

SERRA DOS CARAJÁS

FOLHA SB.22-Z-A

ESCALA 1:250.000

796

C P R M - D I R O T E	
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório nº	2131-5
N.º de Volumes:	1 V. -
PHH - 011040	

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
ESCALAS 1:250.000 – 1:100.000 – 1:50.000
(período 1985-1989)

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Carlos Oití Berbert

SUPERVISÃO TÉCNICA NACIONAL

Carlos Schobbenhaus
Immanuel T. de Queiroz

COLABORAÇÃO

Gilberto Ruy Derze
Cláudio Hecht

SUPERVISÃO TÉCNICA REGIONAL

Ronaldo Mossmann
(Porto Alegre)

Ricardo Motta Strieder
(São Paulo)

Antonio da Silva Wirz Leite
(Belo Horizonte)

Alarico Antonio F. Mont'Alverne
(Recife)

Taylor Araújo Collier
(Belém)

Armando da Silva Neiva
(Goiânia)

Hélio Pinto da Silva
(Salvador)

José R. de Magalhães Franco
(Manaus)

Pier Luigi Tosatto
(Rio de Janeiro)

Fernando A. da Costa Roberto
(Fortaleza)

João Awdziej
(Florianópolis)

Jair de Freitas
(Cuiabá)

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Hermes Augusto Verner Inda

COORDENAÇÃO-GERAL

Valter José Marques

ASSESSORIAS ESPECIALIZADAS

Léo Schapoval e Mário O. Fraenkel
(Controle e Acompanhamento)
Carlos A. Guimarães da Vinha
(Informática)

COORDENAÇÕES TEMÁTICAS

NACIONAL

Metalogenia
Inácio de Medeiros Delgado
Geoquímica
Raymundo J. Portella Brim
Geofísica
Ricardo M. de Vasconcellos
Petrologia
Emiliano Cornélio de Souza
Treinamento
Eduardo Camozzato
Cartografia Digital
João B. de Vasconcellos
Processamento de Dados
Gilberto Guimarães da Vinha
Bases de Dados
Ernesto von Sperling

Cartografia
Regina Célia G. Armesto
Célio Lima de Macedo
Milton Brand Baptista
Editoração
Jurema Ferreira da Silva
Sensoriamento Remoto
Sérgio M. S. Guerra
Estratigrafia
Amadeu Paiva Santos
Geologia Estrutural
Atahualpa V. Padilha
Análises Mineralis
Vania N. de Araujo Mello
Biblioteca
Tânia R. B. de M. Freire

REGIONAL

Coordenador Regional
Cássio Roberto da Silva
Supervisores
Armando Teruo Takahashi
Ódimo Francisconi
Geoquímica
Ídio Lopes Junior
Geofísica
José de Ribamar Lopes Bezerra

Petrografia
Sílvia Maria Morais
Sensoriamento Remoto
José Carlos Garcia Ferreira
Geologia Estrutural
Mário Mota Câmara

Os créditos acima referem-se à época da execução do mapeamento das folhas desta publicação.

MINISTÉRIO DA INFRA-ESTRUTURA
SECRETARIA NACIONAL DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLOS E
DE VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS
SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

*Execução pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
Superintendência Regional de ^{Bell}Recife, Residência de Fortaleza, em Convênio
com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM*

SERRA DOS CARAJÁS
FOLHA SB.22-Z-A

– ESTADO DO PARÁ –

TEXTO EXPLICATIVO

ORGANIZADO POR

*Orlando José Barros de Araújo
Raimundo Geraldo Nobre Maia*

BRASÍLIA – 1991

CRÉDITOS DE AUTORIA

TEXTO EXPLICATIVO:

José Maria Azevedo Carvalho
Raimundo Geraldo Nobre Maia

Capítulo 8

PARTE I

- Capítulo 1 Orlando José Barros de Araújo e
Raimundo Geraldo Nobre Maia
Capítulo 2 Raimundo Geraldo Nobre Maia
Capítulo 3 Raimundo Geraldo Nobre Maia e
Orlando José Barros de Araújo

PARTE III

Capítulo 1

e

Capítulo 2

Orlando José Barros de Araújo,
João Batista Freitas Andrade,
Raymundo José Portella Brim e
José Maria Azevedo Carvalho

Capítulo 3

Maria Léa Rebouças de Paula e
Raimundo Geraldo Nobre Maia

PARTE II

- Capítulo 1 Orlando José Barros de Araújo,
Raimundo Geraldo Nobre Maia e
Xafi da Silva Jorge João
Capítulo 2 Orlando José Barros de Araújo
Capítulo 3 Xafi da Silva Jorge João
Capítulo 4 Orlando José Barros de Araújo
Capítulo 5 João Batista Freitas Andrade
Capítulo 6
Subtem 6.1 Xafi da Silva Jorge João,
Tomaz de Aquino Massoud Lobato e
Magda Teresinha Guimarães Marques
Subtem 6.2 Raimundo José Portella Brim e
Eric Santos Araújo
Capítulo 7 Ignácio de Medeiros Delgado,
Orlando José Barros de Araújo e

CARTAS:

Cartas Geológicas:

Orlando José Barros de Araújo,
Raimundo Geraldo Nobre Maia

Carta Metalogenético-Previsional:

Ignácio de Medeiros Delgado,
Orlando José Barros de Araújo e
José Maria Azevedo Carvalho

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO

Emílio Garcia Rodrigues
José Isaias Lisboa Machado
DNPM/Belém

CONSULTOR

João Batista Sena Costa - UFFa

CONSULTORES ESPECIAIS

(Convidados pelo DNPM para avaliação do trabalho)



Coordenação editorial a cargo do
Núcleo de Edições Técnicas - NUTEC
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM



ARAÚJO, Orlando José de Barros.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás. Serra dos Carajás. Folha SB.22-Z-A. Estado do Pará. Org. por Orlando José Barros de Araújo e Raimundo Geraldo Nobre Maia. Brasília, DNPM/CPRM, 1991.

164p. il., 2 mapas dobr.

Trabalho executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais através de convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral.

1. Geologia. Pará. I. Maia, Raimundo Geraldo Nobre. II. Departamento Nacional da Produção Mineral. III. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. IV. Título..

CDD: 558.11

CDU: 55(811)

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	iii
PARTE I – INTRODUÇÃO	
Capítulo 1 – Aspectos Gerais	3
1.1 Apresentação	3
1.2 Localização e acesso	3
1.3 Aspectos fisiográficos	6
1.3.1 Clima	6
1.3.2 Hidrografia	6
1.3.3 Vegetação	6
1.3.4 Solo	7
1.4 Geomorfologia	7
1.4.1 Metodologia e material utilizado	7
1.4.2 Unidades geomorfológicas	7
1.5 Aspectos socioeconômicos	10
Capítulo 2 – Histórico do Programa	11
Capítulo 3 – Metodologia de Trabalho	13
PARTE II – GEOLOGIA DA FOLHA SERRA DOS CARAJÁS	
Capítulo 1 – Trabalhos Anteriores e Contexto Geológico Regional	17
1.1 Terreno <i>granito-greenstone</i> do sul do Pará (regime direcional)	19
1.1.1 Sequência supracrustal	19
1.1.1.1 Grupo Tucumã	19
1.1.1.1.1 Histórico	19
1.1.1.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	19
1.1.1.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	19
1.1.1.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	21
1.1.1.1.5 Idade e correlação	21
1.1.2 Suíte granitóide	21
1.1.2.1 Granodiorito Rio Maria	21
1.1.2.1.1 Histórico	21
1.1.2.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	21
1.1.2.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	22
1.1.2.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	22
1.1.2.1.5 Idade e correlação	22
1.2 Cinturão Itacaiúnas (regime compressivo oblíquo)	22
1.2.1 Domínio imbricado	22
1.2.1.1 Complexo Pium	22

1.2.1.1.1	Histórico	22
1.2.1.1.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	23
1.2.1.1.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	24
1.2.1.1.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	25
1.2.1.1.5	Idade e correlação	25
1.2.1.2	Complexo Xingu	26
1.2.1.2.1	Histórico	26
1.2.1.2.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	26
1.2.1.2.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	26
1.2.1.2.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	27
1.2.1.2.5	Idade e correlação	27
1.2.1.3	Grupo Sapucaia	28
1.2.1.3.1	Histórico	28
1.2.1.3.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	28
1.2.1.3.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	28
1.2.1.3.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	29
1.2.1.3.5	Idade e correlação	29
1.2.1.4	Granito estratóide Plaquê	29
1.2.1.4.1	Histórico	29
1.2.1.4.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	29
1.2.1.4.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	29
1.2.1.4.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	30
1.2.1.4.5	Idade e correlação	30
1.2.2	Domínio transcorrente	30
1.2.2.1	Sistema serra dos Carajás	30
1.2.2.1.1	Gnaise Estrela	30
1.2.2.1.1.1	Histórico	30
1.2.2.1.1.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	32
1.2.2.1.1.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	32
1.2.2.1.1.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	32
1.2.2.1.1.5	Idade e correlação	32
1.2.2.1.2	Grupo Grão-Pará	32
1.2.2.1.2.1	Histórico	32
1.2.2.1.2.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	34
1.2.2.1.2.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	34
1.2.2.1.2.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	37
1.2.2.1.2.5	Idade e correlação	38
1.2.2.2	Sistema Cinzento	38
1.2.2.2.1	Grupo Rio Novo	38
1.2.2.2.1.1	Histórico	38
1.2.2.2.1.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	39
1.2.2.2.1.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	39
1.2.2.2.1.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	40
1.2.2.2.1.5	Idade e correlação	40
1.3	Cinturão Araguaia (regime compressivo oblíquo)	40
1.3.1	Domínio imbricado	40
1.3.1.1	Grupo Tocantins (formação Couto Magalhães)	40
1.3.1.1.1	Histórico	40
1.3.1.1.2	Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	41
1.3.1.1.3	Litótipos, variedade, mineralogia e textura	41
1.3.1.1.4	Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	41
1.3.1.1.5	Idade e correlação	41
1.4	Unidades proterozóicas (regime distensivo)	41

1.4.1 Vulcanismo ácido	42
1.4.1.1 Histórico	42
1.4.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	42
1.4.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	42
1.4.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	42
1.4.1.5 Idade e correlação	42
1.4.2 Plutonismo máfico-ultramáfico	42
1.4.2.1 Máficas tipo Santa Inês	42
1.4.2.1.1 Histórico	42
1.4.2.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	43
1.4.2.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	43
1.4.2.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	43
1.4.2.1.5 Idade e correlação	43
1.4.2.2 Ultramáficas tipo Vermelho	43
1.4.2.2.1 Histórico	43
1.4.2.2.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	44
1.4.2.2.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	44
1.4.2.2.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	44
1.4.2.2.5 Idade e correlação	44
1.4.3 Plutonismo ácido (suíte granítica anorogênica)	44
1.4.3.1 Histórico	45
1.4.3.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	45
1.4.3.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	46
1.4.3.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	46
1.4.3.5 Idade e correlação	47
1.5 Magmatismo mesozóico	48
1.5.1 Plutonismo básico (diabásio Cururu)	48
1.5.1.1 Histórico	48
1.5.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato	48
1.5.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura	48
1.5.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais	48
1.5.1.5 Idade e correlação	49
1.6 Coberturas fanerozóicas	49
1.6.1 Coberturas terciárias	49
1.6.2 Coberturas quaternárias	49
Capítulo 2 – Geologia Estrutural	51
2.1 Terreno granito- <i>greenstone</i> do sul do Pará (regime direcional)	51
2.2 Cinturão Itacaiúnas (regime compressivo oblíquo)	51
2.2.1 Domínio imbricado	53
2.2.2 Domínio transcorrente	54
2.2.2.1 Sistema serra dos Carajás	54
2.2.2.2 Sistema Cinzento	56
2.2.2.3 Relação entre os sistemas estruturais	57
2.3 Cinturão Araguaia (regime compressivo oblíquo)	57
2.4 Estruturas proterozóicas (regime distensivo)	57
2.5 Estruturas fanerozóicas (regime distensivo)	59
Capítulo 3 – Metamorfismo e Deformação	61
3.1 Complexo Pium	61
3.2 Complexo Xingu	62
3.3 Grupo Sapucaia	64
3.4 Gnaiss Estrela	64
3.5 Granito estratóide Plaquê	65
3.6 Grupo Grão-Pará	66

