados obtidos durante o desenvolvimento do Projeto no período de junho de 1970 a dezembro de 1971.

Geologicamente a área está representada na sua quase totalidade por sedimentos continentais da Formação Barreiras, cobrindo aproximadamente 60 a 70% da área total do Projeto. Pequenos afloramentos de calcário da Formação Pirabas aparecem em alguns pontos da área investigada. Afloramentos de rochas Pré-Cambrianas, do Arqueano e Algonqueano foram observados principalmente na porção SE da área, além de pequenas manchas com rochas de possível idade eo-paleozóica.

Ocorrências minerais de interesse econômico foram verificadas na área, tais como argila, areia, cascalho, calcário, bauxita, pirofilita (?), quartzo, feldspato e mica.

Entre os diversos depósitos de argila estudados, verificou-se que a maioria apresenta, segundo os ensaios de laboratório características para utilização em cerâmica vermelha, não faltando, entretanto, alguns com matéria prima possível de utilização em cerâmica branca e refratários.

Depósitos de areia de excelentes qualidades foram constatados na área, alguns dos quais apresentando inclusive amostras com resultados favoráveis para fabricação de vidros óticos.

II - Introdução

1. Apresentação

O Departamento Nacional da Produção Mineral, 5.º Distrito-Norte, criou em fevereiro de 1970, uma série de Projetos de interesse imediato à Amazônia, a fim de serem iniciados ainda nesse mesmo ano. Entre esses, destaca-se o Projeto Argila-Belém, com sua área de atuação localizada a NE do Estado do Pará, ocupando parte da antiga área do Projeto Grão-Pará. A responsabilidade de sua execução ficou a cargo da CPRM Agência-Belém, que iniciou efetivamente suas atividades em junho de 1970.

Este trabalho foi realizado pelos geólogos José Luiz Gonçalves Arantes, Benedito Carlos Damasceno e Antônio Sílvio Jornada Krebs. As análises mineralógicas, petrográficas e químicas foram realizadas nos laboratórios da CPRM, enquanto que os ensaios para utilização tecnológica das argilas estiveram a cargo do I.N.T. (Instituto Nacional de Tecnologia).

Refere-se este relatório às atividades desenvolvidas no Projeto pela CPRM Agência-Belém, no período de junho de 1970 a dezembro de 1971.

2. Objetivo do trabalho

O Projeto tem como objetivos o mapeamento geológico da área, cadastramento de ocorrências minerais, prospecção e estudo de materiais de construção.

Na parte referente a materiais de construção, objetivou uma seleção e classificação preliminar dos principais depósitos de argila, quanto às suas possibilidades de utilização nos diferentes grupos da indústria cerâmica, como também para agregados leves; classificação dos principais depósitos de areia para construção civil e suas possibilidades de utilização na indústria do vidro; delimitação de áreas com ocorrências de pedras para construção, considerações sobre volume, qualidade da rocha e possibilidades de aproveitamento econômico atual e futuro.

3. Localização e extensão da área

A área do Projeto Argila-Belém situa-se a NE do Estado do Pará, na região compreendida acima do paralelo 2.º Sul e a Leste de Belém até o Meridiano 46º 30' W.Gr, abrangendo uma área de aproximadamente 33.400 Km². (Anexo 1).

Foi dividida em 4 folhas de 1.º 30' x 1.º 00' tomando-se por base o sistema adotado para a Carta Internacional ao Milionésimo (C.I.M.).

4. Acesso

A área em foco é considerada de fácil acesso, em virtude das inúmeras rodovias estaduais e federais interligando a região, além da vasta rede hidrográfica existente da qual, os principais rios são: Moju, Guamá, Capim, Acará, Irituia, Caeté e Piriá.

5. Métodos utilizados

Nas regiões de fácil acesso rodoviário utilizou-se veículo automotor, controlando-se as distâncias percorridas pelo odômetro do veículo.

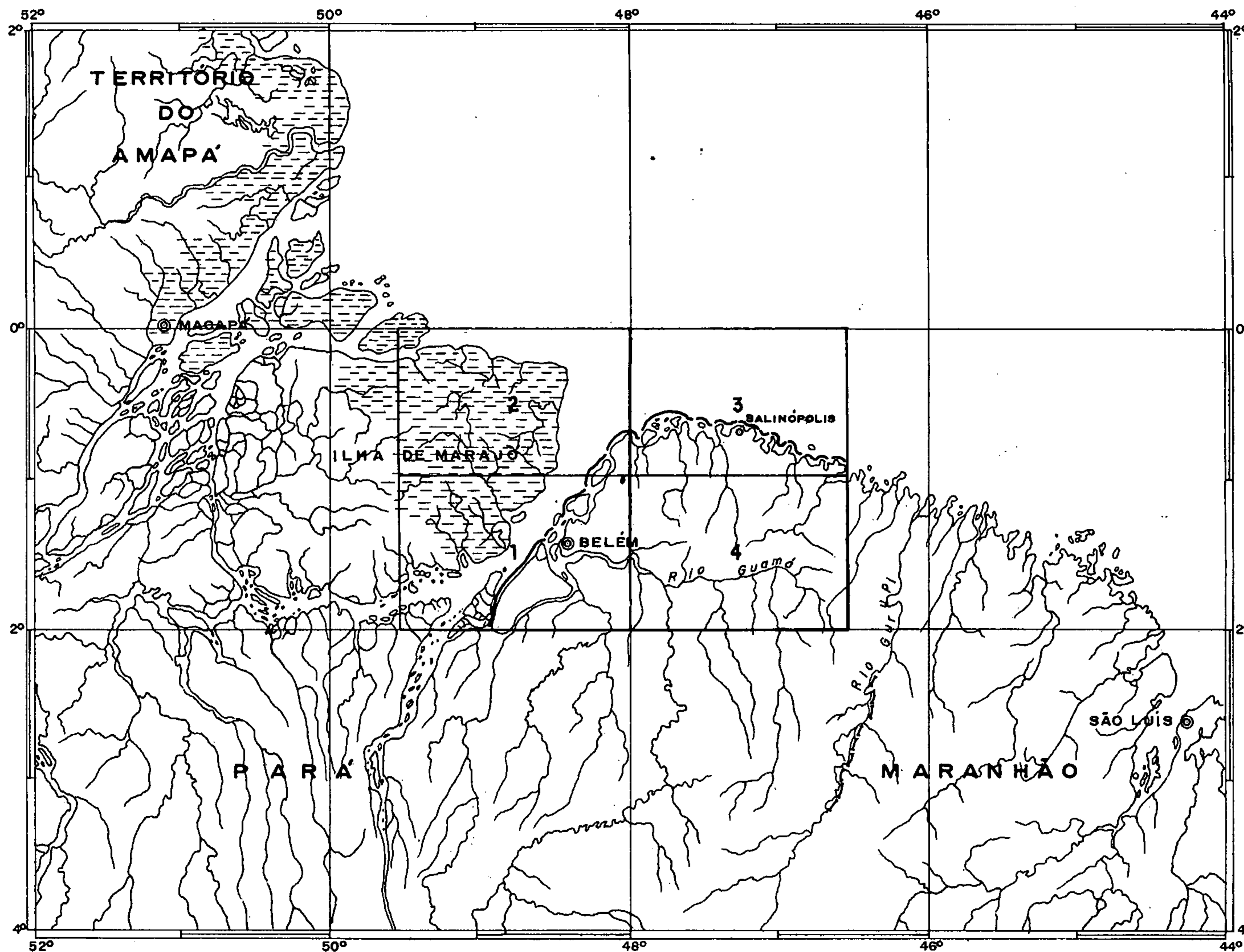


PROJETO ARGILA - BELÉM

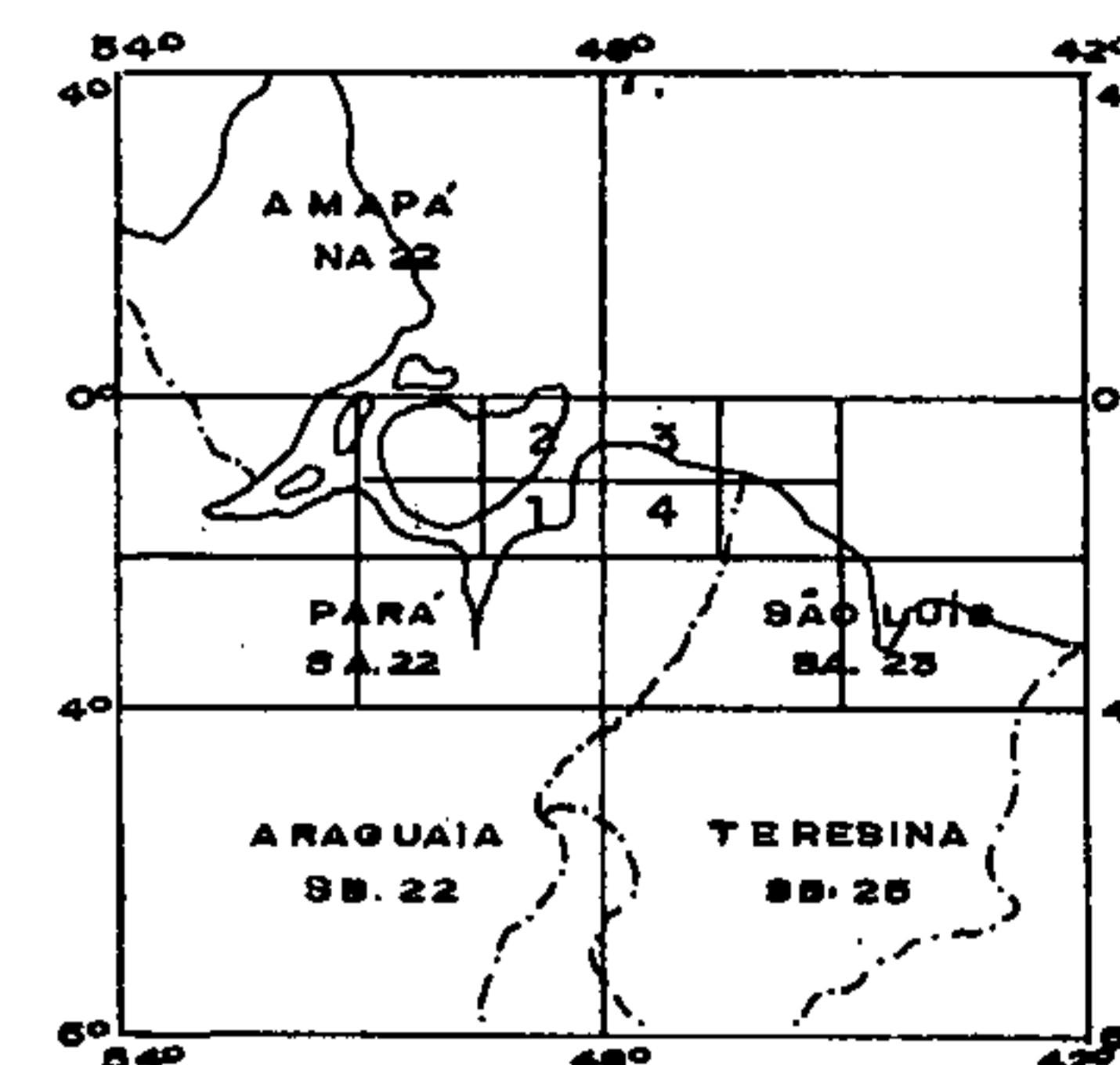
MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ESCALA - 1:5.000.000

ANEXO-1



ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



DENOMINAÇÃO DAS FOLHAS

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 | BELÉM - Folha SA.22-X-D |
| 2 | VIGIA - Folha SA.22-X-B |
| 3 | MARACANA - Folha SA.23-V-A |
| 4 | GUAMA - Folha SA.23-V-C |

Nas regiões onde não existem rodovias, a extensa rede hidrográfica permitiu o acesso à área e o processamento do levantamento telêmetro/bússola.

Infelizmente, não dispusemos de um mapa base adequado para a localização exata das observações de campo, o que nos obrigou muitas vezes a fazer uso dos citados processos de mapeamento.

Inicialmente, o mapa base utilizado foi o do IBGE, folhas SA-22 e SA-23 na escala de 1:1.000.000, ao qual se procurou adaptar o controle rodoviário de um mapa do DER-PA. (Departamento de Estradas de Rodagem) do ano de 1967. Posteriormente, o controle de base foi facilitado em parte por um mapa da antiga SPVEA (Superintendência de Valorização Econômica da Amazônia), executado pela FAO (Food and Agriculture Organization) em março de 1958, baseado no levantamento Fotogramétrico-Trimetrogon de 1942 - 1944 e no mapa Hidrográfico e de Navegação da Marinha do Brasil.

6. Trabalhos anteriores

A região em foco tem sido objeto de vários estudos anteriores, tanto de geologia de superfície e subsuperfície como também de prospecção geofísica.

Desde 1936, vários trabalhos de reconhecimento geológico foram realizados ao longo dos principais rios, igarapés e rodovias.

Dois poços estratigráficos, EGst-1-PA e VNst-1-PA, com profundidade média de 2.100 metros, foram feitos pela PETROBRÁS, nas localidades de Emboraí Grande e Vila Nova, nos municípios de Vizeu e Bragança, respectivamente.

Além desses trabalhos de subsuperfície, a PETROBRÁS realizou trabalhos de prospecção geofísica na área do Projeto, resultando no descobrimento da bacia de Bragança, detectada por trabalhos gravimétricos e sísmicos e confirmados com poços estratigráficos.

Daremos, a seguir, uma relação de alguns dos principais trabalhos realizados na área :

- 1936 — Moura — realizou o reconhecimento geológico do rio Gurupi, desde o alto Gurupi até à sua foz.
- 1938 — Souza — estudou as rochas da região de Bragança a Turiassu (Pará-Maranhão).
- 1964 — Ackermann — estudou a geologia e fisiografia da região Bragantina.
- 1967 — PETROBRÁS — apresentou um trabalho sobre as bacias do Amazonas e Maranhão, abrangendo a área em estudo.
- 1967 — Ackermann — fez um estudo sobre a depredação dos solos da região Bragantina;
- 1968 — IPEAN (Guimarães e Santos) — realizaram estudos em algumas zonas do Estado sobre a possibilidade de utilização dos calcários na calagem dos solos.
- 1968 — DNPM — realizou o reconhecimento geológico preliminar, na área do Projeto Grão-Pará, localizada a NE do Estado do Pará.
- 1969 — DNPM — realizou a segunda fase do Projeto Grão-Pará, com trabalhos de prospecção de ocorrências e jazidas de materiais de construção.
- 1969 — Ackermann — apresentou um esboço da geologia entre a cidade de Belém — Rio Gurupi e Atlântico — Rio Guamá.
- 1971 — Francisco et alli — realizaram o mapeamento geológico da folha de São Luís (SA-23), no Estado do Pará.

1971 — Almaraz e Formoso — fizeram um estudo do ambiente de Sedimentação Marinha do Pirabas;

1971 — IPEAN — realizou estudos sobre a necessidade de calcário em solos da zona Bragantina.

III - Fisiografia

A região, durante todo o Quaternário, esteve sujeita a sucessivas variações do nível do mar, em período de transgressões e regressões, de certa forma relacionados com as flutuações climáticas do Pleistoceno, com épocas glaciais e interglaciais.

Topograficamente, a região situa-se dentro de uma faixa de baixas altitudes, com cotas máximas em torno de 50m, relevo suave e uniformemente ondulado. A paisagem se modifica ligeiramente apenas em terrenos de rochas Pré-Cambrianas, com o relevo um pouco mais movimentado, contrastando com o observado nas áreas sedimentares. Apresenta algumas elevações que dentro do conjunto podem ser consideradas invulgares, tais como a serra do Piriá, serra do Cansa Perna e serra Estirão das Antas, que são, possivelmente, produto da erosão diferencial de antigos terraços, formados quando os níveis de base eram altos e correspondentes aos períodos interglaciais.

A zona litorânea apresenta-se completamente recortada, com pontas e reentrâncias, que correspondem às embocaduras dos rios. Essas embocaduras apresentam-se relativamente largas, se comparadas com a extensão do curso d'água, fato que levou certos autores a descrevê-las como em forma de "trombetas", daí a denominação de costa trombetiforme. Tomam também a denominação de "costa de rias", em analogia com certas regiões da África e Europa.

Evidencia-se uma emersão contínua pelas feições geomorfológicas das falésias de Maracanã, Salinópolis e Fortaleza, alcançando até 20m sobre o nível do mar, esculpidas principalmente nos sedimentos de cores variegadas da Formação Barreiras e no calcário Pirabas, sendo parcialmente cobertas por sedimentos recentes.

A região, ao norte do rio Guamá, pode ser definida como uma planície costeira, com baixas altitudes, apenas recortadas pelos rios que correm no sentido norte em direção ao Atlântico, e no sentido sul, em direção ao rio Guamá. A região ao sul apresenta-se como um baixo platô, com uma série de terraços que se salientam na topografia.

A região é drenada por oito rios principais: Gurupi, Piriá, Moju, Caeté, Guamá, Acará, Capim e Irituia, todos eles consequentes em relação ao relevo e correndo em direção geral NS, com exceção do rio Guamá, que, a partir do seu curso médio para juzante, inflete com direção E-W, originando seu caráter subsequente, desvio esse que tanto pode ter sido originado pelo encaixamento no sistema de falhas das rochas do Pré-Cambriano, como também devido ao levantamento do hipotético arco do Guamá (Ackermann, 1969) que deu origem ao divisor de águas dos rios que correm no sentido norte com os que desembocam no Guamá no sentido sul.

Além desses rios principais, toda a área é cortada por outros rios secundários e igarapés que no todo dão origem a uma rede de drenagem do tipo dendrítico nas regiões sedimentares e dendrítico retangular nas áreas pré-Cambrianas.

Os principais rios da região se encontram em estágio de maturidade, dado pelos contornos verificados ao longo de terrenos aplainados com planícies de inundação, completamente entulhadas pelo próprio rio. Entretanto, em vários deles, observam-se feições de rejuvenescimento, com inúmeras corredeiras e cachoeiras, leitos encaixados entre barrancos abruptos e afluentes elevados acima da influência direta do rio.

A região apresenta uma temperatura média anual de 28° C, com umidade relativa do ar entre 85 e 95%. O clima dominante é do tipo Equatorial úmido, com duas estações bem definidas: o inverno e o verão. O inverno se desenvolve durante o período de dezembro a maio, sendo caracterizado pela constância de chuvas. O restante do ano é a época do verão, com as precipitações pluviométricas diminuindo de intensidade.

A vegetação dominante pertence ao tipo de florestas de terra firme, do complexo botânico da Hiléia Amazônica, com árvores de grande porte, tais como Amapá, Maçaranduba, Angelins, Castanheiras, etc.

A zona do Salgado e a faixa costeira são constituídas principalmente de campina de várzea. As terras baixas com vales aluvionais Quaternários apresentam mata de várzea e igapós, onde ocorre a maior variedade florística.

Ao longo das rodovias, não se encontra mais a típica vegetação Amazônica e sim, uma vegetação de segunda e terceira ordem, com alguns testemunhos de uma floresta outrora exuberante, característica da Hiléia.