Capítulo 4 – Arranjo Estratigráfico	69
Capítulo 5 – Geofísica	71
5.1 Introdução	71
5.2 Interpretação qualitativa	71
5.2.1 Domínios geofísicos	71
5.3 Aspectos estruturais, magnéticos e radiométricos	76
Capítulo 6 – Geoquímica	79
6.1 Litoquímica-petroquímica	79
6.1.1 Complexo Pium	79
6.1.2 Complexo Xingu/gnaiss Estrela	84
6.1.3 Grupo Sapucaia	84
6.1.4 Granito estratóide Plaquê	88
6.1.5 Suíte granítica anorogênica (granitos da serra da Seringa)	90
6.2 Prospecção geoquímica	95
6.2.1 Sistemática adotada	95
6.2.1.1 Planejamento	95
6.2.1.2 Amostragem	95
6.2.1.3 Análises	95
6.2.1.3.1 Preparação das amostras	95
6.2.1.3.2 Métodos analíticos	96
6.2.1.4 Interpretação dos dados	96
6.2.2 Resultados obtidos	99
6.2.2.1 Consistência dos dados	99
6.2.2.2 Correlações	100
6.2.2.3 Estimadores geoquímicos	101
6.2.2.4 Discussão das anomalias	103
6.2.2.4.1 Zonas anômalas	104
6.2.2.4.2 Destaques geoquímicos	107
Capítulo 7 – Metalogenia	109
7.1 Considerações preliminares	109
7.2 Base Geológica especializada	109
7.3 Integração metalogenética	111
7.3.1 Os recursos minerais	111
7.3.2 A geoquímica	111
7.3.3 A geofísica	112
7.4 Panorama metalogenético-previsional	112
7.4.1 Ouro (prata, arsênio, cobre, cobalto)	112
7.4.2 Ferro	113
7.4.3 Manganês	114
7.4.4 Níquel	114
7.4.5 Alumínio	114
7.5 Planejamento de ações governamentais	115
Capítulo 8 – Geologia Econômica	117
8.1 Introdução	117
8.2 Ferro	117
8.3 Manganês	118
8.4 Ouro	119
8.5 Níquel	121
8.6 Bauxita	122
8.7 Brita	122
PARTE III – CONSIDERAÇÕES FINAIS	
Capítulo 1 – Conclusões	125

1.1 Geologia	125
1.2 Geofísica	126
1.3 Geoquímica	126
1.4 Metalogenia	127
Capítulo 2 – recomendações	129
2.1 Geologia	129
2.2 Geofísica	129
2.3 Geoquímica	130
2.4 Metalogenia	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

APÊNDICES:

- 1 – SÚMULA DE DADOS DE PRODUÇÃO
- 2 – ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS

ANEXOS:

- . Carta Geológica
- . Carta Metalogenético-Previsional

RESUMO

O quadro geológico da folha Serra dos Carajás compreende frações do terreno *granito-greenstone* do sul do Pará, dos cinturões Itacaiúnas e Araguaia, bem como produtos litostruturais do Proterozóico.

O terreno *granito-greenstone* compreende rochas supracrustais do grupo Tucumã e granitóides da unidade Rio Maria. Sua estruturação interna inclui faixas discretas de rochas foliadas, orientadas preferencialmente na direção NW-SE. Em termos geofísicos, caracteriza-se por um padrão magnético de médio relevo e por baixos níveis radiométricos, inerentes à seqüência metamáfico-ultramáfica e aos corpos de granitóides essencialmente sódicos.

O cinturão Itacaiúnas ocupa mais de 80% da área investigada e é caracterizado por dois domínios litostruturais distintos. O domínio Sul compreende faixas e lentes de rochas dos complexos Xingu e Pium, do granito estratóide Plaquê e do grupo Sapucaia, que se relacionam através de um sistema imbricado de cavalgamentos dúcteis inclinados para sul. A forte imbricação das unidades rochosas, que foi acompanhada por transformações mineralógicas de fácies

anfíbolito, é observada também através dos mapas geofísicos. O domínio Norte inclui unidades rochosas dos grupos Grão-Pará e Rio Novo e do gnaiss Estrela, os quais estão atrelados à evolução de sistemas transcorrentes sinistrais WNW-ESE. Importantes anomalias geofísicas e associações geoquímicas são verificadas nesse domínio.

O cinturão Araguaia é representado por uma pequena porção do grupo Tocantins, que cavalga as unidades do cinturão Itacaiúnas no extremo-SE da folha.

Os produtos do Proterozóico são essencialmente representados por uma suíte granítica anorogênica, com seus corpos, via de regra, bem marcados nos mapas aerogamaespectrométricos.

O Fanerozóico é marcado pela presença significativa de coberturas laterítico-aluminosas e elúvios, colúvios e alúvios, muitas vezes contendo concentrações auríferas.

A vocação metalogenética da região é tradicionalmente conhecida, destacando-se minas e/ou depósitos de ouro, ferro, manganês, níquel e alumínio e ocorrências e/ou indícios de cromo, cobre, zinco e estanho, entre outros.

ABSTRACT

The geologic landscape at Serra dos Carajás Sheet encloses portions of Southern Pará granite-greenstone terrain, Itacaiúnas and Araguaia Belts as well as Proterozoic litho-structural components.

The granite-greenstone terrain is formed by supracrustal (Tucumã Group) and granitoid rocks (Rio Maria Units) with foliated rock strings, most of them oriented as NW-SE. It shows medium magnetic relief and low radiometric levels due to metamafic-ultramafic sequences and the high Na granitoids intrusions.

The Itacaiúnas Belt covers over 80% of the investigated area; it is characterized by two distinctive litho-structural domains. At southern domain prevails small belts and lenses of Xingu and Pium Complexes, sheet granite Plaquê and Sapucaia Group which related themselves through out an imbricated system of ductile thrusts plunging to the south. Such a strong imbricating process, which led to mineralogical changes of amphibolite facies, is clearly evi-

dent on aerogeophysical maps. The northern domain includes Grão-Pará and Rio Novo Groups and Estrela Gneiss, which are related to a WNW-ESE sinistral transcurrent system. Important geophysical anomalies and geochemical associations are related to this domain.

The Araguaia Belt encloses a small portion of Tocantins Group which thrusts up Itacaiunas Belt rock units at the SE corner.

The Proterozoic componentes are represented by a series of anorogenic granitic intrusions shown by distinctive aerogamaspectrometric anomalies.

Fanerozoic rocks includes extensive lateritic-aluminous covers as well as elluvial, colluvial and alluvial deposits which are gold bearing in many cases.

The well known metalogenetic characteristics includes gold, iron, manganese, nickel and aluminum mines and/or deposits and several mineral occurrences mainly cromium, tin, copper and zinc.

PARTE I

INTRODUÇÃO

Capítulo 1

Aspectos Gerais

por
Orlando José Barros de Araújo e
Raimundo Geraldo Nobre Maia

1.1 Apresentação

O presente texto explicativo contém as informações obtidas no decorrer do mapeamento geológico, na escala 1:250.000, da folha SB.22-Z-A (Serra dos Carajás), no contexto do Programa Grande Carajás. Executado para o DNPM, conforme a Solicitação de Serviço nº 022 de 11.06.1985, o referido trabalho é parte integrante do Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás – Subprojeto Recursos Minerais (figura I.1.1).

Compõe este trabalho um texto explicativo e duas cartas: geológica e metalogenético-previsional. Em forma de cartograma, incorpora-se ao texto um mapa sugerindo ações governamentais (figura II.7.2); o restante da documentação, como mapas de serviço e fichas de campo e/ou analíticas, pode ser consultado através dos arquivos do sistema DNPM/CPRM.

Na oportunidade, externamos nossos agradecimentos à Direção da DOCEGEO – Distrito Amazônia, pelos dados fornecidos sobre a área, e pelas discussões e apoio logístico, principalmente quando da efetivação dos trabalhos na região da serra dos Carajás. Do mesmo modo, agradecemos à Fundação Nacional do Índio – FUNAI, através da Superintendência de Belém e Residência de Marabá, pelo apoio aos trabalhos na Reserva Indígena dos Chicrins (Catetés).

1.2 Localização e vias de acesso

A folha Serra dos Carajás (SB.22-Z-A), situada na região sudeste do estado do Pará, é limitada pelos paralelos 6°00' e 7°00' de latitude sul, e pelos meridianos 49°30' e 51°00' de longitude WGr (figura I.1.2). Abrange uma superfície de aproximadamente 18.000km², com cerca de 80% dentro do município de Parauapebas, e o restante, dividido entre os municípios de Curionópolis, Xinguara e São Félix do Xingu.

O acesso à área pode ser feito através de vias fluvial, aérea e rodoviária (figura I.1.3).

O acesso fluvial, a partir de Marabá, inclui os rios Tocantins, Itacaiúnas, Vermelho e Parauapebas, utilizando-se apenas barcos impulsionados por motores de popa. Esse meio de transporte é difícil, em qualquer época do ano, em virtude de inúmeros trechos com corredeiras e cachoeiras.

O acesso por via aérea pode ser feito a partir de Belém, até a serra dos Carajás, através de vôos regulares das empresas Brasil Central – que utiliza aviões turboélice Bandeirante e Fooker – e Varig/Cruzeiro – com aeronaves do tipo Boeing 737.

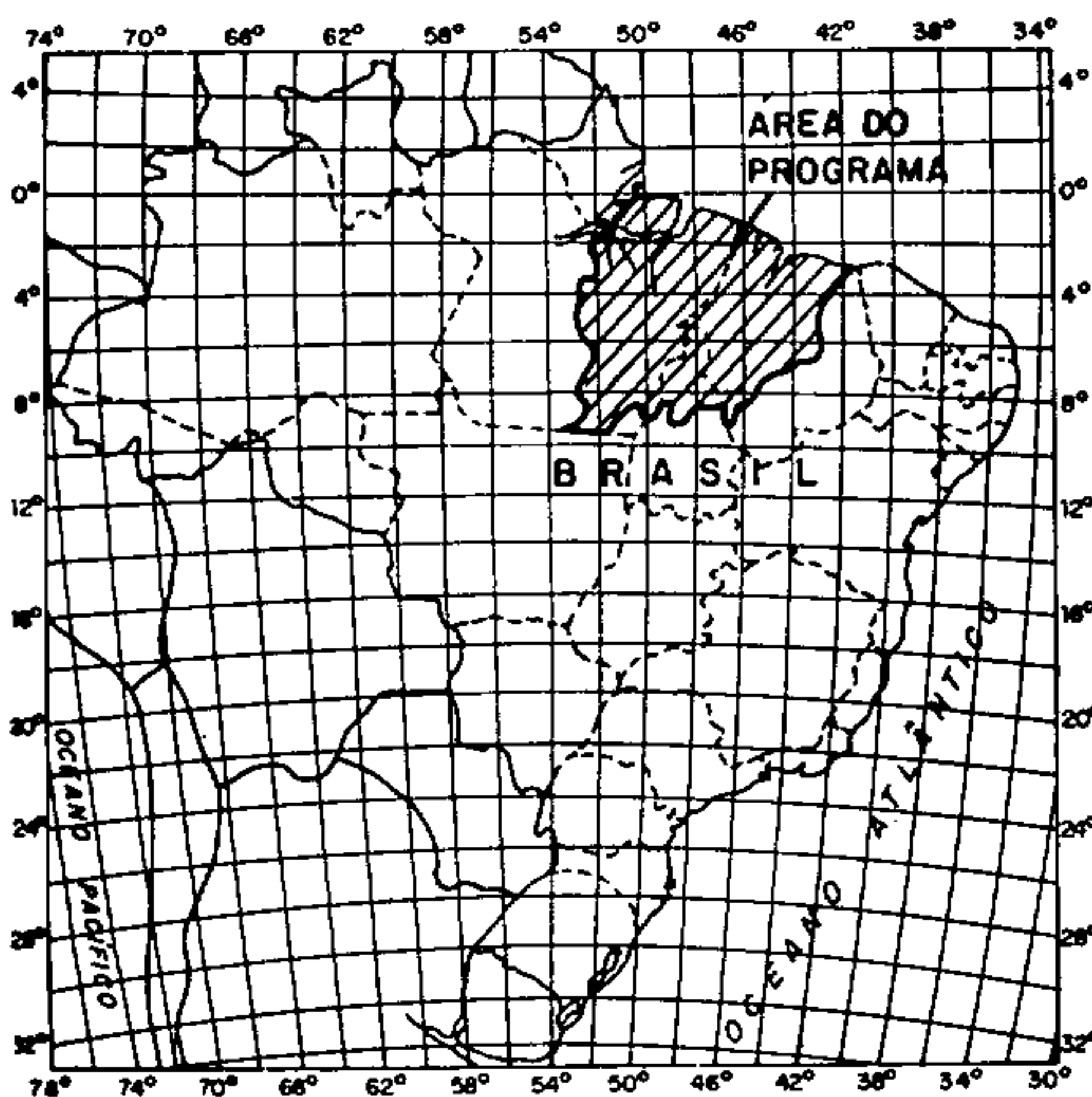


Fig. I.1.1 – Localização da área.