IV - Geologia

1 — Aspectos gerais

A área em estudo está representada por uma sequência sedimentar Cenozóica, do Mioceno Inferior ao Quaternário Recente, afloramentos de rochas Pré-Cambrianas, do Arqueano e Algonqueano e áreas de possíveis rochas Eo-Paleozóicas. (Anexos 2, 3, 4, 5 e 6).

O Quaternário Recente ou Holoceno está representado por areias, siltes, argilas e cascalhos.

Sedimentos de idade Mioceno — Pleistoceno, representados pela Formação Barreiras, cobrem aproximadamente 60 a 70% da área total do Projeto. Litologicamente são constituídos de argilas multicoloridas e sedimentos em geral mal consolidados, argilosos, sílticos e arenosos.

Sedimentos marinhos calcíferos do Mioceno Inferior, representados pela Formação Pirabas, encontram-se na área quase que totalmente recobertos pelos sedimentos da Formação Barreiras. Em apenas alguns pontos da área do Projeto, esta Formação é aflorante. Litologicamente predominam leitos de calcários ricamente fossilíferos, alternados com argila e areia.

Consideramos do Eo-Paleozóico (?) um arenito branco, duro, friável, parcialmente silicificado, aparecendo em pequenas manchas nas regiões dos rios Guamá, Capim, Irituia e Quatipuru. Consideramos também do Eo-Paleozóico os afloramentos de grauvaça observados em certos trechos da rodovia BR-316 (Pará-Maranhão) e no rio Piriá, em áreas próximas ao local onde a rodovia atravessa esse rio.

Rochas do Pré-Cambriano Superior, Algonqueano, representadas pela série Gurupi, afloram ao longo da rodovia BR-316, no rio Piriá, no seu médio e alto curso e no rio Guamá, assentando discordantemente sobre rochas do embasamento cristalino. Aparecem também, no localidade de Mirasselas, no município de Bragança. Litologicamente predominam filitos e clorita-xistos.

As rochas que representam o Pré Cambriano indiviso, ocorrem, principalmente, na porção SE da área do Projeto, ao longo dos rios Guamá e Piriá. Aparecem também a NE, nas localidades de Tauari, Mirasselas e Tracuateua. São essencialmente graníticas em composição.



PROJETO ARGILA-BELÉM

COLUNA GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA
COMPOSTA DA ÁREA TRABALHADA



CPRM

ANEXO 2

| ERA | UNIDADES | | | LITOLOGIA | ESPESSURA (m) | DESCRICÃO |
|---------------|----------------------|-------------|--------------------|-----------|---|--|
| | CRONOESTRATIGRÁFICAS | | LITOSTRATIGRÁFICAS | | | |
| | SISTEMA | SÉRIE | FORMAÇÃO | | | |
| CENOZÓICO | QUATERNÁRIO | HOLOCENO | | | ±4m | SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS ATUAIS E SUB-ATUAIS CONSTITUIDOS DE CASCALHO, AREIAS, SILTES E ARGILA. |
| | | PLEISTOCENO | | | | |
| | TERCIÁRIO | PLIOCENO | BARREIRAS | | ±30m | ARGILAS MULTICOLORIDAS; SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS ARGILO-ARENOSOS E ARENO-ARGILOSOS AMARELADOS E AVERMELHADOS, COM NÍVEIS E LEITOS DE MATERIAL GROSSEIRO COM SEIXOS DE QUARTZO DE TAMANHO VARIÁVEL; FREQUENTEMENTE NÍVEIS DESCONTÍNUOS DE ARENITO FERRUGINOSO EM BLOCOS SOLTOS; IRREGULARES E DE TAMANHO VARIÁVEL. |
| | | MIOCENO | PIRABAS | | ±5m | CALCÁRIO ALTAMENTE FOSSILÍFERO ALTERNADO COM ARGILA E AREIA. |
| EO-PALEOZÓICO | | | | ? | ARENITO BRANCO, DURO, GRANULAÇÃO MÉDIA/GROSSA, PARCIALMENTE SILICIFICADO. GRAUVACA CINZA-ESVERDEADA, DURA, GRANULAÇÃO FINA. | |
| PRÉ-CAMBRIANO | ALGONQUEANO | GURUPI | | | ? | FILITOS E CLORITA-XISTOS |
| | ARQUEANO | | | | ? | GRANITO-GNAISSE MIGMATIZADO |

2. Estratigrafia

2.1 — Pré-Cambriano

2.1.1 — Arqueano

As rochas que representam o embasamento cristalino são notadamente granito-gnaiss migmatizados. Afloram a SE da área, no médio e alto curso do rio Guamá (fotos 13, 14, 15 e 16) e alto curso do rio Piriá. Pequenos afloramentos são observados também a NE da cidade de Capanema, na região do alto rio Quatipuru, nas localidades de Tauari e Mirasselas e em Tracuateua, no município de Bragança (foto 17). São rochas essencialmente graníticas em composição, apresentando feições migmatíticas homogêneas, comprovadamente metassomáticas.

Estruturalmente, as formas pitgmáticas e nebulíticas são algumas vezes observadas. Mais geralmente apresentam um estado homogêneo, por vezes gnáissico, com desenvolvimento porfiroblástico, evoluindo a uma estrutura aproximadamente homófona, típica dos migmatitos graníticos. Nestes, o paleossoma e o neossoma não podem ser identificados separadamente. Existem apenas porções difusas, levemente diferenciadas pelo seu teor mineral.

A composição mineralógica predominante dessas rochas é quartzo, microclina e plagioclásio (fotos 25 e 26). Os minerais varietais presentes são a biotita e muscovita; esta é extremamente abundante, desenvolvendo enormes palhetas. Os minerais acessórios observados em seção delgada são apatita, zircão, titanita e esporadicamente granada em algumas amostras.

O quartzo apresenta-se em formas xenoblásticas, com forte extinção ondulante, microfraturado e com bordas irregulares. Os cristais claros e límpidos são angulares e subarredondados. Observa-se que em alguns pontos, o quartzo apresenta-se isento de tensões internas e com tendências à poligonização, testemunhando, em parte, uma recristalização pós-tectônica. Durante este crescimento blástico, alguns minerais matriciais foram englobados e aí se conservaram, enquanto perdurasse esse nível térmico de granitização.

Uma outra evidência metassomática é a presença de microclina, atuando principalmente como porfiroblastos bem desenvolvidos. Sua forma é sub-idioblástica e caracteriza-se por sua típica geminação polissintética cruzada. É formada às expensas do plagioclásio sódico por processos de metassomatose potássica, sob condições possivelmente dinâmicas. O plagioclásio mostra fortes tendências idioblásticas. Sua composição é sódica (albita-oligoclásio), ocorrendo, por vezes, como porfiroblastos embrionários. Apresenta sinais de tensões internas resultantes do efeito cataclástico que atingiu regionalmente essas rochas. Os planos de geminação são encurvados e as lamelas bruscamente interrompidas. Parcial alteração a argila e sericita pode ser observada. No seu crescimento blástico, vários minerais da matriz foram englobados. É visível a transformação do plagioclásio a microclina por processos de metassomatose potássica. Esta permanece fresca e límpida no seio do plagioclásio argilizado. O escape ao processo de argilização vem comprovar sua formação posterior.

Uma característica constante dessas rochas é a abundância extrema e o desenvolvimento acentuado da mica muscovita em palhetas que se distribuem irregularmente. Uma excessiva adição metassomática alúmino-potássica se fez necessária para sua formação nos estágios de baixa à moderada temperatura. Ocorre geralmente com forte extinção ondulante e intimamente associada a cristais também desenvolvidos de apatita. Inclusões de zircão produzem halos de intenso pleocroísmo. A deformação dessas rochas parece ter sido sin e pós-migmática. A formação dos migmatitos verificou-se antes da deformação e teria continuado nos seus estágios iniciais, o que se depreende pelo "fabric" cataclástico, as tensões internas sofridas pelos minerais, as fraturas e microfraturas preenchidas pelos minerais secundários.

Essas rochas são cortadas por inúmeros veios pegmatíticos de dimensões centimétricas, raramente métricas. Os mais possantes veios encontrados na região foram observados no alto rio Piriá. Observou-se existir, em alguns afloramentos, uma relação entre a massa pegmatítica e a rocha granítica encaixante. Os minerais que compõem a massa pegmatítica são, sem exceção, os mesmos encontrados na rocha granítica que os engloba. Em uma das amostras de pegmatito encontrou-se quartzo, microclina, albita-oligoclásio e muscovita como elementos majoritários. Em quantidades subordinadas, ocorrem apatita e intercrescimentos mirmequíticos. Verificou-se não haver desenvolvimento ou formação de novos minerais, ocorrendo apenas um empobrecimento em certos minerais na rocha granítica, os quais, por sua vez, vão enriquecer os pegmatitos. Raras exceções foram comprovadas pela existência de turmalina negra em algumas fraturas abertas, favorecendo uma incipiente formação pegmatítica ao longo dessas fraturas. Notou-se que a composição do plagioclásio, estimado por medidas óticas, tende a ser a mesma, tanto no pegmatito como na rocha circundante.

Com base nessas poucas evidências, torna-se viável admitir uma origem metassomática para esses veios pegmatíticos, formados por processos de secreção lateral através de um simples rearranjo dos minerais existentes na rocha granítica circundante. A forma irregular de algumas massas de pegmatito indicam que eles não foram formados por simples processo de injeção magmática, embora não seja excluída totalmente essa hipótese em alguns pontos da área investigada.

A maioria das informações obtidas são, portanto, mais sugestivas de uma origem recristalização-segregação (mobilização seletiva) para essas ocorrências de pegmatitos, em princípio não mineralizados.

2.1.2 — Algonqueano — Série Gurupi

Assentando discordantemente sobre o Pré-Cambriano Indiviso, ocorre uma faixa de metassedimentos, observada principalmente ao longo da rodovia BR-316 (fotos 5 e 6), rio Piriá (fotos 7, 8 e 9) e rio Guamá (foto 10). São rochas metassedimentares de baixo a médio grau metamórfico na sequência dínamo-termal. Consistem principalmente de filitos, granada-biotita-clorita-xisto e biotita-clorita-quartzo-albita-xisto (foto 29), derivados de sedimentos pelíticos. Os filitos dessa sequência metamórfica apresentam-se bastante perturbados e decompostos. Vários anticlinais e sinclinais são observados, além de pequenos falhamentos e inúmeros veios de quartzo branco leitoso a acinzentado, inteiramente fraturados (fotos 11 e 12).

A denominação de Série Gurupi a esse conjunto de rochas se deve a Moura (1936), que a descreveu como sendo semelhante às rochas da Série Minas. Francisco et alli (1971) preferiram usar a denominação de Grupo ao invés de Série, por acharem que se trata de uma unidade litoestratigráfica. Mantivemos a designação de Série Gurupi por já estar consagrada na literatura geológica do Brasil e pelo fato de faltarem estudos de detalhe, capazes de trazerem maiores esclarecimentos e ampliar os conhecimentos atuais.

São também observados pequenos afloramentos de rochas da Série Gurupi a NE da cidade de Capanema, na localidade de Mirasselas, onde aparecem filitos cortados por veios de quartzo.

2.2 — Eo-Paleozóico (?)

Em diversos locais da área, aflora um arenito branco, duro, maciço, de granulção média a grossa, com faixas seixosas, parcialmente silicificado e com diaclasamentos verticais de direção NE-SW e NW-SE.

Esse arenito tem sido assinalado por diversos autores em vários trabalhos realizados na região. A respeito de sua idade existem algumas controvérsias. Sombroek (1966), sugere idade Paleozóica para esses arenitos. Ackermann (1969), faz referência a essas ocorrências como sendo de idade Cretácea. Francisco et alli (1971) enviaram amos-

tras desse arenito à Seção de Paleontologia e Estratigrafia do Departamento Nacional da Produção Mineral, a fim de que fossem realizadas pesquisas de microfósseis, com finalidade de auxiliar a sua datação. Infelizmente, o resultado apresentado não possibilitou qualquer sugestão para determinação estratigráfica da amostra em questão, o que os fez considerarem, na falta de elementos para uma idéia mais precisa, a respeito de sua idade, como Eo-Paleozóico duvidoso.

Sendo poucos os afloramentos existentes, escassas as relações de campo e em se tratando de uma rocha afossilífera, nos faltam dados geológicos que sirvam de base para uma datação mais segura, pelo que preferimos manter a idade Eo-Paleozóica sugerida por Francisco et alli (1971).

As isoladas ocorrências aparecem em diversos locais da área do Projeto. Afloram no rio Guamá, na cidade de São Miguel do Guamá; no rio Irituia, onde apresentam seus melhores afloramentos; nos igarapés Maroim e Jari, afluentes do Capim pela margem esquerda e direita, respectivamente, e no rio Quatipuru.

Em certos trechos da rodovia BR-316 (fotos 2, 3) e no rio Piriá (foto 4), no local onde a estrada atravessa esse rio, observam-se vários afloramentos de uma rocha de cor cinza, maciça, dura, textura clástica granular, constituída principalmente de quartzo e feldspato, assentando discordantemente sobre rochas da Série Gurupi. Na rodovia BR-316 ocorrem em pequenos blocos ovalados e enormes "boulders" apresentando típica desagregação cortical, resultado da intensa meteorização a que estiveram submetidas. Análises petrograficamente, foram classificadas como grauvacas (fotos 27, 28).

Em se tratando de uma rocha sedimentar, assentando discordantemente sobre filitos e xistos do Pré-Cambriano Superior, como hipótese de trabalho, preferimos considerar estas grauvacas como pertencentes ao Eo-Paleozóico, relacionando-as estratigraficamente aos arenitos anteriormente citados, apesar de poucos os elementos geológicos para melhor colocação do problema relativo à sua idade.

2.3 — Cenozóico

2.3.1 — Mioceno Inferior — Formação Pirabas

A Formação Pirabas, alvo de um grande número de trabalhos no campo da Paleontologia, por diversos especialistas no assunto, foi datada seguramente no Mioceno Inferior.

Ocorre em vários locais na área do Projeto, desde o litoral até o rio Guamá. A maior parte das ocorrências verificadas localizam-se principalmente a NE do Estado, mais precisamente na zona Bragantina, nos municípios de Capanema, Peixe-Boi, Nova Timboteua, Bragança e Irituia e na zona do Salgado, nos municípios de Primavera, Marapanim e Salinópolis (foto 1).

Os mais expressivos afloramentos encontram-se no litoral, na ilha de Fortaleza, município de Primavera. Ackermann (1964) cita diversas ocorrências da Formação Pirabas na área. Silva e Lowenstein (1968) apresentam uma revisão e atualização das localidades até então conhecidas. "Sua presença é conhecida também nos Estados do Maranhão (litoral) e no Piauí (baixo Parnaíba), havendo notícias, não confirmadas ainda, de sua presença no litoral do Amapá" (Francisco et alli, 1971).

Litologicamente, predominam calcários ricamente fossilíferos, alternados com argila e areia. Apresentam-se geralmente em camadas horizontais, com espessura muito variável, de alguns centímetros a metros, isentos de perturbações tectônicas e subordinados às depressões das rochas subjacentes. Estão em contato geralmente concordante com os sedimentos Barreiras sobrejacentes, sobrepondo-se ora a sedimentos do Terciário Inferior, ora diretamente sobre rochas mais antigas, como se pode observar a oeste da vila de Tauari, onde o calcário Pirabas assenta discordantemente sobre rochas do embasamento cristalino.

2.3.2 — Mioceno-Pleistoceno (?) Formação Barreiras

Os sedimentos, por nós considerados como Mioceno Pleistocênicos, estão representados pela Formação Barreiras, cobrindo aproximadamente 60 a 70% da área total do Projeto. Representam os mais variados tipos de depósitos continentais, com uma litologia extremamente variada. Trata-se de um conjunto estratigráfico dos mais complexos, afossilífero e com suas camadas geralmente horizontalizadas, por vezes, localmente inclinadas. Apresenta-se litologicamente constituído por uma sequência sedimentar, variando desde argilas multicoloridas observadas na sua porção mais inferior a sedimentos inconsolidados argilo-arenosos e areno-argilosos, geralmente nas cores amareladas, alaranjadas e avermelhadas, às vezes, com níveis e leitos de material grosseiro, com seixos de quartzo de tamanhos variados, arredondados e subarredondados; observam-se também frequentemente, níveis descontínuos de um arenito ferruginoso (Grés do Pará) em blocos soltos, irregulares e de tamanhos variados, não faltando, por vezes, leitos mais ou menos contínuos.

As melhores exposições da Formação Barreiras são encontradas na costa atlântica, onde a ação erosiva do mar deu origem a inúmeras falésias, comuns à faixa costeira, de até 20m de altura. Entre essas, destacam-se as de Marapanim, Maracanã, Salinópolis e ilha de Fortaleza.

Normalmente, os sedimentos da Formação Barreiras estão sobrepostos às camadas da Formação Pirabas, geralmente em contato concordante com essa Formação, podendo, na ausência desta, estar em contato direto com Formações mais antigas.

Existe uma série de controvérsias a respeito de sua idade. Geralmente, são considerados como sedimentos Pliocênicos. Francisco et alli (1971) preferiram referi-los ao Mioceno/Plioceno. Citam estes autores que Lamago (1940), sugeriu idade Miocênica.

Em estudos realizados na área, Francisco et alli (1971) com base nos perfis de alguns poços e sondagens a trado, realizadas no Município de Capanema, constataram existir uma nítida transição do calcário Pirabas para as argilas da Formação Barreiras, o que os levou à suposição de que o início de deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras data pelo menos do Mioceno, desde a fase final da deposição do calcário marinho Pirabas, datado com toda segurança no Mioceno Inferior. Apesar de não termos encontrado relações de campo, para que pudéssemos chegar a essas mesmas conclusões ou a uma idéia mais precisa a respeito do limite inferior de idade para os sedimentos da Formação Barreiras, preferimos manter a idade sugerida por Francisco et alli (1971). Para limite superior consideramos o Pleistoceno, uma vez que não encontramos elementos geológicos que sirvam como critério estratigráfico para diferenciar os sedimentos da Formação Barreiras do Quaternário Antigo.

2.3.3 — Holoceno

O Quaternário Recente está representado na área por sedimentos aluvionares atuais e subatuais, constituídos por areias, siltes, argilas e cascalhos, localizados principalmente na faixa costeira da baía do Marajó, costa atlântica e nos vales dos rios e igarapés que drenam a região. São considerados também como pertencentes ao Holoceno os inúmeros depósitos de areia, alguns dos quais bastante extensos, encontrados sobretudo na zona Bragantina e zona do Salgado, sob a forma de dunas fósseis, que tiveram sua origem provável no início da fase interglacial, responsável pelas sucessivas transgressões marinhas a que esteve sujeita a costa paraense durante todo o Quaternário (Ackermann, 1964).

3. Tectônica

As estruturas geológicas da região acham-se bem evidenciadas nas áreas onde ocorrem rochas do embasamento cristalino, as quais submetidas a intenso tectonismo proterozóico, falharam-se segundo alinhamentos mais ou menos padronizados.