4 Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

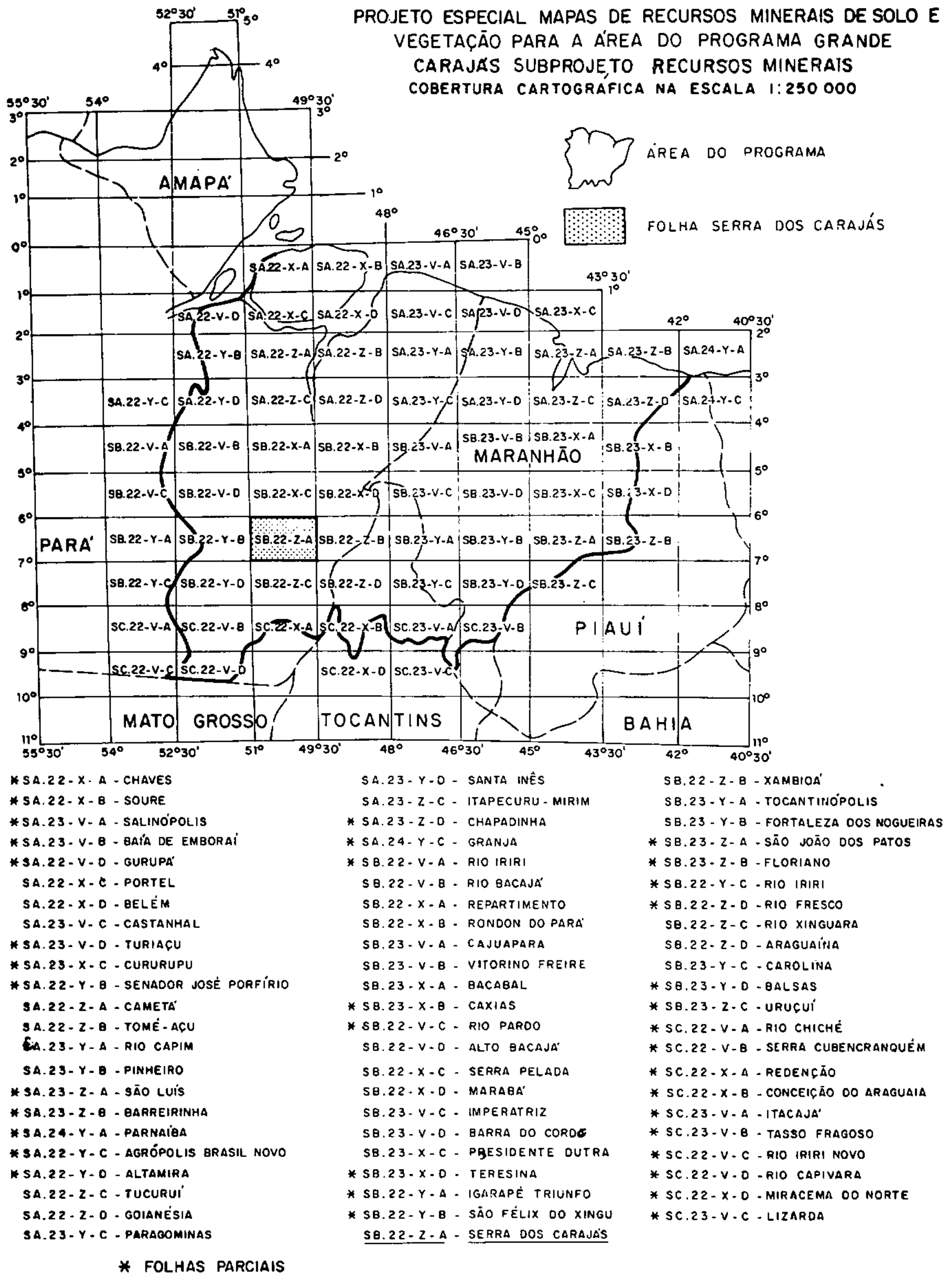
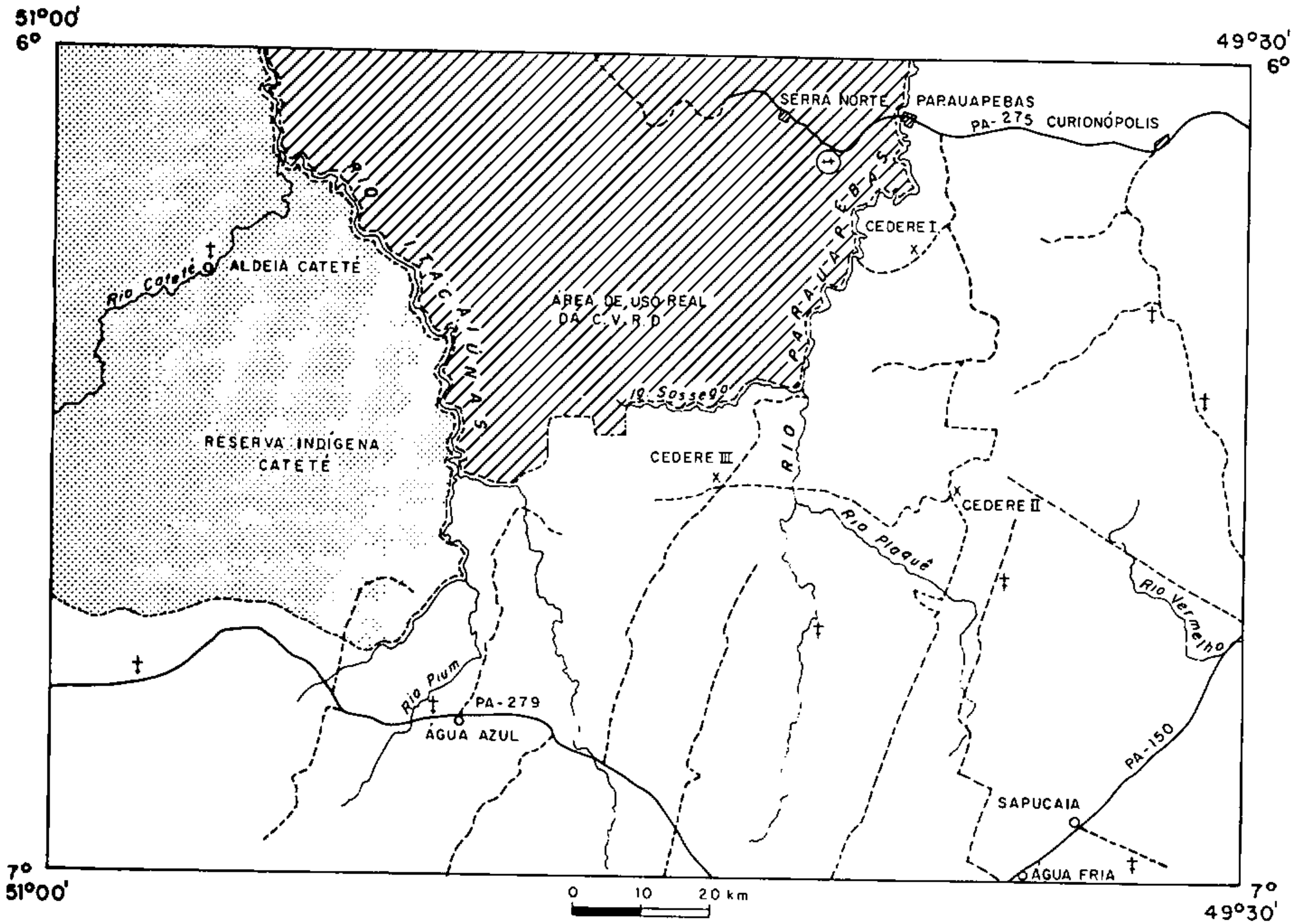


Fig. 1.1.2 - Cobertura cartográfica na escala 1:250.000.



LEGENDA

- | | | | |
|---|---|--------|--------------------|
| ▣ | Cidade | PA-150 | Estrada Principal |
| ⊗ | Aeroporto | --- | Estrada Secundária |
| † | Pista de Pouso | ↘ | Drenagem Principal |
| ○ | Vila | | |
| x | Centro de Desenvolvimento Regional (CEDERE) | | |

Fig. I.1.3 – Infra-estrutura e acesso na folha Serra dos Carajás.

O acesso rodoviário, a partir de Belém, pode ser feito através da BR-010 até o entroncamento com a PA-070, que leva à cidade de Marabá. A partir de Marabá, pela PA-150 alcança-se a PA-275, que corta a folha em sua porção norte, até a serra dos Carajás, totalizando um percurso aproximado de 800km. A partir de Xinguara, através da PA-279, pode-se alcançar o limite sul da folha. No entanto, o deslocamento rodoviário mais rápido pode ser feito diretamente a partir de Belém, através da PA-150, desde que as duas necessárias travessias de balsa estejam normalizadas.

Dentro dos limites da folha dispõe-se de uma rede muito boa de estradas vicinais, mormente nos setores fora da Reserva Indígena Cateté. Essas vicinais ligam-se às rodovias PA-150, PA-275 e PA-279, através das quais, principalmente na estação seca, alcança-se sedes de fazendas e núcleos populacionais.

1.3 Aspectos fisiográficos

1.3.1 Clima

A folha Serra dos Carajás está inserida numa área de clima do tipo Am, segundo a classificação de Köpen, que é baseada principalmente nas precipitações pluviométricas e temperaturas. Esse tipo de clima é descrito como tropical-úmido de monção com precipitação excessiva durante alguns meses, o que compensa a ocorrência de um ou dois meses com precipitações inferiores a 60mm.

Segundo a classificação climática de Thorntwaite, que considera os índices representativos de umidade, aridez e eficiência térmica, os quais são derivados diretamente da precipitação e temperatura, a folha Serra dos Carajás se enquadra em uma região de clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico com concentração de verão sempre inferior a 48%.

De acordo com os dados extraídos do *Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*, preparado pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM, através do Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia – PHCA, publicado no ano de 1984, a região onde se situa a folha em estudo apresenta uma temperatura média mínima anual de 10°C a 26°C e média máxima de 25°C a 35°C. A umidade relativa média anual é de 85% e a insolação média anual, que mede o número mensal de horas de exposição de um ponto, é de 1.800 horas, sendo os meses mais ensolarados os de junho a novembro.

O índice pluviométrico médio para esta folha, segundo dados do DNAEE, extraídos das estações localizadas em N-5 (serra dos Carajás), fazendas Santa Elisa e Caiçara, no ano de 1987 foi de 152,6mm e em 1988 de 160,5mm, sendo os meses de junho a setembro os mais secos.

1.3.2 Hidrografia

A área da folha Serra dos Carajás situa-se no interflúvio Araguaia-Xingu.

O sistema hidrográfico é representado predominantemente pelas bacias dos rios Parauapebas e Itacaiúnas.

O rio Parauapebas, tributário pela margem direita do rio Itacaiúnas, tem suas nascentes a sul dos limites da folha, atravessando-a no sentido aproximadamente S-N. Apresenta ao longo do seu curso cachoeiras e corredeiras, que dificultam a navegação, mesmo utilizando-se barcos de pequeno porte. Seus principais afluentes são os igarapés Canastrão e Sossego, pela margem esquerda, e rio Plaquê pela margem direita.

Com as nascentes dentro dos limites da folha, na sua porção sul, o rio Itacaiúnas, tributário pela margem esquerda do rio Tocantins, corta a folha no sentido geral S-N, até alcançar a serra Sul e, a partir daí, sofre inflexão para NW e prossegue bordejando a serra, retornando posteriormente ao sentido S-N, já próximo ao limite norte da folha. Os seus principais afluentes encontram-se na margem esquerda: rios Pium, Cateté e Tucum e igarapé Piranhas. A navegabilidade, também no rio Itacaiúnas, só é possível com barcos de pequeno porte, devido à presença de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

1.3.3 Vegetação

A área da folha Serra dos Carajás é revestida por uma vegetação bastante heterogênea onde, segundo estudos de Veloso et al. (1974), domina a floresta aberta com encraves de floresta/cerrado e, secundariamente, a floresta densa, nas áreas com maiores altitudes.

Ainda, segundo dados do Projeto RADAM, a folha Serra dos Carajás comporta cinco tipos de vegetação, a saber:

a) Floresta Densa Montana – estende-se na área da serra dos Carajás; caracteriza-se por árvores de grande porte e copas amplas, intercaladas por espécies mais finas, implantadas em rochas do grupo Grão-Pará. Nesse tipo de floresta predomina o pau-preto (*Cenostigma Tocantins*).

b) Floresta Densa Submontana – compreende a região dos contrafortes mais baixos da serra dos Carajás e sítios arrasados que a circundam. É caracterizada por árvores de porte médio, bastante uniforme, onde predominam as quarubas (*Vochysias sp.* e *Erisma sp.*). Nos vales encontram-se as castanheiras (*Bertholetia Excelsa*), que se sobressaem e caracterizam o conjunto.

c) Floresta Aberta – ocupa mais de 50% da área da folha Serra dos Carajás em terrenos de rochas gnáissicas e de granitóides. Nessa região, o cocal e o cipoal aparecem intercalados nas depressões mais rasas com babaçuzais (*Orbigya Martiana*). As árvores de grande porte são escassas, destacando-se aqui as castanheiras. Hoje essa região encontra-se devastada pelo homem através de queimadas

para formação de pastagem e pela exploração indiscriminada de madeira, principalmente o mogno (*Swietenia sp.*).

d) Área de Mistura – ocorre principalmente ao sul da serra dos Carajás; caracteriza-se por uma vegetação densa e baixa, que lembra o cerrado.

e) Vegetação Esclerófila – ocupa as porções onde ocorrem as formações ferríferas, mostrando um aspecto arbustivo esparso, com um tapete formado por ervas tenras e ciperáceas delicadas.