Reativações das antigas linhas de fraqueza possivelmente a partir do Mesozóico, deram origem a deslocamentos de blocos do embasamento cristalino, ocasionando a formação de estruturas de "horst" e "graben", com amplitudes de bacias, ao longo da costa Marajó — Bragança — São Luis, como é o caso da bacia cretácea marinha de Bragança, detectada pela PETROBRÁS, por trabalhos gravimétricos e sísmicos, e comprovada com poços estratigráficos. A bacia de Bragança está delimitada por falhas de direções gerais NW-SE e NNE-SSW. Esse mesmo sistema de falhamento que atingiu a região ao longo da costa, está bem evidenciado a SE da área do Projeto, na região do médio e alto curso dos rios Guamá e Piriá, em áreas de afloramentos de rochas Pré-Cambrianas.

Falhamentos de menor amplitude atingiram rochas mais recentes, inclusive terciárias, resultantes de acomodações que se fizeram sentir através de antigas linhas de fraqueza.

4. Geologia Econômica

Os trabalhos de campo na área do Projeto revelaram algumas ocorrências minerais de interesse econômico, principalmente para a indústria de construção civil (anexo 7).

4.1 — Argila

Na zona costeira da área, principalmente na faixa marginal da baía do Marajó, grande é o número de depósitos de argila potencialmente econômicos. São argilas de cores variadas, de cinza escuro passando a cinza azul esverdeado e argilas claras. Nas ilhas localizadas nos arredores de Belém, existem depósitos de argila muito plástica, utilizadas pelas olarias locais para fabricação de tijolos e telhas, principalmente.

4.2 — Areia

Os depósitos de areias ocorrem em diversos pontos da região. Muitos deles se constituem de alto significado econômico, visto tratar-se de areias de 1.^a qualidade, com mais de 99% de SiO₂, servindo para a fabricação de vidros planos, abrasivos, moldes de fundição etc., inclusive com alguns deles apresentando boas qualidades para emprego em vidros óticos. Além disso, a maioria dos depósitos estão situados próximo às rodovias principais, com fácil escoamento aos centros consumidores. Até o presente, o emprego dessas areias tem sido restringido a material de construção. Somente agora está em fase de implantação uma fábrica de vidros VIP — Vidros do Pará S/A., com seu jazimento de areia quartzosa localizado no município de Sta. Isabel do Pará.

Há dois tipos de ocorrências distintas :

- a) Areias da orla marítima, localizadas na costa Atlântica, nas ilhas Algodal, Atalaia, etc., formando depósitos praias e dunas vivas.
- b) Depósitos de origem fluvial, localizados mais para o interior. São os mais importantes depósitos de areia da região.

4.3 — Cascalho

As principais áreas de ocorrência de cascalho situam-se em Ourém e arredores, sendo encontrados depósitos desse material principalmente ao longo da rodovia PA-13 (Capanema-Ourém), PA-1 (Capitão Poço-Irituia) e BR-010, próximo a São Miguel do Guamá. Observam-se também no rio Caeté e curso médio do rio Guamá. Outros depósitos foram também observados na rodovia BR-316, entre Capanema e Bragança e a NNE da cidade de Bragança, próximo à vila de Bacuriteua.

São depósitos de idade Terciária ou Quaternária, constituídos por níveis de seixos de quartzo de diversas dimensões, geralmente em torno de 2 a 10 cm de diâmetro, arredondados e subarredondados, associados a sedimentos argilosos e arenosos.

Ao longo do curso médio do rio Guamá, foi observada uma camada de aproximadamente 2m de espessura a partir da localidade Tupinambá, abaixo de Ourém. Essa camada aumenta em espessura e tamanho dos seixos, à medida que se aproxima da cidade de Ourém e em seguida diminui gradativamente, a montante. Isso nos levou a julgar as ocorrências de cascalho localizadas entre São Miguel do Guamá e Ourém, serem muito mais extensas do que se citava anteriormente. Possivelmente, se estendem ainda com direção geral aproximada NE a partir de Ourém, através do rio Caeté. São utilizados principalmente como agregados para concreto.

4.4 — Calcário

Embora sejam relativamente poucos os afloramentos de calcário da Formação Pirabas, grande é a sua área de ocorrência na região, principalmente na zona Bragançana, nos municípios de Capanema, Peixe-Boi, Nova Timboteua, Bragança e Irituia e zona do Salgado, nos municípios de Marapanim, Salinópolis e Primavera.

Em sua maior parte está recoberto pelos sedimentos da Formação Barreiras. Trata-se de um calcário altamente fossilífero, alternado com argila e areia, com espessura de alguns centímetros a metros, e composição química muito variável. Apesar das dificuldades para a sua exploração em decorrência dos fatos expostos acima, os depósitos localizados nas proximidades de Capanema estão sendo explorados pela CIBRASA (Cimentos do Brasil S/A.) para o fabrico de cimento Portland.

4.5 — Bauxita

No rio Piriá, próximo à sua foz e ainda ao lado da rodovia BR-316, próximo a esse rio, aparecem, salientando-se na topografia, duas serras, a serra do Piriá, no rio Piriá e a serra Cansa Perna, na margem da rodovia. Igualmente, nas margens do alto rio Guamá, encontram-se algumas serras, entre as quais a serra Narcisa e Estirão das Antas. Em todas foram observados níveis de bauxita cavernosa e canga laterítica. De um modo geral, são serras sem grande expressão topográfica, com os depósitos não chegando a se constituírem em reservas de interesse econômico, salvo as ocorrências encontradas na região do alto rio Guamá que ainda estão na dependência de maiores estudos.

4.6 — Pirofilita (?)

Na localidade de Mirasselas, município de Bragança, foi observado em rochas da Série Gurupi, um material argiloso, de aspecto sedoso e coloração cinza esbranquiçado. Vários autores referem-se a essa ocorrência como sendo talco. Outros afirmam tratar-se de pirofilita.

Analisado quimicamente, esse material apresentou os seguintes resultados :

| | | | |
|--------------------------------|-------------------|---|--------|
| SiO ₂ | (sílica) | — | 60,0 % |
| Fe ₂ O ₃ | (Óxido de ferro) | — | 0,13% |
| Al ₂ O ₃ | (óx. de alumínio) | — | 22,0 % |
| MgO | (óx. de magnésio) | — | 2,0 % |

Diante desses resultados, somos levados a concluir tratar-se este material de pirofilita, pelo alto teor em alumínio apresentado e baixo teor em magnésio.

Atualmente, essa ocorrência está sendo utilizada e explorada pela AZPA (Azulejos do Pará S/A).

4.7 — Quartzo, Feldspato e Mica

Na região do alto rio Piriá, ocorrem diversos veios pegmatíticos, onde são frequentes, belos cristais de feldspato. Observam-se também, no alto curso do rio, possantes veios de quartzo branco leitoso.

A região, outrora, foi um centro de garimpagem para ouro. Posteriormente, passou à exploração de cristal de rocha e mica aluvionar. Quanto ao feldspato, não se tem notícias a respeito de que tenha sido explorado até o momento.

5. Conclusões e Recomendações

Após os trabalhos de campo ao longo dos rios Guamá, Piriá e da rodovia BR-316, fomos levados a mudar em certos aspectos o mapa geológico da região, uma vez que o estudo de novos afloramentos nos proporcionou uma nova divisão estratigráfica, baseada sobretudo nos tipos litológicos e caracteres de campo.

Propôs-se neste trabalho, idade Eo-Paleozóica para as grauvacas aflorantes na rodovia BR-316 e rio Piriá.

Procuramos, na medida do possível, destacar em mapa todos os afloramentos de calcário da Formação Pirabas existentes na área, apesar da escala em que foi realizado o mapeamento, não o permitir em certos casos. Evitamos inferir contatos sobre grandes áreas, mesmo sabendo-se da possibilidade de existir calcário em subsuperfície.

Os sedimentos da Formação Barreiras foram considerados como sendo de idade Mioceno-Pleistoceno. Somente com estudos mais detalhados poderíamos obter elementos mais seguros a respeito de sua idade.

A porção SE da área do Projeto localizada na região do alto curso dos rios Guamá e Piriá, apesar de se tratar de área de fácil acesso, é, geologicamente, mal conhecida em detalhe. Por esse motivo, achamos conveniente que sejam realizados nessas áreas, trabalhos de mapeamento geológico em maior detalhe, a fim de que seja melhor estudada a estratigrafia da região.

6. Análises Petrográficas

Estamos apresentando o estudo petrográfico de 14 amostras da área do Projeto. As amostras 1106-LA-31 a e 1106-LA-29 foram analisadas no Rio de Janeiro, no LAPET (Laboratório da Petrografia). As demais no Laboratório de Mineralogia e Petrografia da Agência-Belém, pelo geólogo Xafi da Silva Jorge João.

Amostra 1106-LA-29

Procedência : Rodovia BR-316, km-63

Arenito lito-feldspático

Rocha de textura clástica granular fina, de baixo arredondamento, composta mineralogicamente de quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, muscovita, epidoto, zircão, zoisita, clorita, sericita, opacos e óxidos de ferro. No conjunto, os cristais apresentam um tamanho uniforme, podendo-se observar apenas uns raros grãos maiores de quartzo subarredondados. Os feldspatos, de um modo geral, apresentam-se sericitizados e algo argilizados. O plagioclásio é de composição ácida (oligoclásio) ocorrendo sob a forma de pequenos prismas com macla albita em lamelas finas. Dispersas na rocha, encontram-se palhetas de biotita e muscovita, estando a biotita quase que totalmente transformada em clorita. A rocha mostra evidências de um metamorfismo incipiente, tais como um certo dentramento dos grãos e desenvolvimento de sericitização. A amostra apresenta fragmentos de rocha de xisto, ardósia e vários outros.

Amostra 1106-LA-31 a

Procedência : Rodovia BR-316, próximo à vila Piritoró

Grauvaca

Rocha de textura clástica de granulação fina, com grãos angulosos de baixo arredondamento. Composta mineralogicamente de quartzo, plagioclásio, ortoclásio, muscovita, sericita, biotita, epidoto, titanita, opacos, clorita, zoisita, óxido de ferro. O quartzo aparece em grãos com extinção ondulante, de tamanho variável. O plagioclásio predomina sobre o feldspato alcalino, ocorrendo sob a forma de pequenos cristais prismáticos, de composição ácida (oligoclásio), com macla albita. O feldspato alcalino apresenta-se relativamente alterado a mineral argiloso. A biotita em palhetas, com pleocroísmo pardo característico, alterado a clorita. A matriz é constituída de material sericítico. Entre os grãos detríticos podem-se observar alguns fragmentos de rocha.

Amostra 1106-LA-158

Procedência : Rio Piriá, 1 km. à montante da cachoeira do Machado.

Granito à microclina (migmático ?)

Rocha de textura xenomórfica granular, composta essencialmente de quartzo, microclina pertita e plagioclásio sódico. Secundariamente, alguma biotita cloritizada. O quartzo é anedral, microfraturado, com forte extinção ondulante e algumas inclusões fluídas. A microclina e o plagioclásio, também anedrais com parcial alteração a sericita e minerais de argila; apresentam extinção fortemente ondulante e inclusões de quartzo goticular. A rocha parece ser de natureza metassomática.

Amostra 1106-LA-159 a

Procedência : Rio Piriá, próximo ao igarapé do Caldeirão

Biotita Gnaisse

Rocha de textura granoblástica composta essencialmente de quartzo, plagioclásio, microclina micropertítica e biotita. Apatita, clorita e epidoto ocorrem em quantidades subordinadas. O quartzo e feldspatos apresentam-se microfraturados e com forte extinção ondulante. Os plagioclásios ácidos (albita-oligoclásio), mostram intenso processo de recristalização iniciando-se nas bordas e com numerosas inclusões fluídas e de quartzo goticular. A biotita, em palhetas bem desenvolvidas, dá orientação à rocha. Está intercrescida com clorita e contém várias inclusões epidotíferas como ao longo de suas bordas. Apresenta abundante apatita xenoblástica esparsamente distribuída e alguma mirmequita no contato alcali-feldspato/plagioclásio. A rocha apresenta algumas evidências de provável natureza migmatítica.

Amostra 1106-LA-175

Procedência : Rio Piriá, próximo ao igarapé Chibé

Grauvaca

Rocha de textura clástica consistindo predominantemente de grãos angulosos e mal selecionados de quartzo e feldspato. Estes assentam numa matriz algo recristalizada de argila, clorita, sericita e subordinado epidoto. O quartzo ocorre em grãos de baixa esfericidade, com extinção ondulante, por vezes em aglomerados xenomórficos poligonais, consequência de uma recristalização posterior. Alguns grãos isolados estão isentos de tensões internas, resultado de seu estado de neoformação. O plagioclásio sódico ocorre em dimensões variadas com inúmeras inclusões sericíticas e calcíticas. Alguns cristais mostram-se algo deformados por cataclase. Alguns fragmentos de rocha de dimensões microscópicas podem ser observados. Abundante calcita está presente, de disseminação geral, chegando a formar grandes cristais. Algumas palhetas de muscovita detrital são de orientação difusa. Diminutos grãos de epidoto ocorrem esparsamente. A rocha foi classi-

ficada como grauvaca, devido à sua textura característica e matriz cinza-verde escuro, apesar da escassez ou quase ausência de fragmentos de rocha.

Amostra 1106-LA-R-650 a, 1106-LA-R-651 a

Procedência : Tracuateua, município de Bragança

Granito gnaisse migmatizado

Rocha de textura granoblástica engranzada, com efeitos cataclásticos e tendências porfiroblásticas. Quartzo xenoblástico de bordas irregulares, com forte extinção ondulante, microfraturado e desenvolvimento acentuado, ocorre incluso nos feldspatos sob forma de gotículas. Microclina geminada (polissintética cruzada), fresca e límpida, com formas xenoblásticas e subidioblástica é formada às expensas do plagioclásio por metassomatose potássica. Plagioclásio (albita-oligoclásio) com tendências idioblásticas, apresenta-se intensamente fraturado. Como resultado da cataclase mostra lamelas de geminação curvas e interrompidas. É parcialmente alterado a sericita e argilo-minerais. A muscovita desenvolve enormes palhetas esparsamente distribuídas e com inclusões de zircão produzindo halos pleocróicos. Os minerais presentes em quantidades subordinadas são: apatita, titanita, alguma granada esporádica, biotita e clorita. A rocha apresenta evidência de granitização metassomática intensa, o que se depreende das feições estruturais e aspectos texturais observados.

Amostra 1106-AK-R-670a, AK-R-748, AK-R-789, BD-R-687b

Procedência: : Rio Guamá, localidades de Fronteira, Boca Nova, igarapé Prata e igarapé Carrapatinho, respectivamente.

Rochas semelhantes às anteriormente descritas sob número LA-R-650 a e LA-R-651 a.

Amostra 1106-BD-132

Procedência : Rio Piriá, próximo ao igarapé Piquiá

Granada — biotita — clorita — xisto

Rocha de textura lepidoblástica, xistosa e finamente granular. Compõe-se primordialmente de quartzo, albita, biotita, clorita e granada. O quartzo e albita predominam, quantitativamente, sobre os demais componentes. Alguns cristais de quartzo apresentam extinção ondulante, outros estão isentos de tensões internas, evidenciando cristalização sin e/ou pós-tectônica, o que se observa da sua parcial poligonização. A biotita com halos pleocróicos e clorita em finíssimas palhetas estão nitidamente orientadas paralelamente à xistosidade da rocha. A granada está intensamente fraturada apresentando inúmeras inclusões quartzosas e parcial alteração a clorita. A rocha mostra suaves evidências de metamorfismo retrógrado.

Amostra 1106-BD-R-780, BD-R-680a

Procedência : Rio Guamá, Cachoeira Jacarequara e Cabeça de Porco, respectivamente.

Biotita — clorita — quartzo — albita — xisto

Rocha de textura lepidoblástica, com os minerais orientados na direção de maior esforço. O quartzo apresenta-se em forma xenoblástica, microfraturado, com forte extinção ondulante. Alguns cristais contrastam dimensionalmente com a matriz poligonizada resultante de recristalização secundária ou anormal. A albita é subidioblástica com tendências porfiroblásticas, levemente alterada a argilo-minerais e sericita. Biotita e clorita ocorrem em diminutas palhetas orientadas paralelamente à direção de maior esforço. A turmalina verde idioblástica é um acessório comum, largamente distribuída por toda a rocha. Esporádica granada. Raros opacos. Trata-se de uma rocha metamórfica de baixo grau, formada por metamorfismo dinamo-termal (regional) em sedimentos pelíticos. Por vezes, evidencia efeitos diaforéticos.

V - Materiais de construção

1. Pedras para construção

1.1 — Generalidades e classificação

“Denomina-se pedra de construção toda classe de rochas naturais que podem ser empregadas na construção” (Petrucci, 1957).

De um modo geral, todas as rochas são utilizadas em construção, havendo entretanto algumas condições que o material deve preencher, a fim de ser utilizado para fins construtivos. Devem portanto ser considerados, além da resistência à fadiga mecânica (compressão, tração, flexão e desgaste), a resistência às ações do tempo bem como às ações dos agentes químicos. A resistência às intempéries depende da composição, textura, porosidade e resistência mecânica do material.

Além do uso estritamente estrutural, as pedras podem ainda ser utilizadas como blocos para pavimentação (paralelepípedos), agregados para concreto, lastro de vias férreas, material de pavimentação de estradas etc.

“A classificação das pedras, sob o ponto de vista de seu emprego em construções, obedece mais a um conceito prático do que propriamente geológico. Baseia-se no elemento predominante que entra na sua composição, e desse modo, dividem-se as mesmas em silicosas, calcárias e argilosas” (Pianca, 1959).

1.2 — Propriedades das Pedras de Construção

O conhecimento das propriedades físicas das principais pedras de construção é de alta importância sob o ponto de vista de seu aproveitamento.

Apresentamos no anexo 9 deste trabalho, um quadro com as principais propriedades físicas de algumas rochas usadas em construções.

1.3 — Pedras para Construção na área do Projeto

1.3.1 — Granito

1.3.1.1 — Ocorrência

As ocorrências de rochas graníticas estão localizadas principalmente na porção NE e SE da área.

Na porção NE, as ocorrências localizam-se próximas umas das outras, distribuindo-se nas áreas dos municípios de Capanema e Bragança. No município de Capanema, encontramos afloramentos graníticos em Tauari. No município de Bragança, aparecem em Tracuateua (foto 18) e Mirasselas. Tratam-se de afloramentos de extensão superficial reduzida, aparecendo isolados no terreno e cobertos em sua maior parte por sedimentos da Formação Barreiras e sedimentos recentes.

Os granitos de Tauari e Mirasselas estão localizados em áreas topograficamente mais baixas em relação aos granitos de Tracuateua, ficando aqueles sujeitos às constantes variações do nível freático, ocasionando certos problemas à lavra, como pudemos observar nas pedreiras do Amorim e Djalma, ambas localizadas em Mirasselas, na região do alto rio Quatipuru. Nas referidas pedreiras, principalmente na época do inverno, torna-se necessário um bombeamento contínuo, a fim de evitar que as mesmas fiquem completamente alagadas, prejudicando e interrompendo, muitas vezes, os serviços de exploração. São águas da chuva e do subsolo que penetram pelo sistema de fraturamento da rocha.

Tal problema não é observado nas pedreiras de Tracuateua, justamente pelo fato de se situarem topograficamente em áreas mais elevadas.