1.3.4 Solo

De conformidade com os dados extraídos de Rosatelli et al. (1974), na folha Serra dos Carajás, de um modo genérico, pode-se distinguir os seguintes tipos pedológicos: latossolos, solos podzólicos e solos litólicos.

Latossolos – ocupam estritamente a região da serra dos Carajás e desenvolvem-se predominantemente sobre as rochas vulcanomáficas (basaltos). Trata-se de solos profundos com fertilidade natural baixa; são friáveis, bastante porosos e permeáveis. Relacionam-se com relevos ondulados e fortemente ondulados, sob vegetação de floresta densa.

Solos podzólicos – desenvolvem-se, generalizadamente, em todos os quadrantes da folha, ocupando cerca de 70% de sua área. São solos ácidos, predominantemente de fertilidade baixa, textura argilosa, desenvolvidos em relevos suave a fortemente ondulados, sob um tipo de floresta mista de babaçu e de floresta aberta.

Solos litólicos – ocorrem como manchas dentro da superfície de ocorrência dos solos podzólicos. Suas características são de solos bastante rasos e fertilidade variável, dependendo do protólito de que foram originados. Estão relacionados a um relevo montanhoso, fortemente ondulado e em áreas aplainadas. A vegetação característica é do tipo arbórea.

1.4 Geomorfologia

1.4.1 Metodologia e material utilizado

Para a análise do relevo da folha Serra dos Carajás foram utilizadas informações obtidas por Boaventura et al. (1974), além das observações efetuadas através do mapeamento geológico da referida área. No entanto, todas essas informações foram adaptadas e analisadas basicamente segundo a metodologia proposta por Ponçano et al. (1979), que se baseiam no conceito de Sistemas de Relevo. A definição desses sistemas fundamenta-se na caracterização de áreas com atributos físicos próprios

(Cooke & Doornkamp, 1974). Desse modo, unidades e elementos de relevo foram caracterizados e agrupados em conjuntos de formas com relevos semelhantes, denominados Sistemas de Relevo.

Na definição das características das unidades de relevo de cada sistema, alguns critérios foram analisados e integrados. Destes, os principais foram:

- amplitude das formas – esse critério diz respeito à altura máxima entre os topos e os vales maiores adjacentes;
- declividade das encostas – refere-se à inclinação média do perfil, expressa em porcentagem;
- perfil das vertentes – relaciona-se ao tipo e intensidade de curvatura, podendo ser côncavo, convexo, retilíneo ou conjugado;
- extensão dos topos – extensos ou restritos;
- forma dos topos – aplainados, arredondados, angulosos;
- densidade de drenagem – alta, média e baixa;
- padrão de drenagem – dendrítico, paralelo, retangular, pinado, treliça e outros;
- forma dos vales – abertos ou fechados;
- planícies aluvionares interiores – desenvolvidas ou restritas;
- drenagens fechadas – existência ou não;
- ravinamento nas vertentes – existência ou não.

Para a definição da maioria desses atributos, foram utilizadas cartas planialtimétricas do Ministério do Exército na escala 1:100.000, mosaicos de radar na escala 1:250.000, e imagens de satélite MSS e TM-5 em escalas 1:100.000 e 1:250.000. A base geológico-geotectônica produzida pelo programa serviu de apoio para a integração dos Sistemas de Relevo com os ambientes geológico-geotectônicos, bem como para a correlação de algumas feições particulares de relevo ligadas a determinadas unidades geológicas.

1.4.2 Unidades geomorfológicas

A megaestruturação arqueana, algumas estruturas proterozóicas e a análise integrada dos atributos físicos, relacionados no subitem anterior, permitem esboçar para a folha Serra dos Carajás os seguintes sistemas de relevo (figura I.1.4):

1) Relevo de serras

Esse sistema, que aproximadamente limita a superfície de erosão do planalto dissecado do sul do Pará (Boaventura et al., op. cit.), é caracterizado por conjuntos com cotas superiores a 200m, e pode ser dividido em dois domínios principais, que ocorrem fundamentalmente nas porções centro-norte e sul-sudoeste da folha (foto I.1.1).

A) No domínio centro-norte, há quase total correspondência territorial com as áreas de ocorrência de

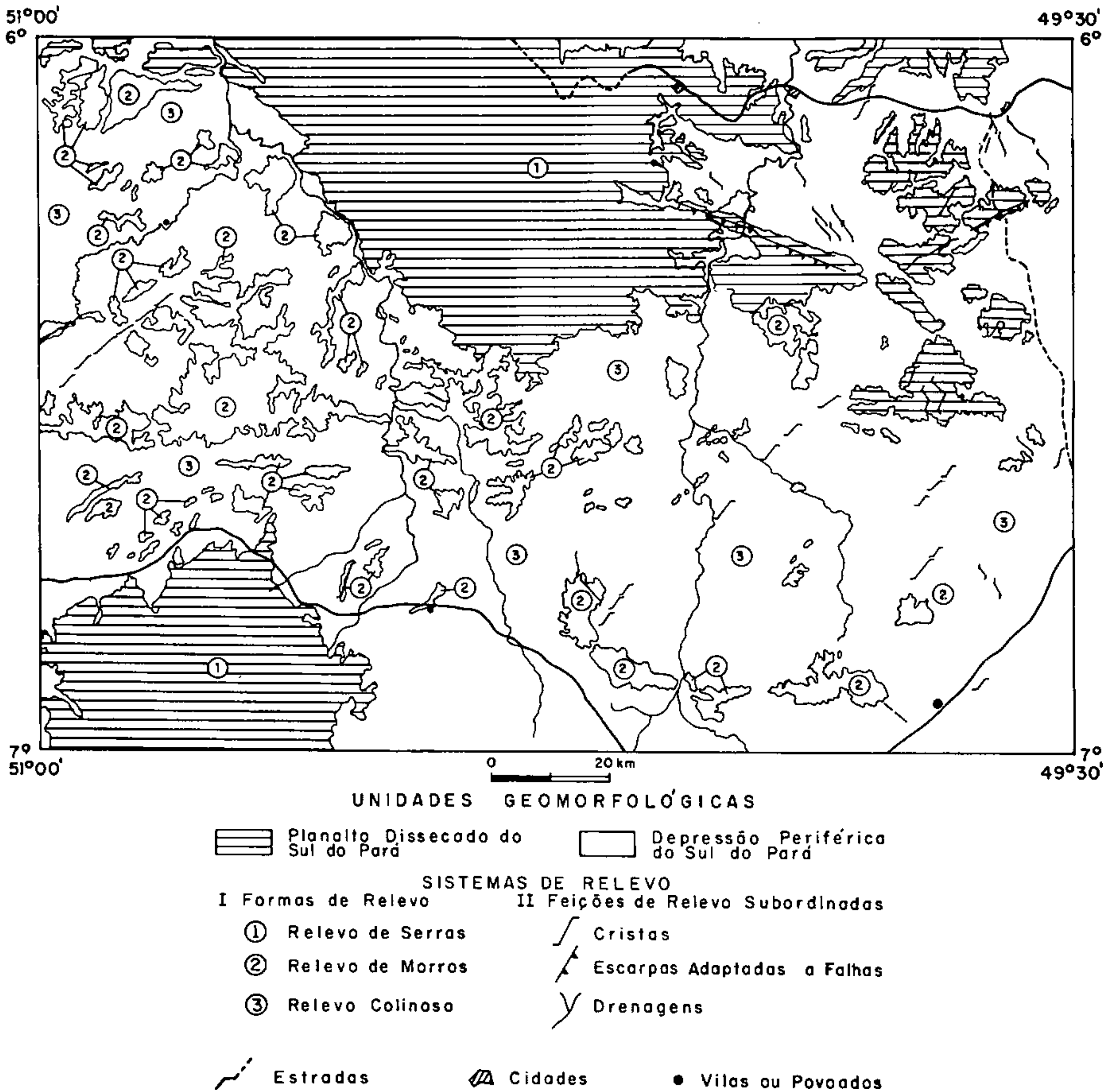


Fig. 1.1.4 – Esboço geomorfológico (adaptado do Projeto Radam, 1974)

unidades rochosas de idade arqueana, pertencentes aos grupos Grão-Pará e Rio Novo. Localmente, o domínio é controlado pelo expressivo falhamento NW-SE denominado Carajás, e, em geral, é assim caracterizado:

Exibe um relevo de serras, com amplitude média de 300m, alcançando valores superiores a 400m, equivalendo a cotas reais de 700m. Nesse domínio, internamente, as porções de menores amplitudes correspondem à área de ocorrência de granito de idade proterozóica. Constituem destaque topográfico as serras Norte e Sul. A declividade

do domínio é predominantemente alta (20%) e localmente média (9-20%) nas encostas inferiores das elevações. O perfil das vertentes é predominantemente retilíneo, apresentando-se ocasionalmente com formato côncavo ou convexo. Os topos são essencialmente extensos, com formatos aplainados, tendendo localmente a tabulares. São pouco identificados os topos de forma arredondada, e mais restritos ainda aqueles de forma angular, ocorrentes apenas no flanco SW da serra dos Carajás, e na extremidade SE, na serra do Rabo.

A densidade de drenagem no conjunto é, em geral, média, ocorrendo isoladamente densidade alta na região do alto curso do igarapé Grota Verde, integrante da bacia hidrográfica do rio Vermelho, afluente da margem direita do rio Itacaiúnas.

Em todo o domínio há registro de um padrão dendrítico e os vales observados são essencialmente fechados, em forma de V. Apenas localizadamente são registrados vales em U e as planícies aluvionares interiores, quando existentes, encontram-se restritas a essas porções.

A existência de drenagens interiores é marcada pela presença de algumas lagoas, suportadas pelas formações ferríferas do grupo Grão-Pará; é comum a presença de ravinamento nas encostas dos perfis topográficos, principalmente nos flancos da megaestrutura que constitui a serra dos Carajás.

B) O domínio sul-sudoeste corresponde, em sua maior extensão, aos granitos anorogênicos de idade proterozóica, constituintes da serra da Seringa. Pequena expressão desse domínio pode ser identificada também na porção NE da folha, correspondendo à parte da unidade geológica denominada gnaiss Estrela.

O relevo geral é constituído de morros com amplitudes médias variando em torno de 100m, alcançando porém valores máximos de 300m, equivalendo a cotas reais de 600m. As declividades apresentadas são sempre altas, e médias nas encostas inferiores das elevações. Os perfis das vertentes apresentam-se sempre conjugados côncavo-convexo, predominando ora um, ora outro. Os topos desse conjunto são predominantemente restritos, aparecendo apenas eventualmente topos extensos ou alongados. São comuns os arredondados, aplainados e até angulares, ocorrentes alternada ou isoladamente.

A densidade de drenagem é basicamente média, exibindo padrão predominantemente dendrítico, por vezes paralelo, em consequência de controle estrutural. Esse padrão é verificado no alto curso do rio Cateté e em seus principais formadores da margem esquerda.

Os vales observados são predominantemente fechados e as ocorrências de vales em U são restritas. Planícies aluvionares interiores são em geral bastante localizadas e de pequeno porte, correspondendo a pequenas faixas ao longo dos rios Branco, Cateté, Seco, Água Azul, Água Preta e alto Itacaiúnas.

Nesse domínio não são identificadas drenagens fechadas; há presença de ravinamento associado principalmente ao relevo topográfico da serra da Seringa.

2) Relevo de morros

Esse sistema, que em conjunto com aquele de relevo colinoso, constitui a denominada depressão periférica do sul do Pará (Boaventura et al., op. cit.), ocorre na porção mais central a centro-oeste da folha.

É caracterizado pela presença de morros com serras restritas, por vezes alongados ou alinhados, e muitas vezes isolados. Tal sistema de relevo corresponde à porção mais movimentada de um sistema estrutural imbricado, onde compõem unidades rochosas pertencentes aos complexos Xingu (gnaisses e migmatitos) e Pium (granolitos), granito estratóide Plaqué e restos de supracrustais, correlatas ao grupo Sapucaia, num arranjo geral de lenticularização e imbricação com postura orientada num *trend* WNW-ESE.

Nesse relevo as amplitudes são da ordem de 300m, alcançando localmente cotas de até 500m, como nas serras Arqueada e Parauapebas. As declividades situam-se de média a alta, com perfis conjugados côncavo-convexos. Os topos são geralmente arredondados, aplainados ou até angulares localmente.

A densidade de drenagem apresenta-se média, exibindo padrões dendríticos, por vezes paralelos, em consequência de controle estrutural.

Os vales são em geral fechados e raramente em forma de U. Planícies aluvionares são restritas e de pequeno porte, mesmo em rios maiores como o rio Seco, afluente do Cateté pela margem direita. Não há evidência de drenagens fechadas; localmente, observa-se o desenvolvimento de um ravinamento mais intenso, principalmente nos segmentos alongados e linearizados relacionados aos xistos do grupo Sapucaia.