Para efeito de aproveitamento econômico dessas pedreiras localizadas a NE da área do Projeto, achamos que as ocorrências de Tracuateua são as mais favoráveis, pelos motivos acima expostos.

As principais ocorrências de rochas graníticas localizadas a SE da área, estão situadas às margens do rio Guamá, próximo a Urucuriteua, mais precisamente na localidade conhecida por Fronteira. Trata-se de uma ocorrência de localização geográfica das mais favoráveis à exploração. As britas e pedras para construção podem chegar até Belém, principal mercado consumidor da região, por via rodoviária e fluvial, neste último caso, utilizando-se o rio Guamá, francamente navegável em qualquer época do ano.

Outras ocorrências de rochas graníticas também foram observadas a SE da área, no entanto de localizações desfavoráveis no momento a um aproveitamento econômico satisfatório. Referimo-nos às ocorrências observadas ao longo do rio Guamá, a montante da cidade de Ourém e as ocorrências no rio Piriá, próximas à Vila do Japiim.

As ocorrências de rochas graníticas na área do Projeto podem ser observadas no anexo 10.

1.3.1.2 — Qualidade da Rocha

As ocorrências na porção NE da área, localizadas em Tracuateua, Mirasselas e Tauari como também aquelas da porção SE verificadas ao longo do rio Guamá e Piriá, apresentam-se intensamente fraturadas, condicionando até certo ponto o seu aproveitamento apenas à produção de britas e blocos irregulares para construção.

Nessas pedreiras, o processo de britagem é mecânico. O material obtido passa por peneiras com furos de diversas dimensões, obtendo-se assim, o produto devidamente classificado para os diversos usos, fornecendo britas ns. 0, 1, 2 e 3, correspondendo geralmente aos seguintes diâmetros máximos :

| <i>Malha</i> | <i>Natureza</i> | <i>Diâmetro Máximo</i> |
|--------------|---------------------------------|------------------------|
| 0 | Areia artificial ou pó de pedra | 9,5 mm |
| 1 | Brita fina | 19,0 mm |
| 2 | Brita média | 25,0 mm |
| 3 | Brita grossa | 50,0 mm |

Entre as pedreiras existentes, as únicas em exploração são as do Guimarães, em Tracuateua, no município de Bragança e a do Djalma e do Amorim, ambas localizadas em Mirasselas, no mesmo município.

1.3.1.3 — Emprego

De um modo geral, as ocorrências graníticas verificadas na área, são destinadas à obtenção de britas, muito embora possam ter outras aplicações.

“O granito é uma excelente pedra de construção, prestando-se a todas as utilizações da engenharia. A resistência e a durabilidade dos granitos excedem às da maioria das pedras de construção; a sua aplicação em revestimentos de fachadas, substituindo os mármore, decorre de sua maior resistência ao intemperismo. O granito é a

pedra indicada para calçamento, onde as ações de desgaste e de choque exigem qualidades excepcionais de resistência e as condições de tráfego reclamam superfície áspera e sem depressões" (Cavalcanti, 1957).

Nas construções de pontes, viadutos, muralha de cais etc., o granito é o mais indicado pelas suas excelentes qualidades, desde que aplicado convenientemente de acordo com uma técnica adequada. Podem ser utilizados também como pedras ornamentais.

1.3.1.4 — Produção

Toda a produção de brita, na área, é destinada quase exclusivamente a Belém, principal centro consumidor.

Encontramos uma grande dificuldade em obter dados de produção junto aos proprietários das pedreiras, por não existir nenhum controle por parte das firmas interessadas. Diante dessa escassez total de dados e informações, é impraticável e mesmo impossível apresentarmos quadros e tabelas ilustrativas da real situação atual e passada das pedreiras em exploração, existentes na área. Entretanto, a fim de termos uma idéia geral aproximada da produção e condições atuais, elaboramos um quadro conforme pode ser observado no anexo 11 deste relatório.

1.3.2 — Grés

1.3.2.1 — Ocorrência

De um modo geral, o grés do Pará ou arenito ferruginoso, encontra-se associado a sedimentos da Formação Barreiras, ocorrendo geralmente em níveis descontínuos, na parte superior dessa unidade estratigráfica, onde se observam blocos soltos, irregulares e de tamanhos variados.

Os sedimentos da Formação Barreiras recobrem aproximadamente 70% da área total do Projeto. Tal fato nos levou a concluir que inúmeras devem ser as ocorrências de grés na área. Entre as verificadas, podemos citar como mais importantes, aquelas localizadas num raio considerado econômico à sua exploração, tendo a cidade de Belém como principal mercado consumidor. No anexo 12, apresentamos um mapa onde estão assinalados os principais pontos de ocorrência.

1.3.2.2 — Qualidade da Rocha

Como pedra para construção, o grés tem suas aplicações limitadas quanto ao uso, principalmente quando se tem em vista empreendimentos de maior responsabilidade e grande envergadura, embora sejam bastante duros e compactos, apresentando grande resistência ao intemperismo.

"O grés em geral, faz boa pega com a argamassa. Sendo bom condutor da umidade, não se aconselha o seu emprego nos alicerces ou em paredes sem revestimento protetor" (Pianca, 1959).

1.3.2.3 — Emprego

Normalmente, o grés é utilizado como pedra para construção em obras de pequena envergadura. Tem sido muito utilizado como brita para pavimentação de estradas, apresentando para esse fim, satisfatórias qualidades.

1.3.3 — Cascalho

1.3.3.1 — Ocorrência

Grande é o número de depósitos de cascalho verificados na área do Projeto, ocorrendo normalmente em leitos de espessura variável, geralmente em torno de 1,50 a

2,00 metros, constituídos por seixos de quartzo de diversos tamanhos, arredondados e sub-arredondados (fotos 19 e 20). Os referidos depósitos estão associados a sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos de cores amareladas e avermelhadas.

Os depósitos considerados encontram-se na porção SE da área, numa faixa de direção aproximada NE-SW, de Bragança a Ourém, aflorando ao longo das principais rodovias e nas margens de alguns rios e igarapés.

A maior concentração desses depósitos está localizada no município de Ourém, nas margens do rio Guamã (anexo 13).

1.3.3.2 — Emprego

Alguns dos principais depósitos de cascalho estão sendo explorados esporadicamente e de maneira muito precária, não sendo por isso mesmo aproveitados devidamente.

Através de um simples processo de peneiramento e lavagem, poderiam ser obtidos seixos de dimensões variadas, os quais teriam inúmeras aplicações em engenharia civil.

Atualmente, alguns dos principais depósitos estão sendo explorados para obtenção de agregados para concreto, material para pavimentação de rodovias, calçamentos e para uso decorativo.

Vale salientar que, apesar de se tratar de depósitos extensos, com grande volume de material e de localização geográfica favorável, verifica-se estar seu aproveitamento econômico em larga escala dependente de adequados estudos de viabilidade.

2. Calcário

2.1 — Generalidades

Os calcários são rochas constituídas por carbonato de cálcio (Ca CO_3) e geralmente acompanhadas de minerais de argila, sílica e sais férricos, de estrutura granular compacta, cristalina ou terrosa, possuindo dureza média entre 3 e 4, e coloração muito diversa, desde o creme claro até o negro, todos muito atacáveis pelos ácidos, mesmo diluídos.

É uma rocha fácil de trabalhar e de excelente polimento, sobretudo quando compacta. É comumente empregada em arquitetura, estatuária e decorações, porém deficiente para toda classe de obras de pavimentação.

Seu principal uso, entretanto, é no fabrico de cimento e cal, para os quais são dispendidas grande somas na procura e pesquisa de novas jazidas.

O calcário encontrado na área do Projeto, não possui compacidade suficiente para ser utilizado como material decorativo, mas apresenta boas qualidades para o fabrico de cimento, daí a sua importância econômica para a região.

2.2 — Ocorrência

As ocorrências mais conhecidas do calcário Pirabas localizam-se principalmente na zona Bragantina, nos municípios de Capanema, Peixe-Boi, Nova Timboteua, Bragança e Irituia, e na zona do Salgado, nos municípios de Primavera, Salinópolis e Marapanim.

São relativamente poucos e de pequena extensão seus afloramentos na área do Projeto. Muitas vezes, é encontrado a pouca profundidade, bem próximo à superfície, como é o caso do calcário encontrado no município de Peixe-Boi, na sede do município, onde foram executados 3 furos de sondagem a trado, alcançando o calcário Pirabas a aproximadamente 1,50 a 2,00 metros de profundidade.

Várias ocorrências são assinaladas em diversos trabalhos de geologia realizados na área, sendo a maior parte ocorrências de subsuperfície, verificadas através de sondagens, como foi o caso dos inúmeros trabalhos realizados pela Fundação SESP para abastecimento de água em vários municípios do Estado, além dos trabalhos realizados pela PETROBRAS e outros. Apresentamos no anexo 14 um mapa com as diversas ocorrências conhecidas.

Além dos calcários da Formação Pirabas, existem na área, localizados principalmente no litoral, depósitos calcíferos constituídos por concheiros naturais e artificiais, os quais são conhecidos regionalmente como minas de sernambi.

Os sernambis artificiais são acumulações de conchas fragmentadas, de espessuras reduzidas, normalmente em torno de 0,40 metros, algumas das quais alcançando talvez um pouco mais. Esses restos de conchas estão normalmente misturados com grandes quantidades de artefatos de pedras, restos de cerâmica indígena, ossos de animais, restos de carvão e cinza, além de argila e areia, constituindo-se em depósitos de grande interesse arqueológico. São mais conhecidos na costa Atlântica, nos municípios de Marapanim, Maracanã e Salinópolis. No município de Maracanã, no local conhecido como Derrubada, já houve exploração dos depósitos de sernambi para fabricação de cal, e o que se encontra atualmente são apenas vestígios desses depósitos, hoje totalmente destruídos e com suas reservas praticamente esgotadas.

Além dos depósitos artificiais, existem os depósitos naturais, encontrados na costa Atlântica, distribuídos ao longo das praias, baías e rios que desaguam no mar, em áreas sujeitas às variações da maré.

Ocorrências de concheiros naturais são conhecidas nas praias do Penha e do Mota, no município de Maracanã. Outras ocorrências também são citadas nos municípios de Marapanim e Salinópolis, além das ocorrências na baía de Quatipuru e ilha Algodal, onde parece estar concentrada a maior exploração da região.

2.3 — Emprego

O calcário, matéria prima das mais necessárias nos dias atuais, com um campo de aplicabilidade industrial dos mais vastos, é utilizado na área do Projeto, apenas na fabricação de cimento e cal. Trabalhos de pesquisa foram realizados em 1968 pelo governo do Estado do Pará em colaboração com o IPEAN, com a finalidade de verificar a possibilidade de utilização de algumas ocorrências de calcário na calagem dos solos.

2.3.1 — Cimento

A Formação Pirabas constitui-se na maior reserva de calcário da região. Atualmente existe, no município de Capanema, um grupo particular, a CIBRASA (Cimentos do Brasil S/A), utilizando parte desse calcário no fabrico de cimento. A referida empresa tem abastecido de maneira satisfatória o mercado paraense, trazendo com isso um grande impulso econômico para a região.

2.3.2 — Cal

Apesar da grande quantidade de calcário da Formação Pirabas existente na região, a produção de cal provém, na sua totalidade, dos concheiros naturais e sambaquis. Tais acumulações apresentam-se em depósitos limitados e descontínuos com sua lavra sujeita a condições diversas, causando com isso uma baixa produção além do aumento no preço do produto.

A produção de cal na região é considerada baixíssima para o consumo atual de Belém, decrescendo de ano para ano em consequência do esgotamento dos concheiros tanto naturais como artificiais.

2.3.3 — Corretivo de Solos

Sendo os solos do Estado do Pará de uma maneira geral ácidos e de fertilidade natural muito baixa, o Governo do Estado, em colaboração com o IPEAN (Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte), procurou, através de um trabalho de pesquisa geológica sistemática, efetuado em algumas zonas do Estado, incentivar possíveis investimentos industriais para aproveitamento racional de algumas ocorrências de calcário na calagem dos solos (Guimarães e Santos, 1968). No referido trabalho, são apresentadas conclusões satisfatórias sobre as zonas Bragantina e do Salgado, por apresentarem melhores condições para o selecionamento de jazidas de calcário calcítico e magnésiano como matéria prima para uma indústria de fertilizantes. Apresentam também um quadro mostrando a composição química de 27 amostras de calcário no Estado do Pará.

3. Areias

3.1 — Considerações Gerais

As areias são produtos da desagregação ou da decomposição de rochas silicosas pelos processos de erosão ou meteorização, ocorrendo na natureza em diversos tipos de depósitos, constituindo matéria prima abundante na crosta terrestre e de grande utilização industrial.

Um dos seus maiores empregos é na fabricação de vidros, para cujas finalidades são importantes tanto a composição química como a granulométrica; impurezas que comprometem a qualidade das areias para a indústria de vidros são o óxido de ferro, alumina e minerais pesados.

É utilizada também para usos cerâmicos, quando apresentando um baixo conteúdo em ferro. Em abrasivos, tem sua aplicação para tratamento com jatos de areia. Quantidades consideráveis de areia são também utilizadas para fazer moldes de ferro fundido e aço.

Areia de sílica finamente moída tem muitas aplicações como material inerte, sendo usada como carga inerte em tintas, pasta de madeira, objetos moldados de borracha dura, rebocos de gesso, placas acústicas e sabão. Grandes quantidades de areia são usadas na preparação final de estradas asfaltadas. É também utilizada como material filtrante para tratamento de água, devendo para isso ser de tamanho uniforme, livre de argila e matéria orgânica e não possuir mais de 2% de cal e magnésia.

3.2 — Areias para construção

3.2.1 — Generalidades

As areias usadas em construção civil são utilizadas na composição de argamassas contribuindo para aumentar a sua coesão, torná-las mais econômicas e atenuar a sua contração.

As areias usadas em construção dividem-se em silicosas, calcárias e argilosas.

As melhores e mais utilizáveis são as areias silicosas; as calcárias são consideradas boas quando não friáveis e compostas de grãos duros. As areias argilosas pouco se recomendam, a não ser quando previamente lavadas e peneiradas convenientemente, de modo a reduzir a quantidade de material argiloso ao máximo tolerável, ou seja de 10%, e isso somente para os trabalhos que não sejam obrigados a ficar imersos n'água.

As areias podem ser obtidas naturalmente dos rios, do mar e dos depósitos naturais e, artificialmente, pelo britamento das rochas e das escórias dos altos fornos que tenham composição adequada.

As areias provenientes dos rios são geralmente as mais puras e por esta razão as mais preferidas.

As areias do mar estão normalmente misturadas com sais deliquescentes. Só podem ser utilizadas depois de muito bem lavadas em água, ou expostas às intempéries por um certo tempo, em camadas delgadas.

As areias dos depósitos naturais, geralmente estão misturadas com matérias terrosas, porém, quando limpas das impurezas, mediante simples lavagem, são muitas vezes superiores às dos cursos d'água, pois sendo os grãos de um modo geral angulosos, fazem melhor argamassa que as dos rios, que são geralmente arredondadas, não aderindo por esse motivo tão bem ao aglomerante. Salientamos que nem sempre é conveniente a lavagem das areias, pois se perdem os materiais mais finos, prejudicando assim a compacidade e resistência das argamassas e concretos.

3.2.2 — Ocorrência

Depósitos de areia silicosa são encontrados em vários pontos da área do Projeto, de tamanho e espessura variáveis, alguns dos quais localizados próximo aos principais centros consumidores através de estradas asfaltadas (foto 21).

Entre os diversos depósitos verificados "in loco" alguns foram considerados de maior interesse, em função de sua localização, espessura e extensão em área. Foram considerados como tais (anexo 15) :

- Depósito de areia do município de Vigia, rodovia PA-16, kms. 30 e 40. Depósitos ns. 9 e 10.
- Depósito de areia do município de Castanhal, rodovia BR-316, km. 90. Depósito n.º 22.
- Depósito de areia do município de Peixe-Boi, rodovia PA-24, km-28. Depósito n.º 27.
- Depósito de areia do município de Belém. Depósito n.º 1.
- Depósito de areia do município de Ananindeua, rodovia BR-316 e PA-30. Depósitos ns. 2 e 3.
- Depósito de areia do município de Sta. Maria do Pará, rodovia BR-010, kms. 4, 5 e 13. Depósitos ns. 24, 25 e 26.
- Depósito de areia do município de Sta. Izabel do Pará, rodovia PA-16, km. 5. Depósito n.º 7.
- Depósito de areia do município de Sto. Antônio do Tauá, rodovia PA-32. Depósito n.º 8.
- Depósito de areia do município de Maracanã, rodovia PA-14, km. 67. Depósito n.º 16.
- Depósito de areia do município de Capanema, rodovia BR-316, kms. 160 e 167. Depósitos ns. 31 e 32.
- Depósito de areia do município de Curuçá, rodovia PA-15, kms. 27 e 35. Depósitos ns. 11 e 45.
- Depósito de areia do município de Peixe-Boi, rodovia PA-7, kms. 25 e 35. Depósitos ns. 28 e 48.

3.2.3 — Classificação Granulométrica utilizada

A composição granulométrica, ou seja, a distribuição dos diferentes tamanhos de grãos expressa em termos de percentagem, influi grandemente na qualidade das argamassas e concretos, principalmente no que se refere à compacidade, trabalhabilidade e resistência aos esforços mecânicos.

As areias para construção, por esses motivos, classificam-se granulometricamente em grossas, médias e finas.

As areias grossas são as que passam nas peneiras de 4 mesh e são retidas nas peneiras de 14 mesh (Série Tylor).

As areias médias são as que passam nas peneiras de 14 mesh e são retidas nas peneiras de 48 mesh (Série Tylor).

As areias finas, são as que passam nas peneiras de 48 mesh (Série Tylor).

“As areias muito finas dão argamassas áridas, que pouco aderem às pedras e exigem água em excesso. O seu emprego deve ser limitado ao reboco de paredes e tetos.

As areias médias e as grossas aceleram o endurecimento e aumentam a resistência das argamassas. O seu emprego é mais econômico, pois exige menor quantidade de aglomerante e água.

As areias grossas são usadas nas alvenarias de pedra e as médias nas alvenarias de tijolos e nos emboços”. (Pianca, 1959).

3.2.4 — Materiais e Métodos de Trabalho

3.2.4.1 — Coleta e preparação das amostras

Entre os depósitos de maior interesse foram selecionados para estudo os de ns. 9, 10, 22, 27, 25, 24, 16 e 8, tendo sido realizados nesses depósitos uma série de furos de sondagem a trado manual (foto 22), com coleta de amostras de 0,50 em 0,50 metro.

O número de sondagens em um determinado depósito foi função direta de sua extensão em área. Quanto mais extenso o depósito, maior o número de sondagens realizadas. Essas sondagens foram espaçadas de tal modo que pudéssemos obter da melhor maneira possível uma idéia aproximada de sua distribuição granulométrica tanto lateralmente como verticalmente. As sondagens foram sempre executadas até o nível do lençol freático. Atingimos em nossos trabalhos uma profundidade média de aproximadamente 4 metros.

As amostras coletadas, após chegarem do campo, foram secadas numa estufa até 100° C, em seguida, homogeneizadas e quarteadas convenientemente. Da porção quarteada foram tomadas 100 gramas para análise granulométrica.

3.2.4.2 — Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi executada sobre as peneiras de 4, 14, 48 e 200 mesh, da Série TYLER, em uma máquina ROT-AP, num tempo de vibração de 10 minutos para cada amostra.

3.2.4.3 — Resultado das Análises e Discussão

Após determinada a percentagem em peso para cada fração granulométrica, foram feitos histogramas de todas as amostras analisadas (anexo 16) e um gráfico demonstrativo das variações granulométricas entre as diversas amostras estudadas (anexo 17), onde se observa na ordenada, o percentual em peso acumulado em cada peneira e na abcissa as amostras analisadas. Com esse gráfico, podemos ter uma visão geral das frações granulométricas predominantes nos diversos depósitos estudados, facilitando desse modo uma interpretação em conjunto, no que se refere à sua mais adequada utilização na indústria de construção civil.

Pelo estudo do gráfico, pode-se verificar uma predominância quase que total das areias com fração granulométrica correspondendo a finas e médias. A fração grossa apresenta-se em quantidade reduzida nos depósitos estudados.

As areias finas predominam em quase todas as amostras analisadas, com exceção das amostras: 1106-LA-2591, LA-259n, LA-2781, LA-278n, e LA-2871.

Observa-se também um equilíbrio entre as frações média e fina, ficando praticamente invariável a fração de areia grossa, podendo ser facilmente observado no gráfico, que a um aumento nas areias médias corresponde uma diminuição nas finas e vice-versa, permanecendo praticamente invariável a fração grosseira.

De uma maneira geral, as areias finas e médias predominam nos depósitos estudados, com uma percentagem aproximada das finas em torno de 45 a 65% e as médias em torno de 25 a 40%, considerando-se a totalidade desses depósitos, enquanto que a fração granulométrica correspondente às areias grossas mantém-se quase que invariável, numa média aproximada de 2,5%.

Pelos resultados obtidos, podemos concluir de um modo geral, que os depósitos de areia existentes na área do Projeto apresentam em maiores quantidades areias médias e finas e em quantidades bem menores, areias grossas. Assim sendo, existe na área uma reserva de material com quantidade suficiente para atender às diversas finalidades da engenharia de construção civil, com melhores empregos para rebocos de paredes e tetos principalmente, visto existir uma quantidade muito maior de areia com granulometria ideal para esse fim.

3.3 — Areias para Vidro

3.3.1 — Generalidades

Para satisfazer os usos de uma areia na indústria do vidro, a matéria prima deve apresentar dois requisitos essenciais: teor de sílica (SiO_2), deve ser muito elevado, comumente mais de 95%; e as impurezas, principalmente, óxido de ferro, muito baixas. Um ótimo tamanho de grão é entre 20 a 100 mesh, embora seja tolerada uma considerável quantidade de material menor que 100 mesh.

“Óxido de ferro, dando tons âmbar, amarelo ou verde no vidro final, é tido como impureza principal na areia de sílica. Pequena quantidade de alumínio pode ser tolerável; cal, magnésio e álcalis são sempre convenientes em uma areia para vidro. Mn, Cd, Co, Cu, Cr, Se, e Fe, e outros certos óxidos metálicos e compostos podem ser usados como aditivos em quantidades controladas para dar cores desejadas ou características no vidro final, mas comumente são inconvenientes na matéria prima” (Nixon, Runnels e Kulstad, 1950).

Em resumo, um depósito de areia para vidro é considerado econômico quando, possuindo uma tonelagem adequada, seja facilmente lavrado, próximo a centros consumidores, bem como um adequado tamanho de grãos e composição química dentro de certos limites, ou sujeita a tratamento econômico.

Apresentamos no anexo 18 um quadro mostrando as especificações químicas das areias para vidro recomendado pela American Ceramic Society and National Bureau of Standards.

3.3.2 — Estudos Preliminares

3.3.2.1 — Amostras Seleccionadas para Análise

Com a finalidade de obtermos dados informativos sobre a possibilidade de utilização, na indústria do vidro, de alguns dos depósitos de areia da área, foram realizadas análises químicas (anexo 20) e granulométricas (anexo 19) em 23 amostras de jazimentos localizados próximo a centros consumidores e com um volume de material aparentemente grande para suprir as necessidades de uma indústria para fabricação de vidros.

Além das amostras destes depósitos, foram submetidas também à análise química, algumas amostras de outros depósitos possivelmente com menor volume de material, apresentando os seguintes resultados:

| Depósito N.º | Amostras | Perda ao Fogo | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO | MgO |
|-----------------|--------------|---------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|--------|
| 24 e 25 | 1106 LA-245b | 0,15 | 99,45 | 0,02 | 0,23 | 0,12 | 0,01 | < 0,01 |
| | LA-248b | 0,30 | 99,18 | 0,05 | 0,27 | 0,15 | 0,02 | < 0,01 |
| | LA-252b | 0,20 | 99,30 | 0,02 | 0,24 | 0,22 | 0,04 | < 0,01 |
| | LA-252d | 0,15 | 99,57 | 0,02 | 0,23 | 0,12 | 0,01 | 0,01 |
| 45 | 1106-LA-288b | 0,15 | 99,70 | 0,021 | 0,054 | 0,045 | 0,010 | < 0,01 |
| | LA-288d | 0,16 | 99,64 | 0,021 | 0,062 | 0,045 | 0,010 | < 0,01 |
| 11 | 1106-LA-290b | 0,16 | 99,70 | 0,019 | 0,050 | 0,050 | 0,013 | < 0,01 |
| 28 | 1106-LA-269a | 0,22 | 99,61 | 0,012 | 0,080 | 0,060 | 0,012 | < 0,01 |
| 16 | 1106-LA-298b | 0,17 | 99,61 | 0,026 | 0,052 | 0,055 | 0,01 | < 0,01 |
| | LA-298d | 0,12 | 99,69 | 0,010 | 0,040 | 0,050 | 0,010 | < 0,01 |

3.3.2.2 — Resultados das Análises e Discussão

As análises granulométricas foram realizadas no laboratório de Sedimentologia da CPRM — Agência Belém, revelando resultados satisfatórios para o fim a que se propõem (anexo 19). Cada amostra foi separada em 6 frações de tamanho 16, 28, 35, 60, 115 mesh e fundo após 10 minutos de peneiramento em um ROT-AP, usando-se os padrões das peneiras TYLER. As frações compreendidas entre 16 e 115 mesh foram enviadas para análise química. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química da CPRM (LAQUI).

Pelo resultado das análises químicas e segundo as especificações das areias para vidro recomendadas pela American Ceramic Society and National Bureau of Standards, todas as amostras foram consideradas de boa qualidade, com exceção da amostra 1106 LA-227h, pelo alto teor em Fe₂O₃ apresentado. Podem ser usadas na fabricação de vidros decorativos de cristal, vidros planos, vidro verde e vidro âmbar. As amostras 1106-LA-314b; LA-314d; LA-259f e LA-278f correspondem às especificações de areias para fabricação de vidro de 1.^a qualidade, usados em ótica, e as amostras 1106-LA-227f, LA-314f e LA-314j, estão muito próximas desses padrões.

4. Argilas

4.1 — Considerações Gerais

A argila é um material abundante na natureza, terroso e de granulação muito fina, facilmente moldável quando umedecido com água. Quimicamente são formados por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio.

Com um campo de aplicabilidade industrial dos mais vastos, a argila pode ser utilizada, segundo Keller (citação de Pérsio S. Santos, 1969), nos seguintes usos ou produtos industriais: agentes absorventes; aceleradores; compostos químicos de alumínio; cerâmica artística; eliminação de resíduos radioativos; materiais porosos expandidos; agentes ligantes; tijolos, telhas, e outros materiais de construção; calcimina (mistura seca de argila ou carbonato de cálcio com cola); catalizadores; cimento; material cerâmico para indústria química; louça branca; agregados para concreto; cosméticos; lápis coloridos; agentes descolorantes e clarificantes; agentes para eliminação de água; fluído ou lamas para perfuração rotativa de poços; tijolos de revestimento externo; cargas ou enchimentos; trocadores de calor; inseticidas e pesticidas; materiais isolantes térmicos; lápis pretos; agregados leves para concreto; fósforos; produtos medicinais e farmacêuticos; moldes e modelagem; mordentes; oleados; tintas; carga e cobertura de papel; material de separação;

ladrilhos para piso; discos para gravação sonora; estuque; agentes plastificantes; abrasivos para polimento; material de porcelana doméstica e elétrica; aquecedores por mediação; materiais refratários; retardantes; material de enchimento de paredes e tetos ociosos; cargas para borracha; material sanitário; argilas para moldagem por colagem; sabões e detergentes; estabilizadores; louça de pó de pedra; terracota (louça vermelha utilitária); azulejos; materiais têxteis; pó dentifrício; amolecedores de águas duras.

Além desses usos, as argilas podem ainda ter outras aplicações, sendo, entretanto, as acima citadas as mais conhecidas.

As argilas descritas neste trabalho são originárias principalmente da porção oeste da área do Projeto. Essas argilas têm sido utilizadas apenas para a fabricação de produtos de cerâmica vermelha como tijolos, telhas, manilha etc., daí nossa preocupação em verificarmos a possível existência de matéria prima adequada a outros ramos da indústria cerâmica, uma vez que a indústria de cerâmica vermelha do Pará pode perfeitamente estar utilizando matéria prima mais apropriada a outros produtos, muitas vezes carentes na região e de valor econômico mais elevado.

Considerando o acima exposto, nossos objetivos estiveram dirigidos principalmente no sentido de obtermos o selecionamento de áreas com matéria prima para a indústria de cerâmica vermelha (tijolos, telhas, ladrilhos de piso etc); cerâmica branca (material sanitário, louça doméstica, porcelana doméstica, de laboratório e técnica) e refratários sílico-aluminosos e aluminosos, além de argilas para utilização na fabricação de agregados leves.

Tivemos também como objetivo a caracterização mineralógica através de ATD e Raios-X.

4.2 — Ocorrência

Os mais importantes depósitos de argila da área localizam-se a oeste do Estado, ao longo da costa paraense banhada pela baía do Marajó e baía do Guajará, onde se concentram as maiores indústrias cerâmicas da região (anexo 21). Destacam-se também pelo seu potencial econômico, os depósitos verificados na porção inferior dos rios Guamá, Moju, Acará e Capim, salientando-se entre esses os depósitos do rio Guamá, próximo à cidade de São Miguel do Guamá, pelas inúmeras olarias aí existentes.

4.3 — A Indústria Cerâmica na Região

A faixa costeira do Estado banhada pela baía do Marajó e baía do Guajará, apresenta os maiores depósitos de argila em exploração. Várias indústrias cerâmicas aí se instalaram com o objetivo de aproveitamento dos depósitos locais, visto estes se localizarem nas proximidades do maior centro consumidor da região, ou seja, a cidade de Belém.

Essas argilas são usadas exclusivamente em produtos de cerâmica vermelha, consequência natural da demanda de material de construção e das possibilidades de fabricação fácil, uma vez que a matéria prima é abundante.

Destacam-se dois núcleos regionais de grande produção, sendo um nas proximidades de Belém, tanto no continente como nas ilhas próximas e outro a sudoeste da área do Projeto, nas circunvizinhanças de Abaetetuba, onde se concentra a maior quantidade de olarias em produção.

O transporte dos produtos cerâmicos é feito normalmente por via rodoviária e fluvial, neste último caso utilizando-se batelões e barcos de porte médio, vindos do interior até Belém, destinados aos revendedores locais.

As argilas dos depósitos marginais e pequenas ilhas da costa são argilas de idade Recente. Nas partes mais elevadas encontram-se depósitos de argilas da Formação Barreiras. Entretanto, as argilas mais usadas na região são retiradas dos depósitos das ilhas,

por se apresentarem bastante plásticas e homogêneas, facilitando a modelagem das peças, uma vez que a maioria das olarias locais estão desprovidas de máquinas adequadas para o uso de argilas mais consistentes. Poucas são as olarias que estão bem equipadas em instalações e maquinário moderno. Somente a Cerâmica Marajó localizada no município de Benevides, na margem esquerda do rio Santo Amaro, está potencialmente equipada para produzir 40.000 peças diárias, sendo que no momento, apresenta uma produção em torno de 15 a 20.000 peças, entre telhas, tijolos e peças de acabamento. Outras olarias localizadas em Icoaraci e ilhas próximas a Belém, também apresentam uma produção razoável (anexo 22). É comum na região, a produção manual por oleiros, de vasos, jarros, filtros e utensílios domésticos em geral (foto 23).

Os tijolos fabricados na região são de diversos tipos, sendo dada preferência ao tipo de 3 furos. O tijolo de 6 furos é fabricado quase somente por encomenda.

São fabricados em menor escala e por encomenda, tijolos maciços, ladrilhos para fachadas residenciais e peças de acabamento para paredes vazadas e fechamento de muros.

As telhas mais comuns fabricadas são do tipo convexa, pela facilidade no manuseio e secagem mais rápida. É de custo aquisitivo pouco mais elevado que o tijolo de 3 furos. Telhas do tipo francês e português também são fabricadas, mas apenas por encomenda.

Somente agora, a indústria de cerâmica branca iniciou seu desenvolvimento na região. Existe uma fábrica, a AZPA (Azulejos do Pará S.A.) ainda em fase de instalação, localizada nas proximidades de Belém, na rodovia BR-316, potencialmente equipada para produzir azulejos brancos, coloridos e decorados em larga escala.

4.4 — Métodos de Trabalho e Resultados Obtidos

4.4.1 — Coleta e preparação de amostras

A coleta das amostras foi feita com sondagens a trado manual, realizadas em depósitos de argila pertencentes às olarias locais e áreas adjacentes (foto 24). Foram realizadas um total de 19 sondagens. A amostragem foi feita em intervalos de 0,50 em 0,50 metros. As amostras coletadas foram postas a secar ao ar e à sombra, para, em seguida, serem pulverizadas, homogeneizadas, quarteadas e peneiradas convenientemente. Foram as seguintes as sondagens realizadas: (anexos 23 e 24).

— Sondagem 1106-BD-01

Localizada no município de São Caetano de Odivelas, na margem direita do rio Mojuin.

— Sondagem 1106-BD-02

Localizada no município de Vigia, na margem do igarapé Santa Maria, afluente do rio Guarimã, no depósito de argila da olaria Santa Maria.

— Sondagem 1106-BD-03

Localizada no município de Vigia, no rio Guarimã, no depósito de argila da olaria do Sr. Julio Bulhões.

— Sondagem 1106-BD-05, BD-06, BD-07

Localizada no município de Santo Antonio do Tauá, na margem direita do rio Tauá, no terreno de propriedade do Sr. João Rocha.

— Sondagem 1106-BD-08

Localizada no município de Santo Antônio do Tauá, na margem direita do rio Tauá, no depósito de argila da olaria do Sr. Minervino.

— Sondagem 1106-LA-09

Localizada no município de Benevides, na vila de Tauari, no depósito de argila da olaria do Sr. Aníbal Corrêa.

- Sondagem 1106-LA-10
Localizada no município de Benevides, na margem do igarapé Marituba, no depósito de argila da olaria do Bom Sossego.
- Sondagem 1106-BD-18
Localizada na vila de Benfica, no município de Benevides, na margem do igarapé Itapecuru, no depósito de argila da olaria do Sr. Manoel Pinto.
- Sondagem 1106-BD-19
Localizada na ilha de São José, no furo Santa Rosa, no terreno de propriedade do Sr. José da Luz.
- Sondagem 1106-BD-20
Localizada na ilha de Sacinema, no depósito de argila da Cerâmica Marajó.
- Sondagem 1106-BD-21
Localizada na ilha de Taximiranda, município de Belém, no depósito da olaria Senhor do Bonfim.
- Sondagem 1106-BD-22
Localizada no município de Colares, no Porto de Laura, no depósito de argila da olaria Nossa Senhora de Fátima.
- Sondagem 1106-BD-23
Localizada no município de Barcarena, na ilha Arapiranga, no depósito de argila da Cerâmica Arapiranga.
- Sondagem 1106-BD-24
Localizada no município de Barcarena, no depósito de argila da Cerâmica IPI.
- Sondagem 1106-BD-25 e 1106-BD-26
Localizadas no município de Abaetetuba, no igarapé Sertão, no depósito de argila da olaria Nossa Senhora da Conceição.
- Sondagem 1106-BD-27
Localizada no município de Igarapé-Miri, no igarapé Itanibuca, no terreno de propriedade do Sr. Julião.

4.4.2 — Ensaio com Corantes Orgânicos

O método de aplicação de corantes orgânicos na identificação das argilas não oferece uma precisão muito segura em seus resultados, mas é de grande importância prática na análise mineralógica dos argilo-minerais, principalmente em pesquisas de campo para diferenciar as argilas do grupo da montmorilonita das demais.

O composto orgânico benzidina, quando misturado com as argilas, dá origem ao aparecimento de coloração azul ou verde na superfície do argilo-mineral quando este pertencer ao grupo da montmorilonita, e com safranina há o aparecimento de uma cor arroxeada, também característica do grupo.

Considerando-se a objetividade prática deste método e sua simplicidade, foram realizados testes com corantes orgânicos em todas as amostras de argila coletadas, com o material obtido após moagem e passagem em peneira de 80 mesh.

Com esses ensaios, selecionamos algumas amostras, cujos resultados apresentaram fortes evidências de argilo-minerais do grupo montmorilonita. Foram as seguintes as amostras selecionadas:

- Sondagem 1106-BD-01
BD-01b, BD 01c, BD 01d.

- Sondagem 1106-BD-02
BD-02a, BD-02b, BD-02c, BD-02d, BD-02e, BD-02f, BD-02g, BD-02h.
- Sondagem 1106-BD-03
BD-03a, BD-03b.
- Sondagem 1106-BD-05
BD-05a, BD-05b, BD-05c, BD-05d, BD-05e.
- Sondagem 1106-BD-08
BD-08c, BD-08g, BD-08h, BD-08i, BD-08j, BD-08k, BD-08l.
- Sondagem 1106-LA-09
LA-09b, LA-09c, LA-09d, LA-09f, LA-09g.
- Sondagem 1106-LA-10
LA-10f, LA-10g, LA-10h, LA-10i.
- Sondagem 1106-BD-20
BD-20b, BD-20d.
- Sondagem 1106-BD-21
BD-21b, BD-21c, BD-21d, BD-21e.
- Sondagem 1106-BD-23
BD-23c, BD-23d.
- Sondagem 1106-BD-24
BD-24a, BD-24b.
- Sondagem 1106-BD-25
BD-25a, BD-25b, BD-25c, BD-25d, BD-25e, BD-25g.

4.4.3 — Análise Térmica Diferencial

As amostras foram analisadas no Termo-Analisador Diferencial portátil "Eberbach". Parte das amostras foram analisadas no Laboratório de Química da CPRM (LAQUI), e parte na Agência-Belem.

Foram submetidas à Análise Térmica Diferencial, 86 amostras de argila, entre as quais, todas aquelas que por intermédio dos ensaios de cores, apresentaram fortes evidências de argilas do grupo da montmorilonita.