3) Relevo colinoso

Esse sistema recobre a porção mais aplainada da folha Serra dos Carajás, situada notadamente no seu contexto mais central a centro-leste. Geologicamente corresponde à parte mais arrasada do regime compressivo do cinturão Itacaiúnas, onde há generalizada lenticularização de granolitos do complexo Pium, xistos do grupo Sapucaia e granitos estratóides Plaqué encaixados num contexto gnáissico-migmatítico do complexo Xingu.

A topografia desse domínio caracteriza-se por cotas com valores em torno de 200m, com as maiores elevações atingindo 300m e as menores situadas num patamar de 170m, mais freqüentes na porção SE da folha. O relevo é fundamentalmente colinoso aplainado. A declividade é predominantemente baixa, mesmo nas encostas das raras elevações desse domínio. O perfil das vertentes, em consequência das baixas amplitudes e declividades, nas raras encostas, quando presente, mostra-se retilíneo. Os topos são esparsos e restritos, e muito localizados. Quando presentes, podem exibir formas variadas, em consequência dos tipos rochosos que os suportam, desde arredondados (granolitos e granitóides) a angulosos (xistos).

A densidade das drenagens é em geral média; todavia, localizadamente ocorrem núcleos com densidade alta nos altos cursos do rio Plaqué e igarapés Goiaba e Água Azul, todos integrantes da bacia hidrográfica do rio

Parauapebas. O padrão de drenagem dominante é essencialmente dendrítico, ocorrendo localmente alguma variação para subdendrítico.

Nesse sistema há predominância de vales abertos, apesar de sua pouca magnitude. Vales fechados são mais restritamente identificados, mas estão presentes onde há localizada movimentação do relevo.

As planícies aluvionares, ainda que mais freqüentes, são em geral de pequenas dimensões e apresentam *flats* estreitos. Localizam-se preferencialmente em trechos dos rios Parauapebas, Verde, Plaquê, Vermelho, Itacaiúnas, Tucum, Cateté, Seco, Água Azul e Água Preta, e nos igarapés Surubim, Sapucaia, Água Fria, Sossego, Sosseguinho, Arara, Goiaba e Piranha.

Nesse domínio aplainado observa-se a presença de raros lagos de pequenas dimensões, localizados nas bacias hidrográficas dos rios Vermelho e Pium. Do mesmo modo, os discretos ravinamentos existentes referem-se a porções do domínio, onde é registrada a presença de relevos residuais.

1.5 Aspectos socioeconômicos

A folha Serra dos Carajás, localizada no sul do estado do Pará, manteve-se historicamente ligada ao extrativismo.

A ocupação da região teve início no século passado, quando fazendeiros dos estados de Goiás e Maranhão para lá se deslocaram em busca de pastagens naturais. Porém, ao depararem-se com a floresta, desvirtuaram suas atividades para o extrativismo, iniciado então com a castanha-do-pará.

Em fins do século passado e durante as primeira e segunda décadas do século XX, a febre da borracha passou a exercer uma forte atração aos imigrantes, sempre imbuídos do sonho do enriquecimento fácil. Em decorrência desse fato, surgiu a cidade de Marabá em 1913, passando a ser a sede do município, em plena ascensão do chamado ciclo da borracha.

Com a queda do preço da borracha no mercado internacional, Marabá se tornou, nos primórdios da década de 1920, o primeiro produtor de castanha do estado do Pará.

Durante um longo período, devido principalmente ao isolamento, a economia regional, de característica sazonal, passou por um sistema de aviamento, completada por uma agricultura de subsistência, bem como se desenvolveu também uma atividade pecuária, de um modo mais sistemático, efetuando-se derrubadas para a implantação de pastagens artificiais.

Ainda nesse período, outra atividade passou a fazer

parte da fixação do homem na região – a garimpagem.

A partir do ano de 1970, a estrutura econômica da região teve um grande impulso, com a construção de um ramal rodoviário ligando o município de Marabá à rodovia Belém-Brasília, e com a implantação de projetos de exploração mineral no distrito de Carajás, de importância estratégica para o país. Com isso, houve a instalação de infra-estrutura e a geração de energia a custo baixo, com a construção da Hidroelétrica de Tucuruí. Outra obra de importante aspecto socioeconômico foi a construção da estrada de ferro Carajás, para escoamento da produção.

A extração de madeiras como o mogno, a andiroba, a sucupira e a ucuuba, para exportação e mercado interno, foi outra atividade que obteve um grande desenvolvimento a partir da década de 1970.

Atualmente, nos limites da folha Serra dos Carajás, os centros socioeconômicos mais importantes são: Curionópolis, Parauapebas e o Núcleo Habitacional de Serra Norte, todos localizados ao longo da rodovia PA-275.

Curionópolis e Parauapebas possuem agências bancárias, correios, escolas de primeiro grau, hospitais, posto telefônico via DDD, televisão via satélite, rede de energia elétrica, hotéis e pousadas.

O Núcleo Habitacional de Serra Norte, no distrito de Carajás, pertence à Companhia Vale do Rio Doce – CVRD e serve principalmente aos seus funcionários. Possui um aeroporto com pista asfaltada, capacitado para receber aeronaves do tipo Boeing 737, agência bancária, escolas de primeiro e segundo graus, hospital, agência dos Correios e Telégrafos, telefone urbano e interurbano via DDD, televisão via satélite, energia elétrica e hotel.

A ligação entre esses centros, por via rodoviária, é feita pela Empresa Transbrasiliana.

Outros núcleos populacionais, como as vilas Sapucaia e Água Fria, na PA-150, não possuem energia elétrica; a vila Água Azul, localizada na PA-279, possui apenas um posto telefônico com gerador próprio, para ligações interurbanas via DDD.

As principais atividades econômicas se limitam à pecuária de corte, onde se encontram instaladas cerca de 40 fazendas, à extração de madeira, principalmente o mogno, e à garimpagem de ouro com mais de quatro dezenas de garimpos espalhados na área.

Em termos de agricultura, o antigo INCRA implantou Centros de Desenvolvimento Regional, denominados de CEDERE I, II e III, para o assentamento de colonos. Essa atividade, na sua grande maioria, é de subsistência, com produção de arroz, feijão, mandioca, milho e banana. A produção excedente ao consumo tem sempre um escoamento dificultado.

Capítulo 2

Histórico do Programa

por
Raimundo Geraldo Nobre Maia

A folha Serra dos Carajás faz parte do Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação, para a Área do Programa Grande Carajás. A área do programa é limitada, aproximadamente, pelos paralelos 9° e 0°S e os meridianos 42° e 52°WGr, abrangendo parte dos estados do Pará, Maranhão e Tocantins; ocupa uma superfície de 840.000km².

Esse programa visa, principalmente, a fornecer subsídios que facilitem o desenvolvimento socioeconômico, amenizem os processos de degradação ambiental e minimizem os riscos de investimentos nas áreas de exploração mineral e projetos de desenvolvimento agropecuário e florestal.

Face à multidisciplinaridade dos trabalhos, esse programa contará, na sua execução, com técnicos dos seguintes órgãos governamentais: DNPM, CPRM, EMBRAPA, IBDF, COCAR, IBGE e INPE.

Para que os resultados básicos sejam alcançados em seu detalhamento, o programa foi dividido nos seguintes subprogramas:

- Mapas Geológicos, Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, cobrindo toda a área, na escala 1:250.000.

- Levantamento de Solos e Zoneamento Pedoclimático, desenvolvido em dois níveis, com reconhecimento de média intensidade na escala 1:250.000, com

seleção de áreas para detalhamento na escala 1:100.000 e pesquisa geral de solos da área na escala 1:1.000.000;

- Mapeamento da Vegetação, Inventário Florestal e Monitoramento, na escala 1:250.000, e o inventário em 8 pólos, num total de 197.550km², na escala 1:100.000;

- Sistema de Informação Geográfica, para armazenamento e recuperação das informações, ao mesmo tempo que facilite e acelere a divulgação requerida pelos usuários;

- Interpretação Automática de Imagens de Satélite, para aplicação nos subprogramas de levantamentos de campo, através da pesquisa de métodos e treinamento de pessoal na interpretação dessas imagens.

A responsabilidade do primeiro subprograma cabe ao DNPM e está sendo executado pela CPRM.

Os demais subprogramas ainda não foram implementados, e são de responsabilidade da EMBRAPA, IBDF, COCAR, IBGE e INPE.

A folha Serra dos Carajás, por conter o distrito de Carajás e também pela sua importância dentro da província mineral do sul do Pará, foi a pioneira no âmbito do Programa Grande Carajás, no estado do Pará, sendo selecionada e concebida através da solicitação de serviço DNPM/DGM/CPRM nº 022/85. Dessa forma, a sua própria localização tornou-se a principal justificativa para a escolha.

Capítulo 3

Metodologia de Trabalho

por
Raimundo Geraldo Nobre Maia e
Orlando José Barros de Araújo

De acordo com o previsto no subprograma Mapas Geológicos, Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, para a Área do Programa Grande Carajás, além do texto, os produtos finais a serem apresentados para alcançar os objetivos são:

- Carta Geológica.
- Carta Metalogenético-Previsional.
- Cartograma Orientativo para Planejamento de Ações Governamentais (figura II.7.2).

De um modo geral, os produtos finais citados são o resumo dos estudos integrados de vários documentos individuais de grande importância, e convergem para os mesmos objetivos. Esses documentos, também chamados produtos intermediários, ou mapas temáticos, ou de serviço ou analíticos, compreendem:

- Mapa Tectonostrutural.
- Mapa Litoambiental.
- Mapa Geofísico.
- Mapa Geoquímico.
- Mapa de Recursos Minerais.

A metodologia de trabalho empregada na folha Serra dos Carajás, após a aquisição da documentação, constou inicialmente das interpretações temáticas individualizadas, utilizando-se para isso a bibliografia junto com os mapas geológicos anteriores, fotografias aéreas convencionais, mosaicos de radar, imagens de satélite, mapas aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos.

Em seguida, foi gerado um Mapa Geológico Preliminar, de caráter multidisciplinar integrado, resultante da interpretação associada de todos os parâmetros citados no parágrafo anterior.

A partir desse mapa, foram feitas a programação

otimizada das seções geológicas preferenciais e a programação para o levantamento geoquímico regional.

A programação das seções geológicas preferenciais objetivou a execução de um detalhamento compatível com a escala de apresentação, não apenas enfocando a cartografia geológica, mas, e substancialmente, o entendimento do arranjo geométrico das unidades e dos processos evolutivos crustais.

Durante os trabalhos de campo, realizados em duas etapas: a primeira, no período de setembro a novembro/86 e a segunda de junho a novembro/87, foram levantadas, além das seções programadas, outras adicionais, onde foram descritos em detalhe os afloramentos, obedecendo-se às normas vigentes na CPRM, com as adaptações exigidas para o preenchimento de ficha para sua implantação no SIGA - Sistema de Informações Geológicas do Brasil. Do mesmo modo e sincronizado com os levantamentos geológico e geoquímico, um amplo cadastramento de ocorrências minerais foi efetuado.

No curso e ao término de cada etapa de campo, eram selecionadas as amostras para fins de análises laboratoriais; assim como o mapa preliminar, resultante da interpretação inicial, era reavaliado.

Ao final da segunda etapa de campo, de posse de todos os dados, executou-se novamente uma interpretação multidisciplinar integrada, da qual foi gerada a Carta Geológica.

Com a conclusão dessa carta, refizeram-se os mapas temáticos e, após a sua integração e compatibilização, elaborou-se a Carta Metalogenético-Previsional, bem como o cartograma orientativo de previsão para planejamento de ações governamentais.

PARTE II

**GEOLOGIA DA FOLHA SERRA
DOS CARAJÁS**

Capítulo 1

Trabalhos Anteriores e Contexto Geológico Regional

por
Orlando José Barros de Araújo, Raimundo Geraldo Nobre Maia e
Xafi da Silva Jorge João

Remonta à década de 1930, com Moraes Rego (1933), a primeira referência sobre a região, registrando-se então a presença de formação ferrífera na área.

Na década de 1960, os trabalhos de Barbosa et al. (1966), Ramos (1967), de geólogos da Companhia Meridional de Mineração (1967) e de Almeida et al. (1968) apresentam pela primeira vez aspectos geológicos de cunho regional, e por vezes prospectivos. São feitas descrições de litótipos, sugeridos agrupamentos rochosos em unidades, empilhamentos estratigráficos, bem como identificadas significativas seqüências ferríferas.

Nos anos 70, mais de duas dezenas de trabalho foram desenvolvidas na região, destacando-se alguns de cunho regional, como aqueles de Knup (1971), DOCEGEO (1972), Puty et al. (1972), Beisiegel et al. (1973), Silva et al. (1974), McCandles et al. (1975) e Isler (1977). Em todos eles, o enfoque principal sempre foi dado à descrição das rochas, agrupamentos em unidades, empilhamentos estratigráficos e correlações. Dobramentos sinclinais e anticlinais e falhamentos foram identificados, assim como esboçadas algumas compartimentações em nível de províncias geológicas.

Ainda na década de 1970, um número expressivo de trabalhos aborda alvos específicos, em geral descrevendo e discutindo a gênese das ocorrências minerais da província Carajás, como em Tolbert (1970), Suszczynski (1972), Rezende & Barbosa (1972), Anderson et al. (1974), Ruff et al. (1974), Barbosa (1976) Beisiegel & Farias (1978) e Valarelli et al. (1978).

Com fundamentos essencialmente geocronológicos Gomes et al. (1971, 1975), Amaral (1974), Basei (1974) e Amaral & Halpern (1975) tentaram estabelecer sucessão de eventos, montar quadro evolutivo e definir províncias geológicas.

Na década de 1980, inúmeros trabalhos foram desenvolvidos, restritos às áreas de pesquisa da DOCEGEO e domínio da serra dos Carajás, ou enfocando caracterizações petrogenéticas e geocronológicas de algumas unidades, como também aqueles essencialmente descritivos dos depósitos

minerais ali ocorrentes. Dentre outros relacionam-se os de Almeida (1980), Lindenmayer (1981), DOCEGEO (1981, 1984), Martins et al. (1982), Franco (1982), Meyer (1982), Hirata (1982), Montalvão et al. (1984), Ramos et al. (1984), Figueiras & Villas (1984), Ferreira & Danni (1985), Medeiros Neto & Villas (1985), Gibbs et al. (1986), Wirth et al. (1986), Huhn et al. (1986), Figueiras et al. (1987) e Dardenne et al. (1987). Outros trabalhos de cunho regional foram desenvolvidos, destacando-se os de Santos (1980), Santos et al. (1980, 1982), Dall'Agnol (1982), Bernardelli et al. (1982), Tassinari et al. (1982, 1984), Cordani & Brito Neves (1982), Montalvão et al. (1984), Bezerra (1984), Montalvão & Bezerra (1985) e DOCEGEO (1987). O fato é que em todos eles, além de aspectos litológicos puramente descritivos e interpretações geotectônicas baseadas em dados geocronológicos, a organização tectônica da Amazônia oriental sempre foi visualizada em termos de províncias estruturais (Almeida et al., 1968; Amaral, 1969, 1974; Lima, 1984) (figura II.1.1), com constituição e estruturação próprias. Paralelamente, Cordani & Brito Neves (1982) e Tassinari et al. (1987) propuseram a existência de vários cinturões móveis proterozóicos envolvendo núcleos cratônicos, baseados em datações radiométricas (figura II.1.2).

A interpretação de dados geofísicos (gravimétricos e magnetométricos), vinculada à informação geológica disponível, permitiu que Hasui & Haralyi (1985) e Hasui et al. (1984) visualizassem a estruturação antiga da Amazônia oriental a partir da articulação de blocos crustais denominados Belém, Araguacema, Juruena e Porangatu. As bordas dos blocos são definidas por anomalias gravimétricas positivas, por domínios magnéticos fortemente perturbados e por forte linearização das unidades rochosas. Nos seus núcleos compõem-se granitóides e seqüências vulcanossedimentares, tipo *greenstone-belts*, definindo domínios magnéticos pouco perturbados e isentos de anomalias gravimétricas. Com esse enfoque, distinguem-se os cinturões Araguaia, Itacaiúnas e alto Tapajós (Hasui et al., 1984) nas bordas do bloco Araguacema, e o terreno granito-*greenstone* do sul do Pará, no seu núcleo (figura II.1.3).

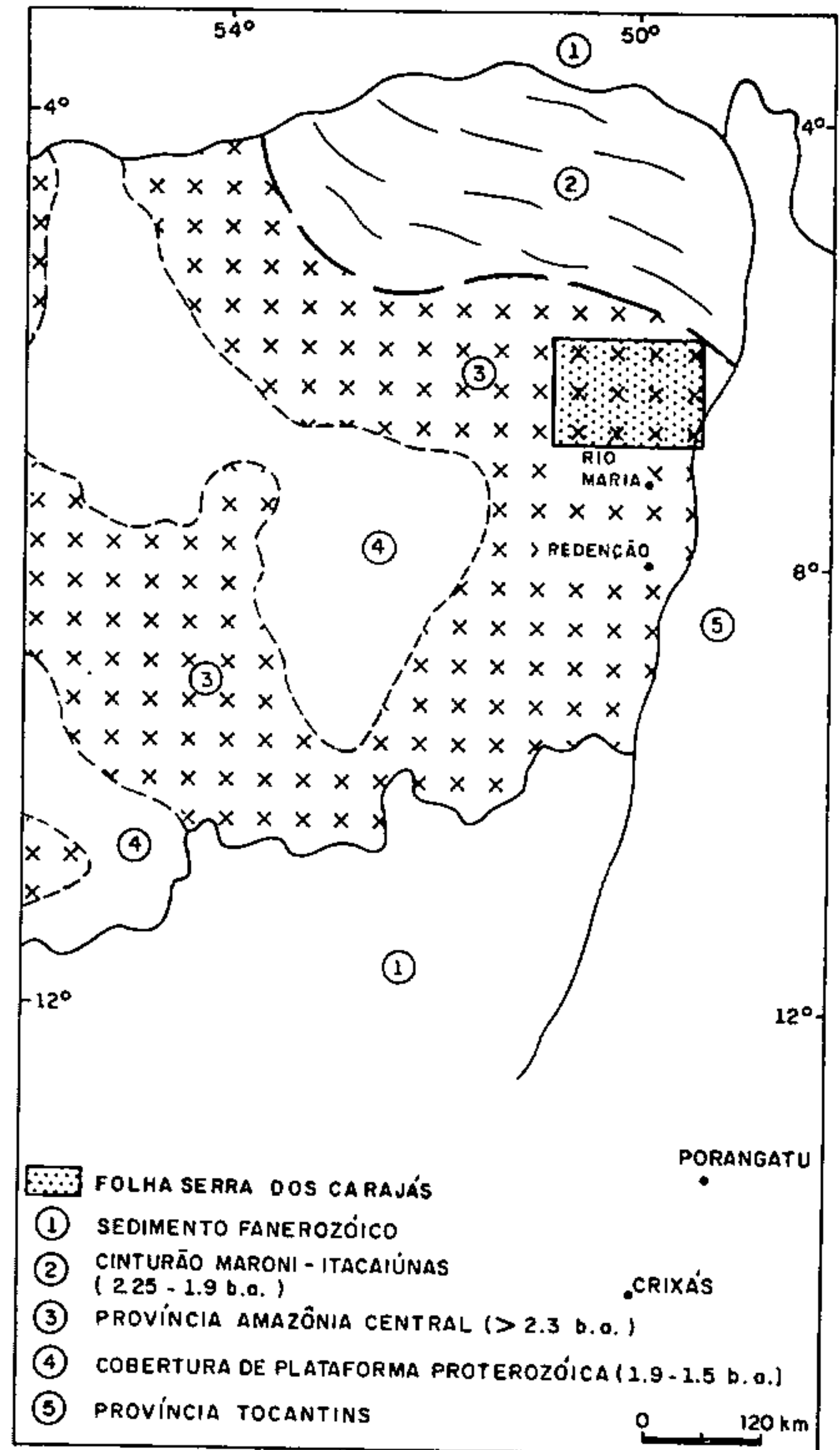
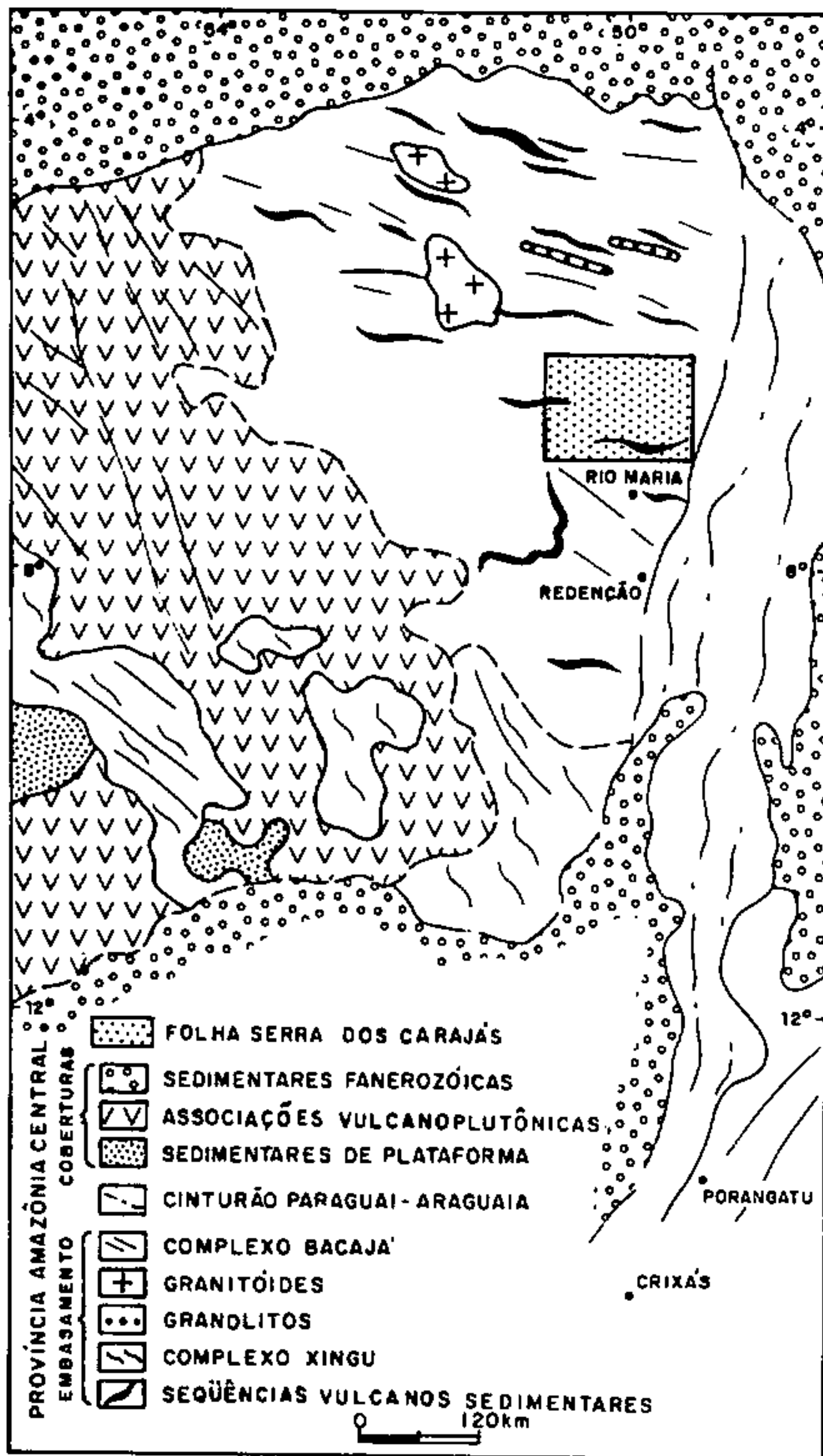


Fig. II.1.1 - Províncias geológicas do cráton Amazônico (adaptado e simplificado de Lima, 1984).

Fig. II.1.2 - Esboço geotectônico do cráton Amazônico (segundo Tassinari et al., 1987, adaptado de Cordani & Brito Neves, 1982).

Essa arquitetura crustal, implantada no final do Arqueano, foi parcialmente modificada no Proterozóico Médio pela instalação de unidades vulcanossedimentares e colocação de granitos vinculados a um evento de distensão regional com eixo em torno de NE-SW (Costa et al., no prelo).

A folha Serra dos Carajás encontra-se no contexto da articulação dos blocos Araguacema, Belém e Porangatu, e, portanto, inclui frações dos cinturões Araguaia e Itacaiúnas e do terreno granito-greenstone do sul do Pará (figura II.1.3). Alguns produtos litostruturais do Proterozóico Médio também comparecem dentro dos limites da área investigada.

turão Itacaiúnas ocupa mais de 80% da folha trabalhada (figura II.1.4), nele se distinguindo, a norte, um sistema transcorrente com seqüências vulcanossedimentares associadas e, a sul, um sistema imbricado oblíquo, caracterizado por forte lenticularização de rochas granolíticas, gnaisses diversos, granitóides e rochas supracrustais. O terreno granito-greenstone do sul do Pará e o cinturão Araguaia estão precariamente representados nos extremos sudoeste e sudeste da área (figura II.1.4).

As unidades geotectônicas mais antigas e os produtos litostruturais do Proterozóico Médio e do Fanerozóico serão descritos e caracterizados a seguir.