Os termogramas foram obtidos utilizando-se a argila após moagem e passagem em peneira de 80 mesh. As amostras estudadas apresentaram os seguintes termogramas (anexo 25), através dos quais chegou-se às seguintes apreciações sobre a composição mineralógica das amostras estudadas :

- Sondagem 1106-BD-01
1106-BD-01b e BD-01c
Amostras constituídas por uma mistura de material micáceo em diferentes graus de decomposição e material do grupo da montmorilonita.
- 1106-BD-01d
Material argiloso contendo possivelmente argilo-mineral do grupo da montmorilonita e do grupo da caulinita.
- Sondagem 1106-BD-02
1106-BD-02a, BD-02b, BD-02c e BD-02e
Material argiloso constituído por uma mistura de material micáceo em diferentes graus de decomposição e material do grupo montmorilonita.

1106-BD-02d, BD-02f

Material argiloso contendo argilo-mineral do grupo montmorilonita e algum argilo-mineral do grupo da caulinita.

1106-BD-02g e BD-02h

Material argiloso contendo possivelmente argilo-mineral dos grupos da montmorilonita, da caulinita e algum argilo-mineral do grupo illita.

— Sondagem 1106-BD-03

1106-BD-03a e BD-03b

Material argiloso possivelmente do grupo da caulinita, contendo algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.

— Sondagem 1106-BD-05

1106-BD-05a

Material argiloso provavelmente do grupo da caulinita, contendo algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.

1106-BD-05b

Material argiloso contendo possivelmente algum argilo-mineral dos grupos da montmorilonita, da illita e da caulinita.

1106-BD 05c, BD-05d e BD-05e

Material argiloso contendo argilo-mineral do grupo da montmorilonita e possivelmente argilo-mineral do grupo da caulinita.

1106-BD-05f, BD-05g e BD-05h

Material argiloso contendo possivelmente argilo-mineral dos grupos da montmorilonita, da caulinita e algum argilo-mineral do grupo da illita.

1106-BD-05i

Material argiloso do grupo da caulinita possivelmente em mistura com material argiloso micáceo, contendo algum argilo-mineral do grupo montmorilonita.

— Sondagem 1106-BD-08

1106-BD-08c, BD-08g, BD 08h, BD-08i, BD-08j, BD-08k e BD-08l

Material argiloso constituído possivelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.

BD-08d, BD-08e

Material argiloso do grupo da caulinita talvez com algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita e/ou illita.

— Sondagem 1106-LA-09

1106-LA-09a

Material argiloso possivelmente constituído do grupo da caulinita em mistura com algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.

1106-LA-09b, LA-09c, LA-09d, LA-09f, LA-09g

Material argiloso constituído possivelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.

— Sondagem 1106-LA-10

1106-LA-10e

Material argiloso com presença provável de argilo-minerais do grupo da montmorilonita e talvez também do grupo da illita.

- 1106-LA-10f, LA-10h
Material argiloso constituído provavelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.
- 1106-LA-10g
Material argiloso provavelmente com argilo-minerais do grupo da caulinita e possivelmente também dos grupos da montmorilonita e illita.
- 1106-LA-10i
Material argiloso possivelmente constituído do grupo da caulinita em mistura com algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.
- 1106-LA-10j
Material argiloso constituído provavelmente de argilo-minerais dos grupos da caulinita e da illita.
- Sondagem 1106-BD-18
1106-BD-18a, BD-18b
Material argiloso contendo possivelmente argilo-minerais dos grupos da illita, montmorilonita e caulinita.
- 1106-BD-18c
Material argiloso contendo possivelmente argilo-minerais dos grupos da caulinita e da montmorilonita.
- Sondagem 1106-BD-19
1106-BD-19b
Material argiloso constituído provavelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.
- 1106-BD-19c
Material argiloso contendo possivelmente argilo-minerais dos grupos da caulinita e da montmorilonita.
- 1106-BD-19d, BD-19g
Material argiloso constituído provavelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita, illita e montmorilonita.
- Sondagem 1106-BD-20
1106-BD-20g
Material argiloso do grupo da caulinita talvez com algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita e/ou illita.
- 1106-BD-20b, BD-20d
Material argiloso constituído possivelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.
- Sondagem 1106-BD-21
1106-BD-21b, BD-21d
Material argiloso do grupo da caulinita contendo possivelmente algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.
- 1106-BD-21c, BD-21e
Material argiloso constituído possivelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita.
- Sondagem 1106-BD-22
1106-BD-22c, BD-22e, BD-22f
Material argiloso do grupo da caulinita contendo possivelmente algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.
- 1106-BD-22j, BD-22k, BD-22l
Material argiloso constituído possivelmente por uma mistura do grupo da illita e algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.

- Sondagem 1106-BD-23
1106-BD-23c, BD-23d
Material argiloso constituído possivelmente de argilo-minerais do grupo da caulinita e da montmorilonita.

1106-BD-23a, BD-23f, BD-23g, BD-23h, BD-23i, BD-23j
Material argiloso constituído possivelmente por uma mistura do grupo da illita e algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.
- Sondagem 1106-BD-24
1106-BD-24a, BD-24b
Material argiloso contendo possivelmente argilo-mineral do grupo da caulinita e da montmorilonita.

1106-BD-24d, BD-24e, BD-24f, BD-24g, BD-24h, BD-24i
Material argiloso constituído possivelmente por uma mistura do grupo da illita e algum argilo-mineral do grupo da montmorilonita.
- Sondagem 1106-BD-25
1106-BD-25a
Material argiloso constituído possivelmente de argilo-minerais dos grupos da montmorilonita, da illita e da caulinita.

1106-BD-25b, BD-25d, BD-25e, BD-25f
Material argiloso contendo possivelmente argilo-minerais dos grupos da caulinita e da montmorilonita.

1106-BD-25c, BD-25g
Material argiloso contendo possivelmente argilo-minerais do grupo da caulinita.

4.4.4 — Difração de Raios-X

Foram submetidos à análise mineralógica por difração de Raios-X, todas as amostras que indicaram uma possível existência de argilo-minerais do grupo da montmorilonita, tanto pela Análise Térmica Diferencial (ATD), como pelos ensaios com corantes orgânicos.

As análises foram realizadas no Laboratório de Petrografia da CPRM (LAPET), apresentando os resultados mostrados no anexo 26.

4.4.5 — Classificação Preliminar Quanto ao Uso Cerâmico

Foram enviadas ao Instituto Nacional de Tecnologia, um total de 66 amostras, consideradas as mais representativas dos depósitos estudados, para classificação preliminar quanto ao uso cerâmico, compreendendo cerâmica vermelha, cerâmica branca e refratários, após a queima a 950°C, 1250°C e 1450°C. Estes resultados podem ser observados no anexo 27.

4.4.6 — Ensaio para Agregados Leves

Considerando as necessidades da indústria de construção civil de Belém, objetivamos o selecionamento de áreas com ocorrências de argilas possíveis de utilização na fabricação de agregados leves, para uso em concreto leve estrutural.

Foram selecionadas para estudo 66 amostras, as mesmas enviadas ao Instituto Nacional de Tecnologia para classificação preliminar quanto ao uso cerâmico, por serem as mais representativas dos depósitos estudados. Dessas 66 amostras, 12 foram enviadas ao LAQUI, as de ns. : 1106-BD-22a, BD-22b, BD-22d, BD-22h, BD-22k, BD-23b, ... BD-23e, BD-23i, BD-23k, BD-24c, BD-24g e BD-24j, tendo sido submetidas a análises químicas e mineralógicas, através das quais chegaram as seguintes apreciações:

“Pelo conjunto dos resultados obtidos, as amostras 1106-BD-22a, BD-22b, ... BD-22d, BD-22h e BD-22k fogem ao tipo de argilas possíveis para agregados leves.

As amostras 1106-BD-23b, BD-23e, BD-23i, BD-23k, BD-23c, BD-24g e BD-24j têm as condições necessárias para sua classificação como argilas desse tipo, no limiar, ficando talvez com alguma possibilidade de apresentar inchamento pirolástico, o que será decidido pelos ensaios de queima”.

As 54 amostras restantes foram enviadas ao Instituto Nacional de Tecnologia, apresentando resultados desfavoráveis para essa finalidade.

4.4.7 — Resultados das Análises e Discussão

Os resultados obtidos com os corantes orgânicos, Análise Térmica Diferencial e Difração de Raios-X, permitiram verificar que a maior parte das argilas estudadas contém minerais do grupo da caulinita e ilita em predominância. Apenas em poucas amostras encontramos montmorilonita, porém em pequena quantidade, como foi o caso verificado nas amostras BD-01b, BD-02g, BD-05d, BD-05e, BD-10g, BD-23c, BD-24a e BD-24b.

Pela análise térmica diferencial foi possível verificar que quase todas as amostras possuem matéria orgânica, evidenciada pelas bandas exotérmicas entre 200°C e 520°C, e entre 600° e 900°C.

Os ensaios de queima a 950°C, 1250°C e 1450°C, realizadas em 66 amostras de argila apresentaram os seguintes resultados :

As amostras 1106-BD-01b, BD-01c, BD-02a, BD-02d, BD-02e, BD-02f, BD-03b, BD-05a, BD-05c, BD-05f, LA-09a, LA-09g, LA-10e, BD-18a, BD-18b, BD-19c, BD-19d, ... BD-19e, BD-20a, BD-20b, BD-20e, BD-20f, BD-23b, BD-23c, BD-23e, BD-23g, BD-23k, BD-23i, BD-24b, BD-24e, BD-24g, BD-24i, BD-24j, BD-25b, BD-25e, BD-26b, BD-26c, BD-26d, ... BD-26e, BD-27a, BD-27e, poderão servir para cerâmica vermelha, por apresentarem tonalidade avermelhada, após a queima a 950°C. Destas, as amostras BD-01b, BD-01c, ... BD-03b, BD-05c, BD-23g, BD-23k, BD-24e, BD-24g, BD-24i, BD-26d, BD-26e e BD-27e, não apresentaram suficiente resistência mecânica mas podem ser utilizadas quando misturadas a outros materiais com um teor de ferro maior.

As amostras BD-02b, BD-03a, BD-05d, BD-08b, BD-08c, BD-08d, BD-08i, ... LA-09c, LA-09d, LA-10b, LA-10g, LA-10i, BD-18c, BD-19g, BD-20d, BD-20i, BD-21b, BD-21d, BD-22a, BD-22d, BD-22h, BD-22k, BD-27b e BD-27c, apresentaram resultados satisfatórios para utilização em cerâmica branca, por mostarem cores claras após a queima a 1250°C. As amostras BD-22h e BD-22k, podem ser caracterizadas como sendo “Filitos Cerâmicos” pois apresentaram uma tonalidade esverdeada a 1250°C e marrom escuro com bolhas a 1450°C. Os filitos têm a sua utilização principal em “grés cerâmicos”. Poderão servir também para “grés cerâmico” as amostras BD-02b, BD-03a, BD-05d, LA-10c, LA-10g, ... LA-10i e BD-18c, por sinterizarem após a queima a 1250°C com cor característica.

As amostras BD-08b, BD-08c, BD-08d, BD-08i, LA-09c, LA-09d, BD-19g, ... BD-20d, BD-20i, BD-21b, BD-21d, BD-22a, BD-22d, BD-25b, BD-27c e BD-27e, poderão servir para fabricação de refratários por apresentarem cor clara e sem deformação do corpo de prova após a queima a 1450°C e ponto de fusão acima de 1500°C. A amostra ... BD-22b poderá também ser utilizada para refratários apesar de se apresentar com pequenas manchas escuras.

Entre todas as amostras analisadas para agregados leves, apenas 7 amostras, as de ns. : BD-23b, BD-23c, BD-23e, BD-23i, BD-23k, BD-24g e BD-24j, apresentaram resultados favoráveis para uma possível fabricação deste material, dependendo, no entanto, de ensaios específicos.

5 — Conclusões e Recomendações

Pelo que pudemos constatar, a indústria de construção civil em Belém enfrenta certos problemas com relação a materiais de construção, principalmente em se

tratando de agregados graúdos para concreto. As ocorrências de rochas duras para brita, como por exemplo os granitos, existem na área mas a distâncias consideráveis do principal mercado consumidor, num raio mínimo de aproximadamente 190 km. Algumas dessas ocorrências estão sendo exploradas. A brita é destinada diretamente a Belém, por via rodoviária, o que concorre para o encarecimento do produto, atualmente por volta de Cr\$ 55,00 por metro cúbico.

Diante do elevado custo desse material, a brita tem sido substituída, em parte, por cascalhos, os quais apresentam excelentes qualidades para determinados fins, muito embora não possa ser substituto do granito em certas obras de engenharia.

O cascalho é vendido da maneira como ocorre, sem nenhum tratamento prévio. Através de um simples processo de lavagem e classificação dos seixos em peneiras de malhas padronizadas, sem dúvida, haveria maior procura e uso desse material.

Atualmente no Brasil, começam a ser produzidos, em escala industrial, agregados leves para concreto, tendo-se como matéria prima fundamentais argilas e folhelhos que possuem a propriedade peculiar de se expandirem quando sujeitos a um processo térmico adequado. Daí a denominação de argila expandida para a matéria prima utilizada para esse fim.

Em São Paulo, o preço dos agregados leves para concreto está por volta de Cr\$ 40,00 por metro cúbico, ao passo que a brita custa aproximadamente Cr\$ 30,00 por metro cúbico. Apesar da diferença, os agregados leves têm grande aceitação local, em razão de suas excelentes qualidades, substituindo com vantagem a brita ou cascalho, proporcionando considerável redução de custos. É de grande versatilidade de usos, sendo indicados para concreto armado estrutural, concreto protendido, blocos de concreto e elementos para isolamento térmico. São utilizados também em estruturas comuns de edifícios, reduzindo o volume de concreto e o consumo de ferro, além da economia resultante nas fundações.

Considerando-se o exposto acima, justifica-se, através de órgãos competentes, iniciativas no sentido de maiores esclarecimentos de ordem técnica a respeito dos agregados leves para concreto, a fim de procurar despertar a atenção das empresas em torno do assunto, incentivando-as a implantar na região uma indústria para fabricação de agregados leves. Tal empreendimento, caso concretizado, traria um grande impulso e economia à indústria de construção civil de Belém.

Quanto aos agregados miúdos para concreto, não existem problemas imediatos, uma vez que inúmeros são os depósitos de areia existentes na área e próximos à Belém.

Um outro aspecto do problema relativo a materiais de construção se refere aos produtos de cerâmica vermelha, telhas e tijolos, principalmente. Nossa produção parece não ser inteiramente satisfatória em decorrência da grande demanda desse material, apesar de ser abundante e de boa qualidade a matéria prima da região.

Somente agora, algumas empresas parecem estar alertas ao problema e procuram instalar grandes indústrias para suprir o mercado consumidor, como acontece na rodovia BR-316, entre o rio Piriá e Gurupi, onde se encontra em fase de implantação uma fábrica para cerâmica vermelha, potencialmente equipada para uma produção em larga escala. Ao que tudo indica, solucionará o problema, se não totalmente, pelo menos em parte.

Ainda no campo da construção civil, outro problema que pela sua importância deve ser destacado, é a carência na região de uma produção de cal em larga escala. Apesar de existirem na área, principalmente na costa atlântica, depósitos calcíferos constituídos por concheiros naturais, atualmente em exploração para fabricação de cal, não achamos recomendável estudos de viabilidade econômica para esses depósitos, uma vez que são de reserva limitada, descontínuos e em condições adversas à lavra. Entretanto, sendo a área potencialmente rica em calcário da Formação Pirabas, recomendamos que trabalhos de prospecção sejam levados a efeito, a fim de serem localizados depósitos economicamente exploráveis nesse sentido.

Como se pode observar, durante o desenvolvimento deste trabalho, inúmeros são os depósitos de areia que ocorrem na área do Projeto, entre os quais alguns com possibilidades de aproveitamento na indústria de vidro. Atualmente, se encontra em fase final de instalação, uma fábrica de vidros, VIP (Vidros do Pará S/A.), potencialmente equipada para uma produção em larga escala.

VI - Bibliografia

- 1 — ACKERMANN, F. L., Geologia e Fisiografia da Região Bragantina, (Estado do Pará), Manaus, Inst. Nac. Pesq. da Amazônia, 1964, 90p., il (Cadernos da Amazônia, 2).
- 2 — ACKERMANN, F. L., A BR-14, suas relações com a região Bragantina no Estado do Pará e a bacia do Tocantins-Araguaia, SPVEA, Rio de Janeiro, 1966, 24p. com tab.
- 3 — ACKERMANN, F. L., A Depredação dos solos na região Bragantina e Amazônia, Imprensa da Universidade Federal do Pará, 1967, 60p. com tab.
- 4 — ACKERMANN, F. L., Esboço para geologia entre a cidade de Belém-Rio Gurupi e Atlântico-rio Guamá, Belém, Imprensa da Universidade Federal do Pará, 1969, 90 p., il, tab.
- 5 — ALMARAZ, J. S. U., e FORMOSO, M. L. L., Contribuição ao Estudo do Ambiente de Sedimentação marinha Pirabas na Zona Bragantina, Estado do Pará, In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXV, São Paulo, 1971. 27p. (Boletim Especial n.º 1).
- 6 — AMARAL, G., Considerações sobre a Evolução Tectônica da Amazônia no Pré-Cambriano, In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXV, São Paulo, 1971, p. 161-2 (Boletim Especial n.º 1).
- 7 — ARANTES, J. L. G. et Alii., Projeto Grão-Pará, II-Fase. 1969, 16p il, mapa. (Relatório inédito DNPM — 5.º Distrito Norte).
- 8 — BERG, E. A. T., Estudo Tecnológico de Argilas do Estado do Paraná. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1970. 133p. il.
- 9 — BRASIL. Contribuição do Departamento Nacional da Produção Mineral ao Desenvolvimento Geo-Econômico da Região Norte, Rio de Janeiro, DNPM, 1969 (Publicação Especial n.º 7).
- 10 — BRAUN, O.P.G., Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 32 (3): 3-35, 1971.
- 11 — CAMPBELL, D. F.; ALMEIDA, L. A. de.; SILVA, S. de OLIVEIRA. Relatório Preliminar sobre a Geologia da Bacia do Maranhão, Boletim do Conselho Nacional do Petróleo, Rio de Janeiro, 1, 1949, 157p., il, mapa.
- 12 — CAVALCANTI, A. M., de S., Tecnologia da Pedra, Pongetti, 1951.
- 13 — FERREIRA, C.S., Contribuição à Geologia e Paleontologia do Baixo Parnaíba no Estado do Piauí, Formação Pirabas, Mioceno Inferior. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Geologia, Belém, 9, 1964.
- 14 — FERREIRA da SILVA, OCTAVIO e LOEWENSTEIN, P., Contribuição à Geologia da Folha de São Luis (SA-23), no Estado do Pará, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Geologia, Belém, 13, 1968. 17p.
- 15 — FRANCISCO, B. H. R. et Alii., Contribuição a Geologia da Folha de São Luis (SA-23), no Estado do Pará, (III-Estratigrafia; IV-Recursos Minerais), Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Geologia, Belém 17, 1971. 48p. il, mapa, tab.