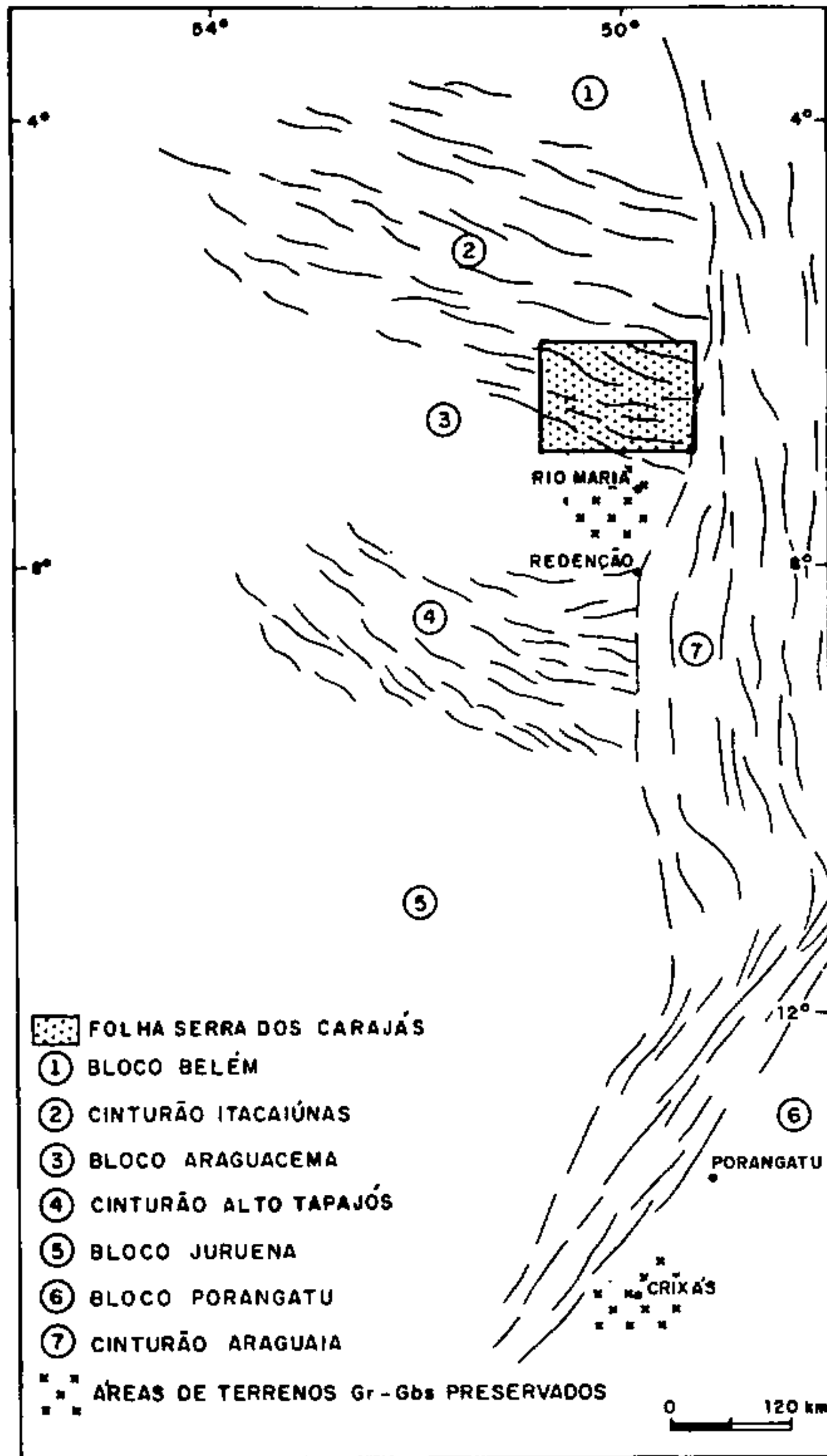


Fig. II.1.3 - Esboço geotectônico de parte da Amazônia oriental (adaptado de Hasui et al., 1984, e Hasui & Haralyi, 1985).

1.1 Terreno granito-greenstone do sul do Pará (regime direcional)

1.1.1 Seqüência supracrustal

1.1.1.1 Grupo Tucumã

1.1.1.1.1 Histórico

Huhn et al. (1986) efetuaram estudos detalhados em lavas máfico-ultramáficas situadas aproximadamente a 70km a NW da cidade de Rio Maria, no sul do estado do Pará, abordando fundamentalmente aspectos petrográficos, texturais, estruturais e breves comentários

petrológicos. Na oportunidade, englobaram os conjuntos rochosos sob a designação de *greenstone-belt* Seringa. Essa unidade tem orientação geral NW-SE e comparece no canto SW da folha Serra dos Carajás, estendendo-se para a folha São Félix do Xingu, imediatamente a oeste.

A DOCEGEO (1988), em revisão litostratigráfica da província mineral de Carajás, propõe o agrupamento de todas as seqüências tipo *greenstone-belt* sob a denominação de supergrupo Andorinhas, sem sugerir as hierarquias inferiores para os vários conjuntos conhecidos.

Considerando a existência de denominações já consagradas regionalmente, como o granito Seringa e falha Seringa (Silva et al., 1974), os autores deste trabalho propõem denominação formal de grupo Tucumã para as rochas supracrustais ocorrentes na porção SW da folha, e as entendem como fazendo parte de um compartimento geotectônico do tipo terreno granito-*greenstone*, preservado do retrabalhamento cisalhante do cinturão Itacaiúnas.

Trabalhos simultaneamente desenvolvidos pela CPRM na folha São Félix do Xingu têm identificado expressivas ocorrências dessa seqüência na localidade de Tucumã-Pa e arredores, constituindo-se, dessa forma, a seção-tipo da unidade.

1.1.1.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

A unidade tem sua área de ocorrência restrita ao extremo-SW da folha, com segmento de diminuta extensão areal. Dispõe-se em forma ligeiramente alongada, constituindo relevo ora acidentado, sob forma de morrotes e serras, ora como superfície topograficamente aplainada.

Mantém relações de contato com o granodiorito Rio Maria e com o granito da serra da Seringa, em ambos os casos de natureza intrusiva discordante.

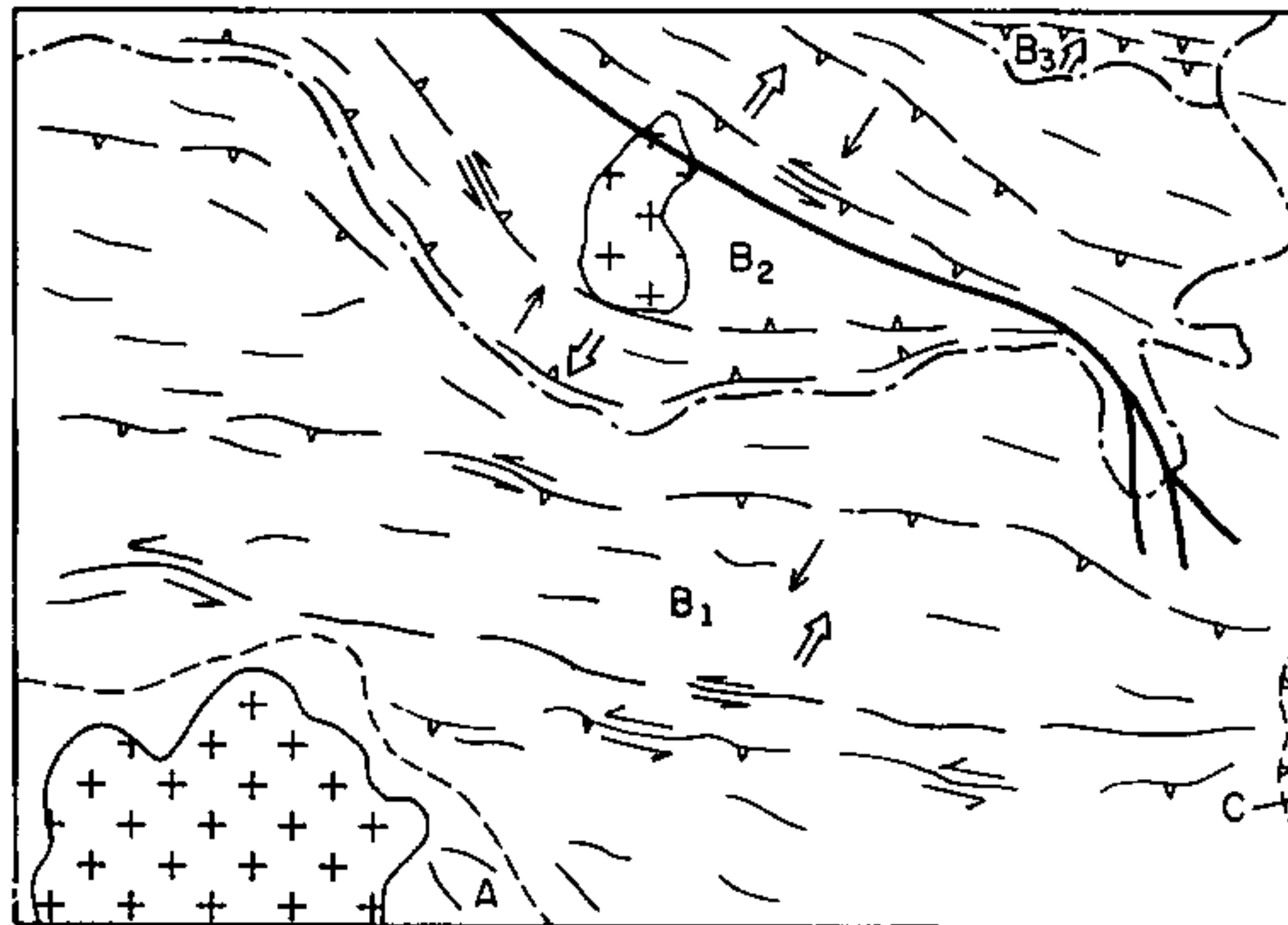
1.1.1.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Os metamafitos dessa seqüência são representados predominantemente por xistos actinolíticos, tremolíticos e cloríticos, com texturas variando de blastofítica nos tipos mais preservados da deformação, até uma textura milonítica nos tipos com mais altas taxas de deformacionais. A paragênese actinolita + clorita + tremolita + plagioclásio + titanita + opacos ± epidoto, é compatível com a fácies xisto-verde. A observação petrográfica sugere uma ortoderivação para esses metamafitos, a partir do metamorfismo e deformação de rochas protolíticas de natureza gabróide e/ou diabásica.

Os metafelsitos são representados por xistos sericíticos e quartzosos, exibindo uma textura milonítica formada por fenoclastos predominantemente quartzosos, com formas vulcânicas reliquias, imersos em uma matriz xistosa. A

paragênese quartzo + sericita ± clorita ± opacos ± biotita ± epidoto ± calcita é compatível com a fácies xisto-verde. A observação microscópica indica que esses xistos sericíticos derivaram de rochas protolíticas de natureza metavulcano-ácida, de composição riolítica a riodacítica.

A porção metassedimentar dessa unidade é constituída, na área trabalhada, por filitos quartzosos e quartzitos micáceos com forte orientação preferencial de seus componentes mineralógicos. Os quartzitos micáceos são representados por dominante associação do tipo quartzo +



- A - Terreno granito-greenstone do sul do Pará.
 - B - Cinturão Itacaiúnas:
 - B₁ - Sistema Imbricado Obliquo;
 - B₂ - Sistema Transcorrente Serra dos Carajás (flor positivo);
 - B₃ - Sistema Transcorrente Cinzeiro (hemiflor positiva);
 - C - Cinturão Araguaia.
- Obs.: A, B, C representam a ordem de instalação das províncias geotectônicas.