- 16 — GOMES, E. N. de ALMEIDA e OLIVEIRA, A. I., Reconhecimento Geológico nos rios Guajará e Capim, Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro, 15: 124-28, 1926.
- 17 — GUIMARAES, G. de ASSIS e SANTOS, J. M. S., Os calcários do Estado do Pará e suas possibilidades de utilização na calagem do solo, Circular do Instituto de Pesquisas e Experimentações Agropecuárias do Norte (IPEAN), Belém, 11, 1968, mapa e tab.
- 18 — JUNIOR, C. E. N. de ARAUJO., Os minerais e suas aplicações na Indústria, 1966, vol. II, s. ed.
- 19 — MOURA, P., Rio Gurupi, Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro, 78: 1-44, 49-66, 1936, est. e mapa.
- 20 — MOYANO, J. C. G., Reconhecimento Geológico Preliminar da Área do Projeto Grão-Pará, 1968 (Relatório Inédito, DNPM — 5.º Distrito), 23 p. il, mapa.
- 21 — NIXON, E. R.; RUNNELS, R. T.; KULSTAD, R. O., The Cheyenne Sandstone of Barber Comanche, and Kiowa Counties, Kansas, as Raw Material for Glass Manufacture. University of Kansas, State Geological Survey of Kansas, bulletin 86, Part 3, 1950.
- 22 — OLIVEIRA, A. I., Ouro. Estados do Pará e Maranhão, Boletim do Serviço de Fomento da Produção Mineral, Rio de Janeiro, 29: 7-13, 1968 (Apreciação do Diretor do S. F. P. M. à respeito do trabalho realizado pelos técnicos na região Gurupi-Turiassu).
- 23 — PETRUCCI, E., Materiais de construção, In: Manual do Engenheiro Globo. Rio de Janeiro, Ed. Globo, vol. IV, 1957. 1395p., 322-58p.
- 24 — PIANCA, J. B., Manual do Construtor. Rio de Janeiro, Ed. Globo, 1959. 664p. il.
- 25 — PIZARRO, R. de ALMEIDA. Materiais de construção, Aglomerantes e Agregados. Rio de Janeiro, 1967. (Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Cadeira de Materiais de Construção).
- 26 — ROCHA, F. X. P. da, Geotécnica. Porto Alegre, Escola de Geologia UFRGS, Edições CAEG, 2, 1966.
- 27 — SANTOS, P. S. e SANTINI, P., Efeito da Matéria Orgânica em algumas Propriedades de Argilas Plásticas para Cerâmica Branca. In: Cerâmica. São Paulo. N.º 14, 1968, p. 57-65. il.
- 28 — SANTOS, P. S., Tecnologia de Argilas. Campina Grande, Escola Politécnica da Universidade Federal da Paraíba, 3v., 1969. 990p., il.
- 29 — SOMBROEK, W. G., Amazon soils — A reconnaissance of the Brazilian Amazon region, Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, 1966. 292p., tab. mapa.
- 30 — SOUZA, H. C. A. de., Rochas da Região de Bragança e Turiassu. (Pará-Maranhão). Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral, Rio de Janeiro, 32, 1938.
- 31 — STRUCHTEMEYER, R. A.; et Alii., Necessidade de calcário em solos da zona Bragantina, Belém, IPEAN 1971 (Série: Fertilidade de solos, v. 1 n.º 1).
- 32 — VOROBIEV, V., Matériaux de construction. Moscou, Mir, 1967.

VII - DOCUMENTAÇÃO



FOTO 1

Afloramento de calcário da Formação Pirabas. Falésia de Salinópolis.



FOTO 2

Aspecto das grauvas observadas na Rodovia BR-316



FOTO 3

Resultado da intensa meteorização a que estiveram submetidas as grauvacas. Observam-se restos da antiga rocha englobada pelos produtos de alteração. Local: Rodovia BR-316.



FOTO 4

Aspecto dos afloramentos de grauvacas observadas no rio Piriá, próximo à vila do Piriá.



FOTO 5

Filitos da Série Gurupi. Local: Rodovia BR-316.



FOTO 6

**Corte de estrada pondo à vista filitos da Série Gurupi.
Local: Rodovia BR-316.**



FOTO 7

Afloramento de xisto da Série Gurupi cortado por veios dobrados de quartzo e feldspato. Local: Rio Piriá.



FOTO 8

Outro aspecto dos xistos da Série Gurupi. Local: Rio Piriá, acima da cachoeira 7 Ilhas.



FOTO 9

Afloramento de xisto da Série Gurupi. Local: Rio Piriá, cachoeira do Machado.



FOTO 10

Afloramento de xisto da Série Gurupi. Local: Rio Guamá, próximo à cachoeira Jacarequará.

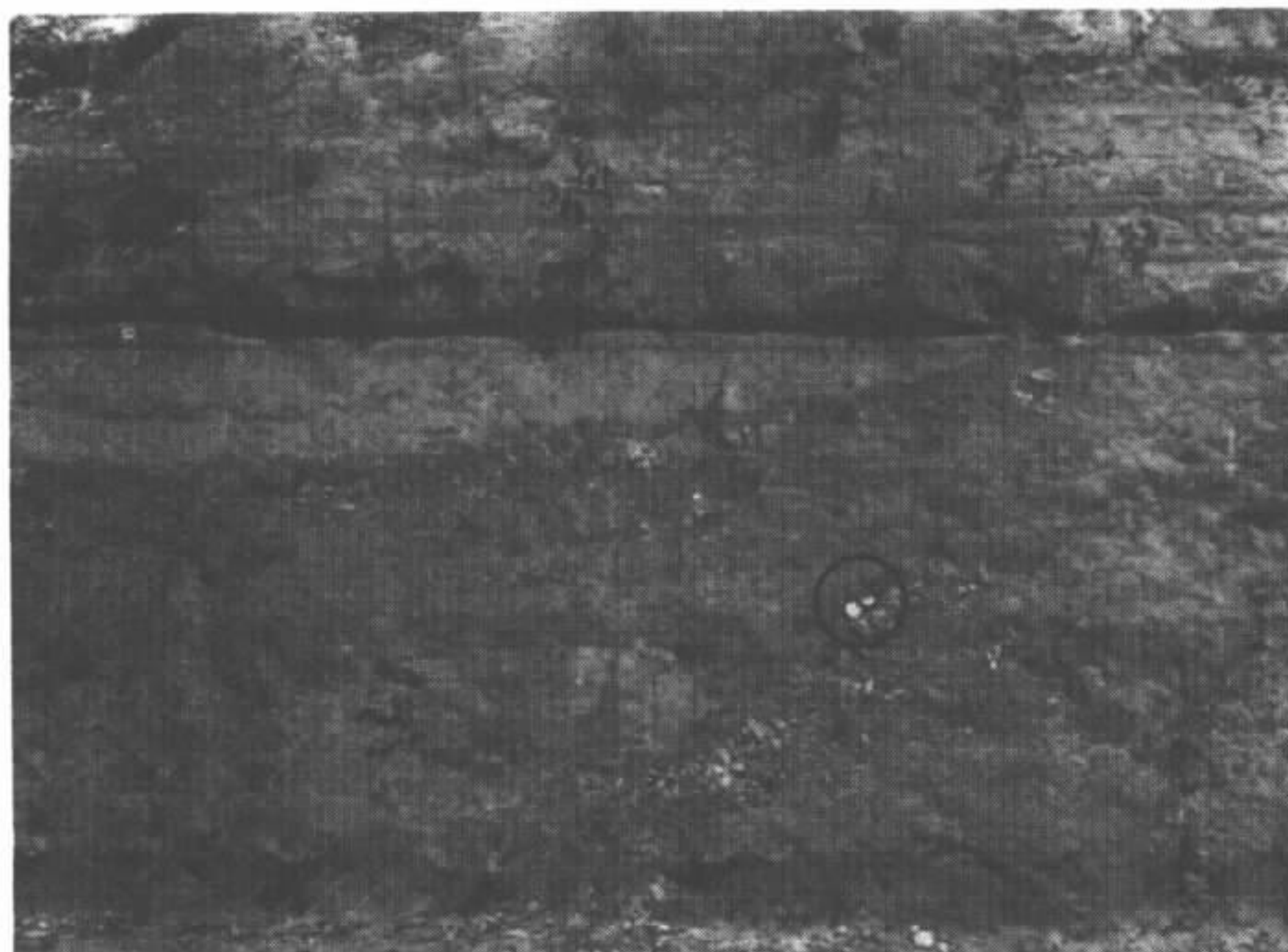


FOTO 11

Série Gurupi. Filitos altamente decompostos, cortados por veios de quartzo. Local: Rodovia BR-316.

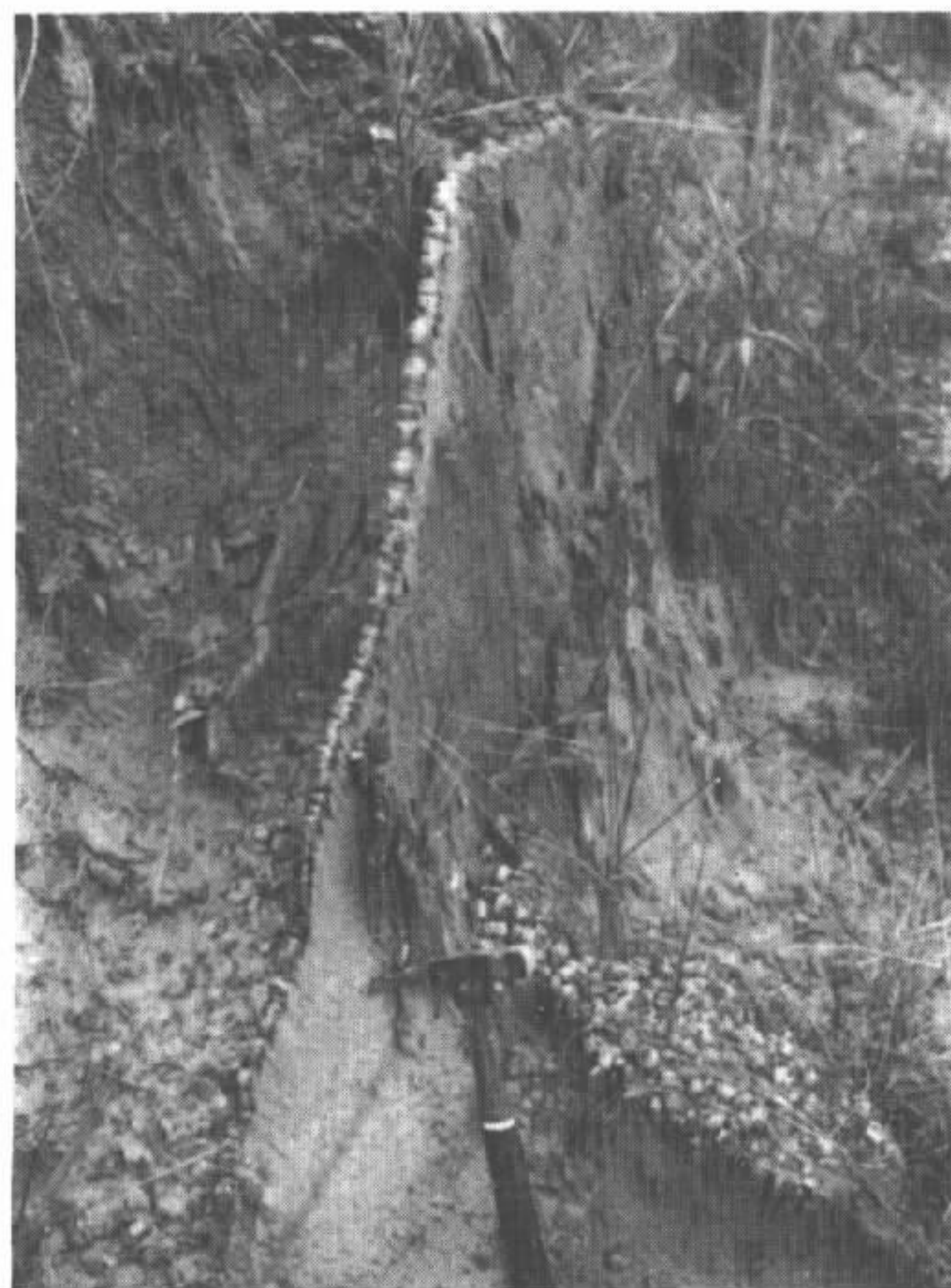


FOTO 12

Série Gurupi. Filitos altamente decompostos, cortados por veios de quartzo, destacando-se estes pela sua maior resistência à erosão. Local: Rodovia BR-316.



FOTO 13

**Granito-gnaissé migmatizado, cortado por veios pegmatíficos.
Local: Fronteira, Rio Guamá.**

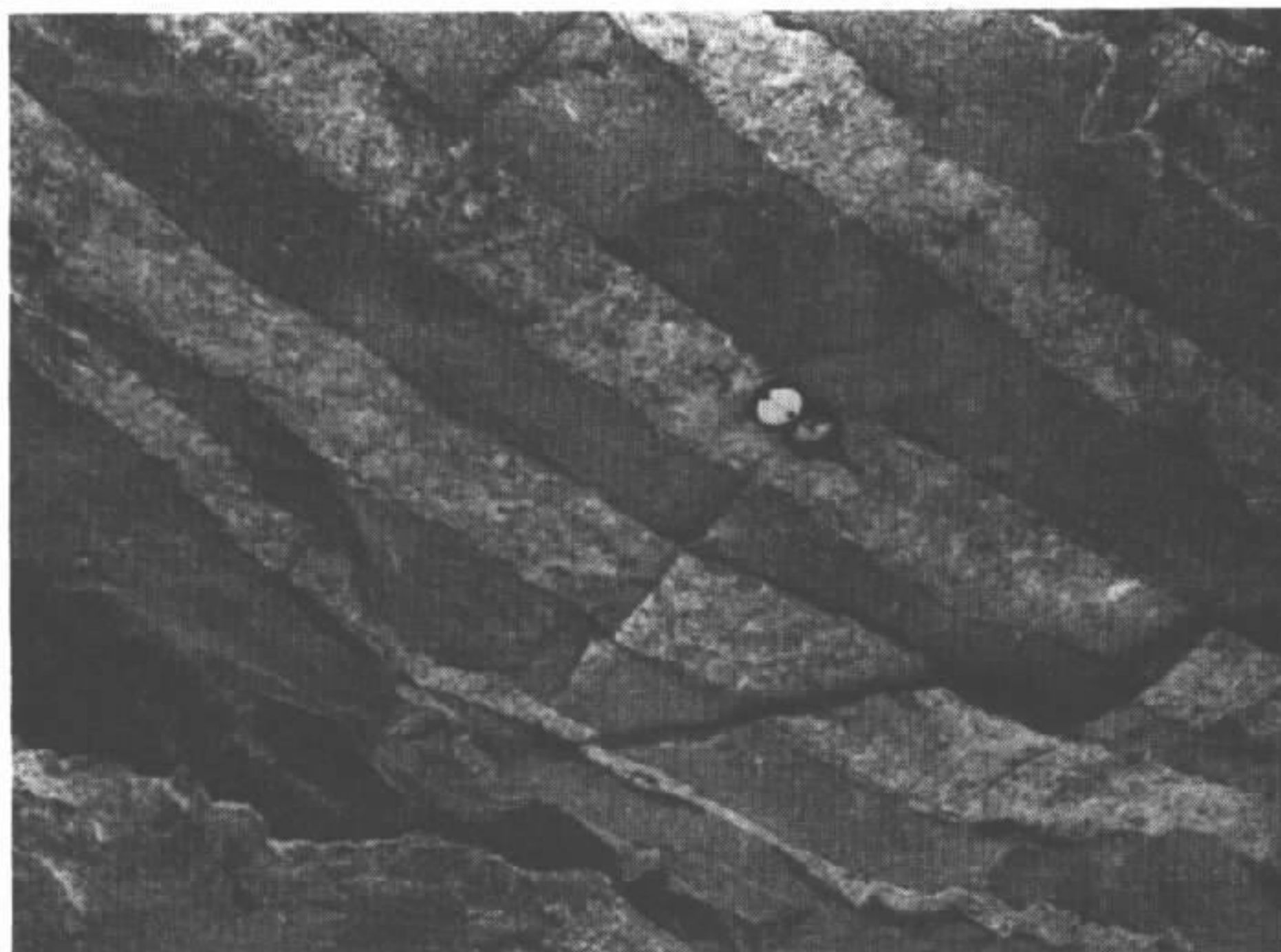


FOTO 14

Detalhe da foto 13.

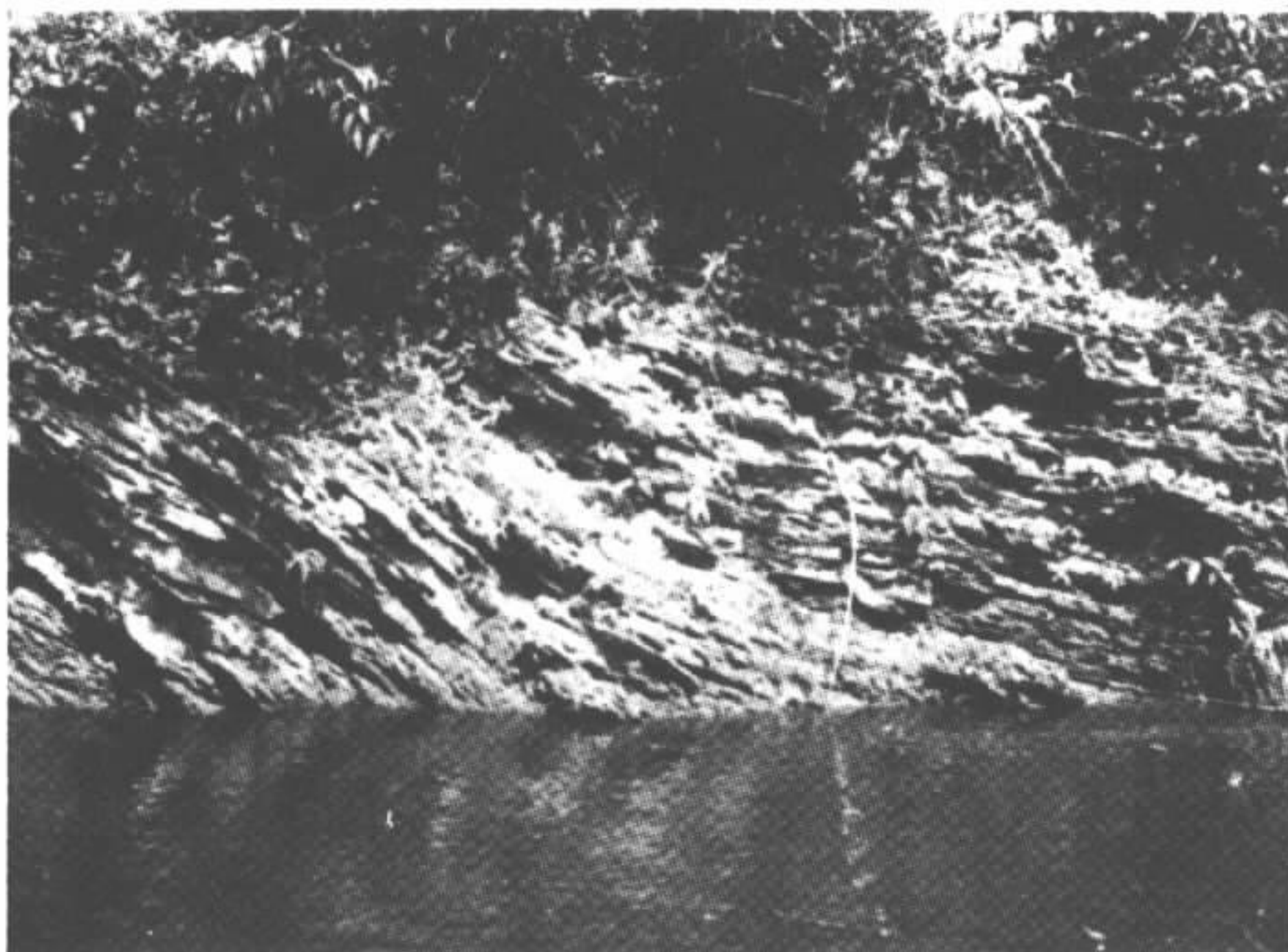


FOTO 15

Gnaise extremamente dobrado e fraturado. Local: Rio Guamá, a montante de Boca Nova.



FOTO 16

Afloramento de granito-gnaise migmatizado. Local: Fronteira, Rio Guamá.



FOTO 17

Granito-gnaissé intensamente diaclasado. Local: Tracuateua, município de Bragança.



FOTO 18

Pedreira do Guimarães. Local: Tracuateua, município de Bragança.



FOTO 19
Depósito de cascalho. Local: Ourém, margem do rio Guamã.



FOTO 20

Detalhe da foto 19.



FOTO 21

**Depósito de areia do município de Peixe-Boi.
Rodovia PA-24, Km. 28.**



FOTO 22

**Sondagem a trado manual. Depósito de areia do município
de Peixe-Boi. Rodovia PA-24, Km. 28.**



FOTO 23
Produção manual por oleiros de vasos e utensílios domésticos.



FOTO 24
Sondagem a trado manual em depósito de argila. Município de Santo Antônio do Tauá, margem esquerda do rio Tauá.



FOTO 25

1106 - LA - 159a. BIOTITA GNAISSE.

Luz polarizada. Aumento: 10 x. Cristais de quartzo, microclina e plagioclásio num arranjo granoblástico. Fraca orientação pode ser observada.

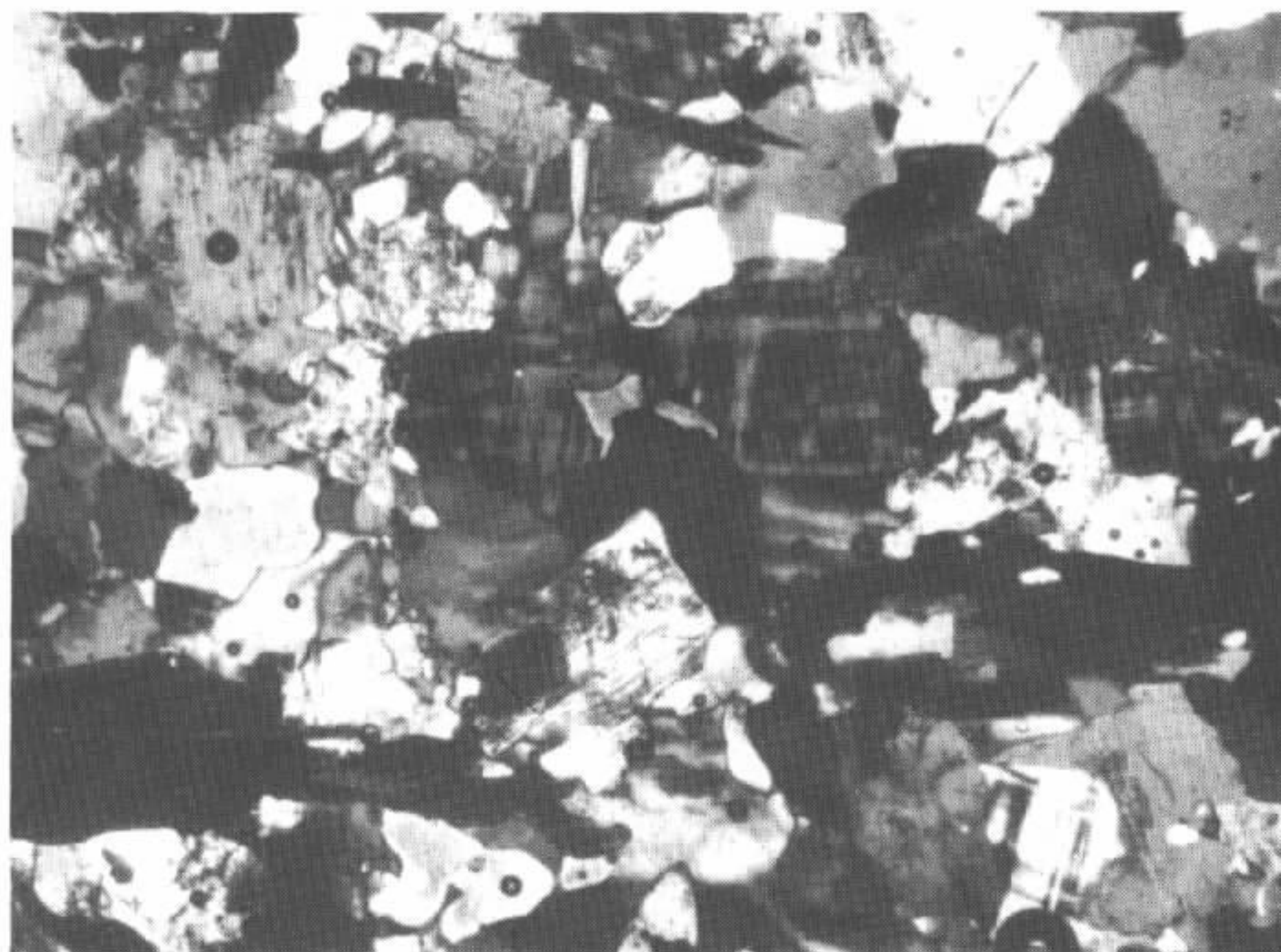


FOTO 26

1106 - AK - R - 789. GRANITO GNAISSE MIGMATIZADO.

Luz polarizada. Aumento: 10 x. Cristais de quartzo, microclina e plagioclásio em formas xenoblásticas num arranjo granoblástico engranzado. Efeitos cataclásticos podem ser observados.

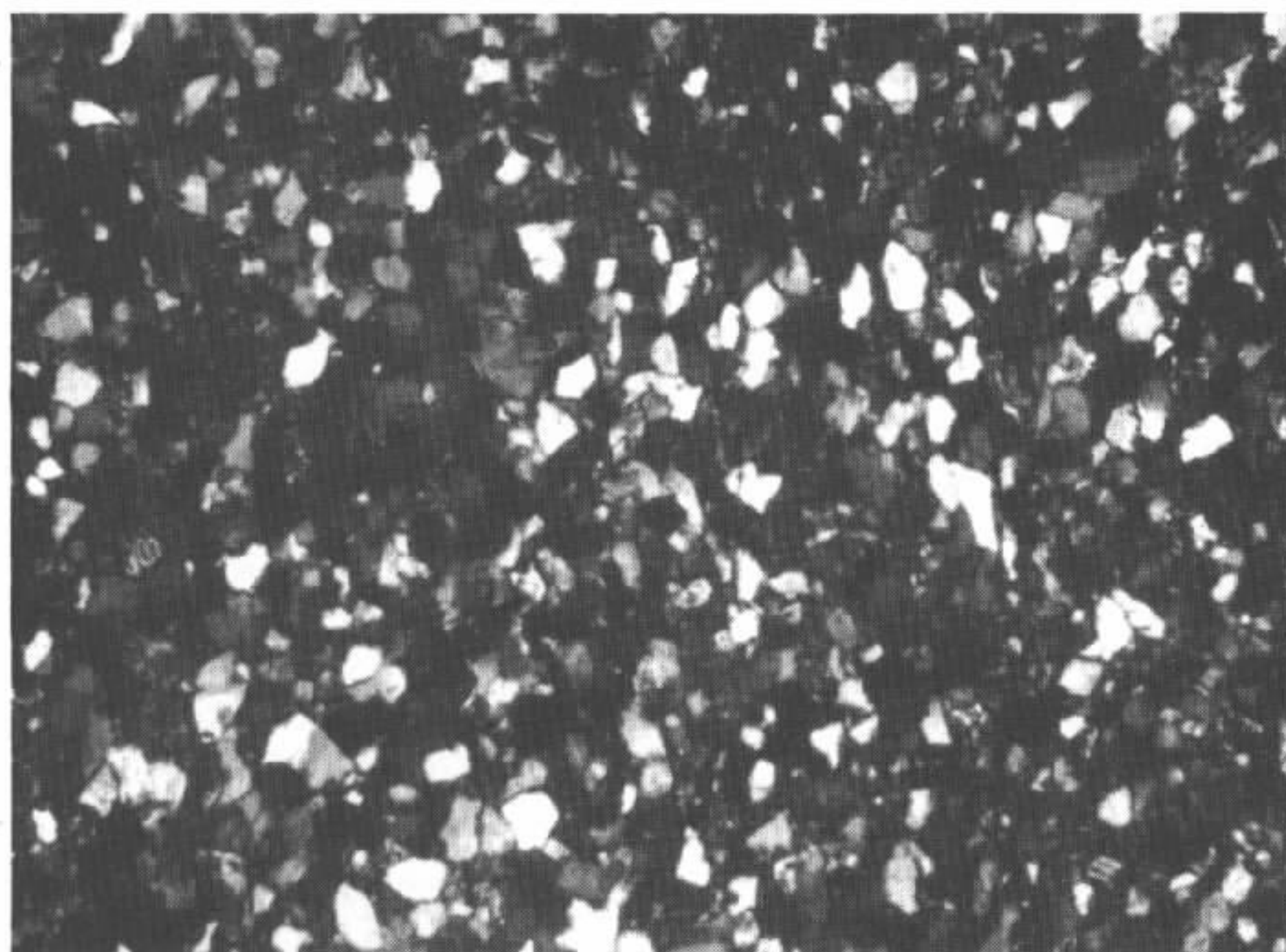


FOTO 27

1106-LA-R-29. GRAUVACA.

Luz polarizada. Aumento: 10 x. Textura clástica granular. Observam-se grãos detriticos de quartzo e feldspato em formas angulares associados a uma matriz argilo-sericítica.

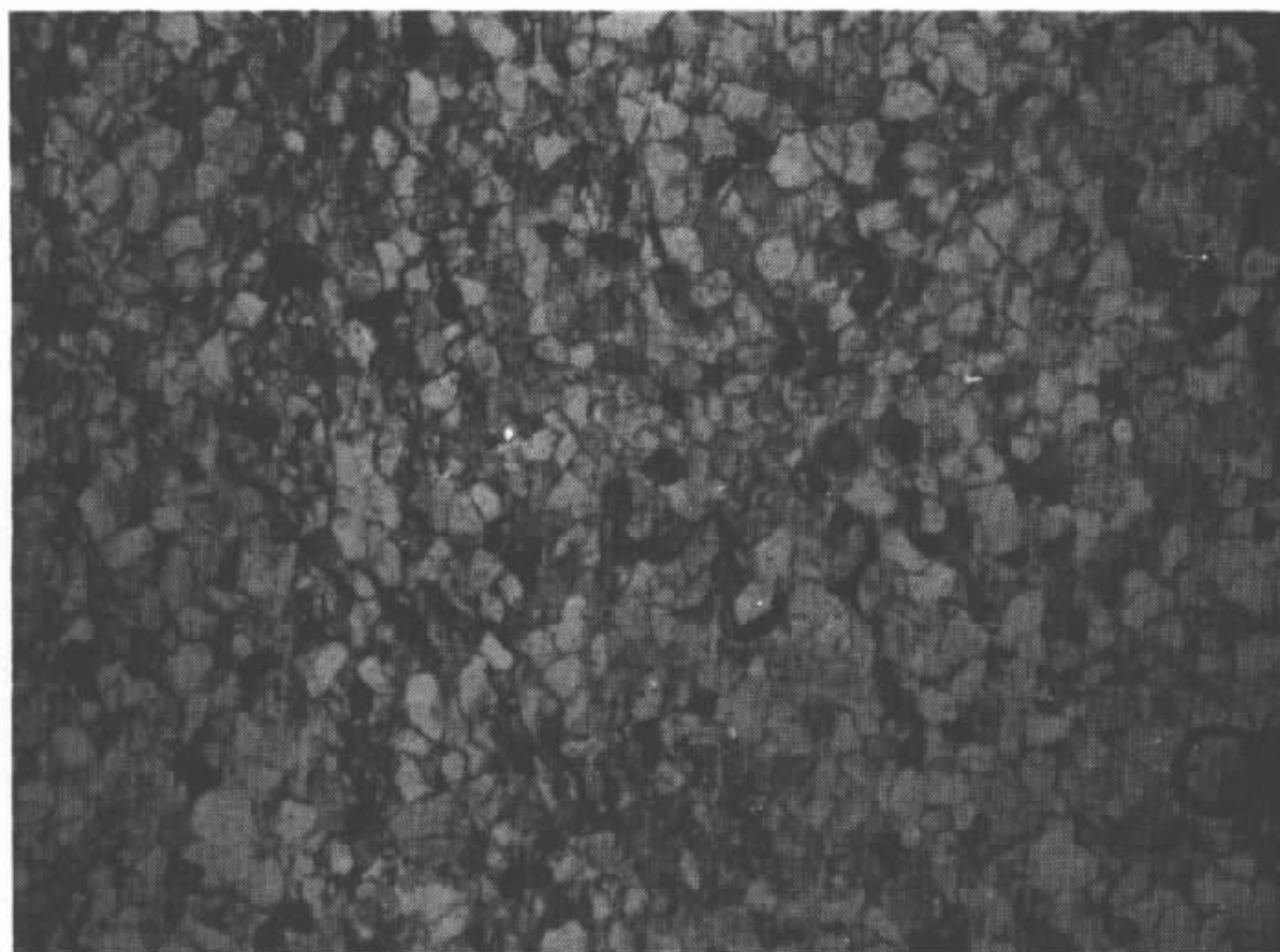


FOTO 28

1106-LA-R-29. GRAUVACA.

Luz natural. Aumento: 10 x. Mesmo aspecto da seção acima.

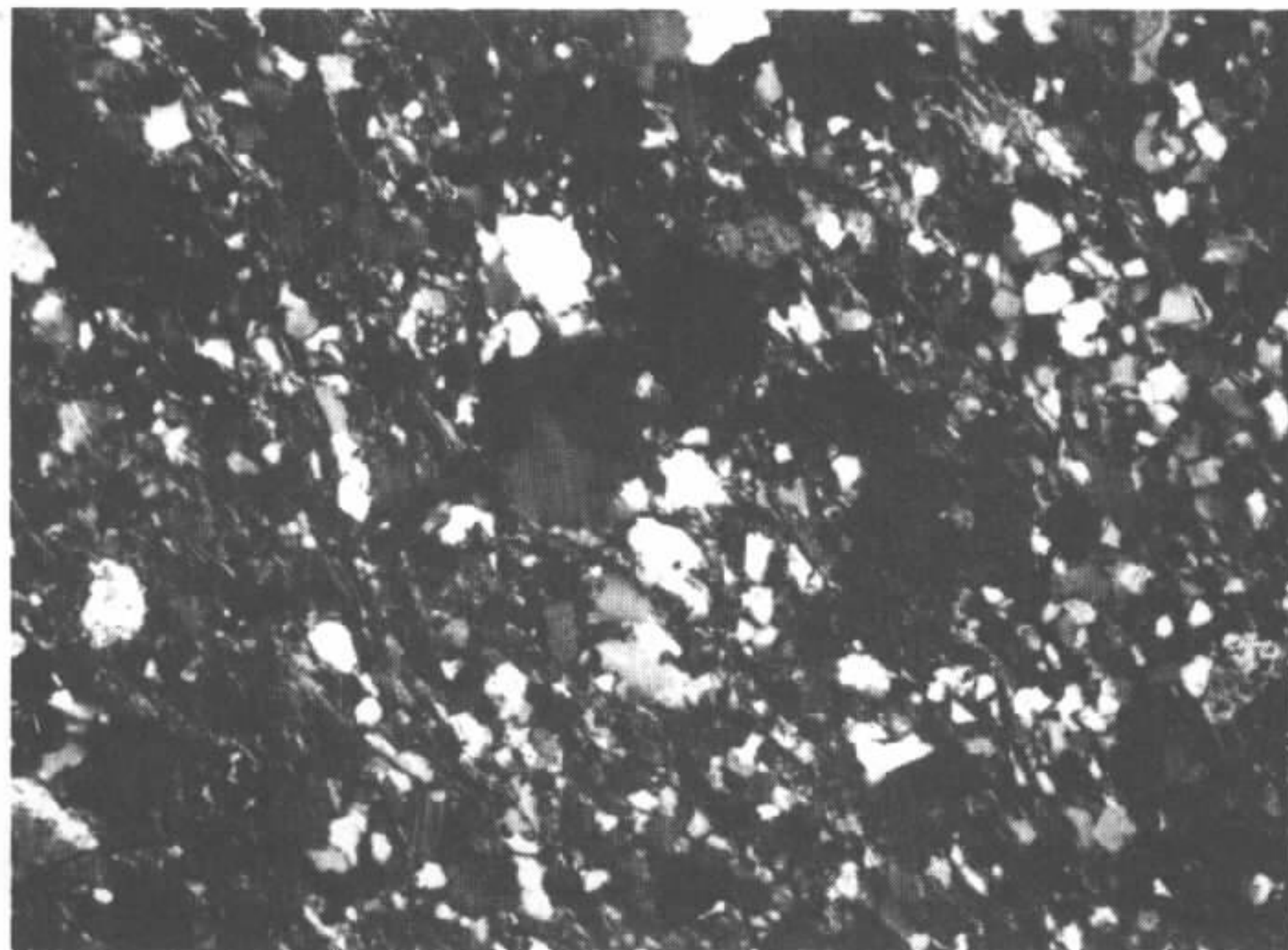


FOTO 29

1106-BD-R-680a. BIOTITA-CLORITA-ALBITA-XISTO.

Luz polarizada. Aumento: 10 x. Textura lepidoblástica. Observa-se a orientação preferencial dos minerais micáceos. Os cristais maiores de quartzo são produtos de recristalizações secundárias ou anormais. Os cristais de albite representam porfiroblastos embrionários.

ERRATA

| página | parágrafo | onde se lê | leia-se |
|--------|-----------|---------------|---------------|
| 9 | 10 | no localidade | na localidade |
| 10 | 3 | zilcão | zircão |
| 25 | 3 | arredondadas | arredondados |
| 27 | 7 | adequala | adequada |

SUMÁRIO

| página | onde se lê | leia-se |
|--------|--------------|--------------|
| 1 | Tectônica 14 | Tectônica 13 |

ANEXOS

| anexos | onde se lê | leia-se |
|-------------|---|-------------------|
| 3, 4, 5 e 6 | na escala gráfica 10, 20, 30, 40, 50 | 5, 10, 15, 20, 25 |