ESQUEMA DA GEOMETRIA DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS DO CINTURÃO ITACAIÚNAS

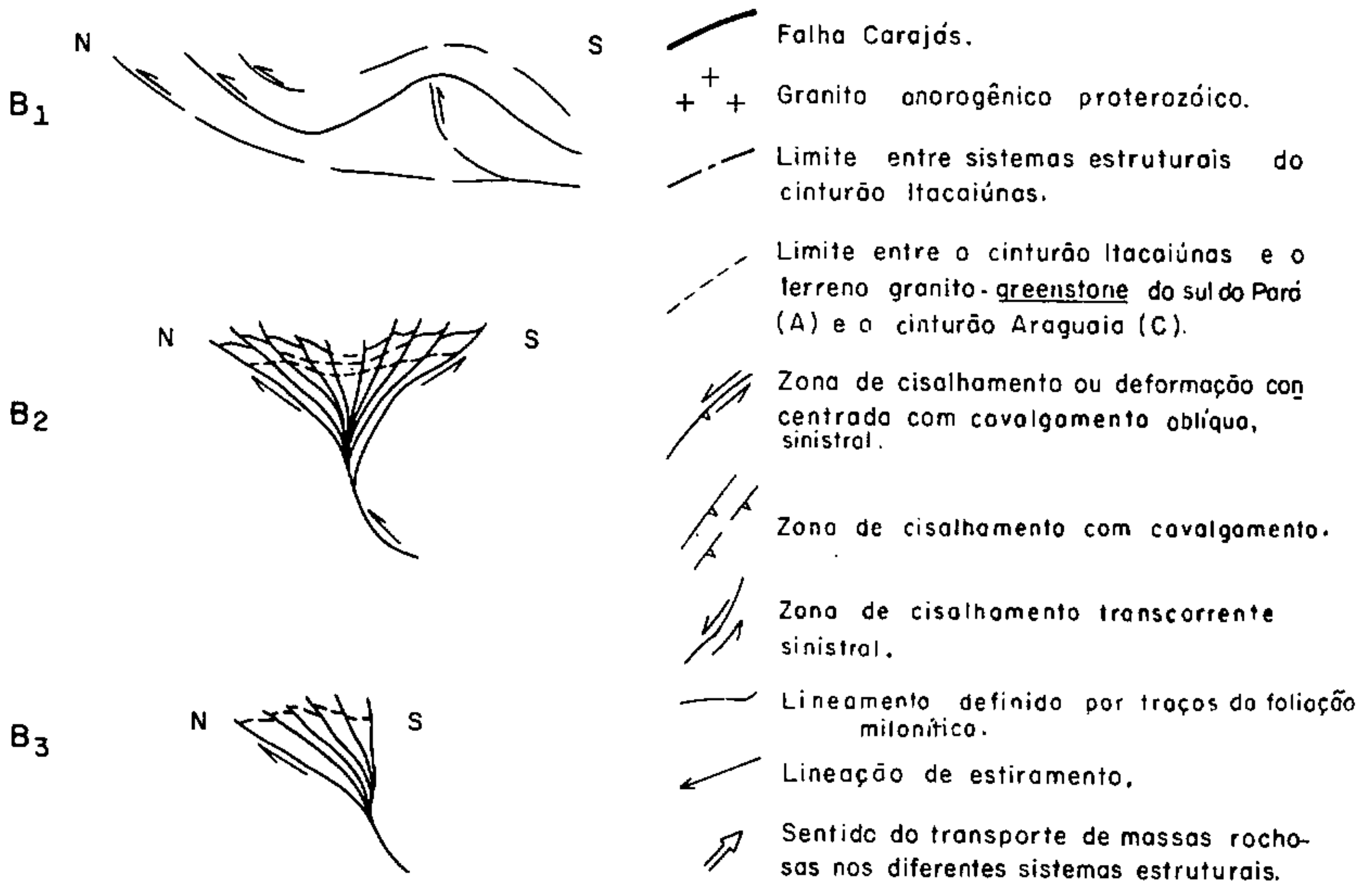


Fig. II.1.4 - Províncias geotectônicas do Arqueano/Proterozóico inferior e seus sistemas estruturais.

muscovita + zircão, desenvolvendo uma foliação milonítica em que os cristais de quartzo ocorrem geralmente em leitos de agregados xenoblásticos policristalinos, com efeitos de tensões internas; a mica muscovítica ocorre como palhetas fortemente orientadas e dispostas segundo planos de cisalhamento e exibindo, circunstancialmente, configuração algo pisciforme. Os filitos são dominados por uma massa sericítica em disposição planar segundo uma foliação milonítica, com abundantes grânulos opacos de óxido de ferro parcialmente oxidados.

No âmbito da folha é impossível a cartografia individualizada dessas porções.

1.1.1.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Huhn et al. (1986), estudando a seqüência anteriormente denominada Seringa, para a qual agora propõe-se a denominação Tucumã, identificaram e caracterizaram rochas komatíticas com textura *spinifex* no seu grupo inferior, bem como verificaram, no estudo de duas amostras, uma tendência toleítica a calcialcalina nessa mesma porção.

Na pequena faixa exposta nos limites da folha, o grupo Tucumã apresenta assinatura geofísica bastante peculiar, evidenciando a predominância de litótipos máfico-ultramáficos, bem-registrados tanto na intensidade e forma das anomalias aeromagnéticas, como nos baixos níveis exibidos pela aerogamaespectrometria.

Mesmo na restrita área de exposição da unidade, nos limites da folha são conhecidas ocorrências de ouro aluvionar, concentradas em torno do garimpo conhecido como Abelha.

1.1.1.1.5 Idade e correlação

O grupo Tucumã exhibe uma variedade litológica e um padrão deformacional que poderá ser correlacionado a outras seqüências supracrustais arqueanas do sul do Pará, como propuseram Huhn et al. (1986), traçando uma analogia entre o grupo inferior e a seqüência Babaçu (Cordeiro & Saueressig, 1980) e entre o grupo superior e a seqüência Lagoa Seca (Cordeiro & Saueressig, op. cit.). Embora com padrões estruturais diferentes, a intimidade espacial e similaridades texturo-mineralógico-composicionais permitem uma correlação cronolítica com o grupo Sapucaia, não obstante essa última seqüência evidenciar efeitos de retrabalhamento crustal em regime, de cisalhamento dúctil quando da implantação do cinturão Itacaiúnas.

A ausência de dados radiométricos impede um preciso posicionamento cronológico em termos absolutos.

1.1.2 Suíte granitóide

1.1.2.1 Granodiorito Rio Maria

1.1.2.1.1 Histórico

Os trabalhos mais antigos desenvolvidos no contexto da folha Serra dos Carajás relacionavam indistintamente as rochas admitidas como infracrustais ao complexo basal (Barbosa et al., 1966), ao Pré-Cambriano indiferenciado e embasamento cristalino (Tolbert, 1970; Gomes et al., 1971; Puty et al., 1972). Posteriormente, Silva et al. (1974) introduziram a denominação de complexo Xingu, denominação esta que passou a ser regionalizada e utilizada indistintamente para todo o sul do Pará.

Em trabalhos realizados a sul da folha Serra dos Carajás, Cordeiro (1982) identifica, no contexto do complexo Xingu, domos granitóides arrasados, truncando biotita-gnaisses, migmatitos e seqüências do tipo *greenstone-belt*. Posteriormente, Dall'Agnol et al. (1986) denominam informalmente essas rochas de granodiorito Rio Maria.

Medeiros et al. (1987) formalizam a denominação de granodiorito Rio Maria.

Araújo et al. (1988) mencionaram que a passagem do cinturão Itacaiúnas para o terreno granito-*greenstone* do sul do Pará somente será definida através de trabalhos sistemáticos voltados para a reconstituição geométrica das unidades litostruturais.

Recentemente, DOCEGEO (1988) reconhece a considerável extensão areal do granodiorito Rio Maria, projetando-o para o norte, adentrando a folha Serra dos Carajás, e sugere a denominação de trondhjemitó Mogno para as rochas com essa variedade composicional.

Com a nova compartimentação geotectônica agora proposta, numa tentativa de separação de terrenos mais preservados de terrenos retrabalhados, parte do até então regionalizado complexo Xingu passa a ser entendida como componente de um terreno granito-*greenstone* preservado. Assim, no limite SW da folha trabalhada, parte dessa unidade geotectônica é identificada, com os autores deste trabalho preferindo manter a denominação proposta por Medeiros et al. (op. cit.) para o domínio granitóide desse terreno.

A carência de exposições contínuas e a escala de trabalho a nível regional, aliada à discreta faixa de ocorrência do conjunto, impede um maior avanço na caracterização e cartografia das rochas desse terreno. No entanto, a questão fica levantada e em condições ou escalas mais propícias tal problema deverá ser equacionado.

1.1.2.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O granodiorito Rio Maria tem sua distribuição geográfica restrita à porção SW da folha, onde ocorre

contornando grosseiramente o maciço granítico da serra da Seringa. A morfologia apresentada pela unidade é caracterizada em geral por um relevo peneplanizado, com raros morrotes e distribuição errática. No extremo-sudoeste da área, o granodiorito Rio Maria mantém relações de contato discordante com o grupo Tucumã, sendo cortado na mesma porção geográfica pelo granito anorogênico da serra da Seringa. Na sua maior extensão, a unidade se inter-relaciona espacialmente com o complexo Xingu, através de uma larga e irregular zona gradacional, onde coexistem porções preservadas do terreno *granite-greenstone*, e porções retrabalhadas do cinturão Itacaiúnas

1.1.2.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

De um modo geral, os granodioritos e tonalitos representativos da unidade apresentam uma assembléia mineral formada por oligoclásio + microclina + quartzo + biotita + clinzoisita + alanita \pm zircão \pm apatita \pm opacos, compatível com a fácies anfíbolito baixo. O oligoclásio e a microclina constituem fenoclastos imersos em uma matriz subordinada com evidências de recristalização dinâmica, emprestando à rocha um caráter de moderada inequigranularidade. O quartzo ocorre como agregados policristalinos deformados, exibindo efeitos de tensões internas, como extinção ondulante, bandas de deformação e formação de subgrãos e/ou grãos recuperados. A biotita ocorre como palhetas com forte orientação preferencial e contorna os fenoclastos feldspáticos, contribuindo para o padrão anastomótico que se traduz em uma foliação milonítica, como observado nas estações geológicas RN-81, 82 e 85. Intimamente associados à biotita, são frequentes os cristais de clinzoisita e alanita, igualmente envolvidos no processo deformacional.

A rigor, com base nos litótipos analisados e nas observações mesoscópicas no domínio da unidade, os granodioritos e tonalitos mostram uma forte invariabilidade em seus aspectos texturais e padrões deformacionais, bem como nas características petrográficas de seus componentes mineralógicos.

1.1.2.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Medeiros et al. (1987) reconheceram, através de dados petrográficos e geoquímicos, que a unidade correlata ao granodiorito Rio Maria possui diferentes fácies cogenéticas, exibindo um *trend* calcialcalino no diagrama AFM.

A assinatura aerogeofísica do granodiorito Rio Maria é bastante significativa e particular. No que diz respeito à susceptibilidade magnética, o conjunto exibe um baixo relevo com ausência de anomalias, e apenas presença localizada de feições lineares. Do mesmo modo, o registro aerogamaespectrométrico exibe baixa intensidade, em média

de 300 a 500cps, sem nenhum padrão ou feição preferencial.

Apesar de não haver registro de ocorrência mineral ligada à unidade no domínio exposto na folha, há perspectiva de boa potencialidade, em especial às proximidades dos segmentos de supracrustais tipo *greenstone-belt*, onde zonas de deformação concentrada mostram-se, em alguns casos, como metalotectos comprovados de grande favorabilidade.

1.1.2.1.5 Idade e correlação

Os granitóides ocorrentes na porção SW da folha apresentam peculiaridades composicionais, estruturais, de estilo de empacotamento e de associação litológica similares àquelas observadas em grande parte da unidade definida e de larga ocorrência ao sul da folha Serra dos Carajás. Montalvão et al. (1984), in: Huhn et al. (1988), obtiveram, através do método Rb/Sr, uma isócrona de referência de 2600m.a. \pm 80m.a., com $RI = 0,7009$ para granitóides daquela região. Posteriormente, Medeiros et al. (op. cit.) obtiveram, através do método Rb/Sr, a idade de 2564 \pm 68m.a. para a unidade Rio Maria e, mais recentemente, Tassinari (1988), in: Huhn et al. (op. cit.), em porções aparentemente mais enriquecidas em Rb, obteve isócrona preliminar com valor de 3100m.a. e $RI = 0,7000$.

1.2 Cinturão Itacaiúnas (regime compressivo oblíquo)

1.2.1 Domínio imbricado

A distribuição das unidades e o arranjo estrutural desse domínio são mostrados na figura II.1.5.

1.2.1.1 Complexo Pium

1.2.1.1.1 Histórico

A referência original a esse conjunto litológico deve-se a Hirata et al. (1982). No referido trabalho, complexos básico-ultrabásicos, estratificados, de fácies granolíticas, ocorrentes na área Pium, são ainda incorporados ao complexo Xingu. Trabalhos posteriores, desenvolvidos pelas equipes da DOCEGEO, mantiveram o posicionamento da unidade dentro do contexto do complexo Xingu, até que no IGCP de 1987 geólogos da DOCEGEO consideraram clara a relação de intrusão entre a unidade e o complexo Xingu e passam a considerá-la como estratigraficamente mais jovem.

Araújo et al. (1988) descrevem e cartografam as rochas granolíticas do complexo Pium e as entendem como porções da crosta inferior soerguidas através de zonas de cisalhamento.

Os trabalhos mais recentes realizados pela CPRM consideram esse novo entendimento para o desenvolvimento crustal e para colocação dessas porções infracrustais em superfície. Assim, é mantida a terminologia de complexo Pium, no entanto, visualizando uma complexa situação estratigráfica. Relações aparentes de intrusões ou até mesmo de aleitamentos estratiformes representam na verdade aleitamentos tectônicos, muitas vezes erroneamente interpretados como estratigráficos. Por outro lado, o referido complexo ganha, nesses últimos trabalhos, maior abrangência cartográfica e composicional com a identificação e individualização de novos segmentos e novas variedades de tipo, como a expressiva seqüência essencialmente charnoenderbfica do rio Cateté.

1.2.1.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

A unidade Pium, onde originalmente definida como um complexo estratiforme máfico-ultramáfico, entre os rios Itacaiúnas/Parauapebas, expõe-se de forma alongada na direção este-oeste com aproximadamente 30km de comprimento por 8km de largura, na faixa central da folha, a sul da serra Sul. Nessa porção, o relevo mostra-se movimentado, com morros e serras constituindo a topografia predominante. Outros segmentos menores foram identificados por Araújo et al. (op. cit.) a nordeste do conjunto inicialmente conhecido e apresentam-se com formato lenticular alongado no *trend* EW, e relevo ar-

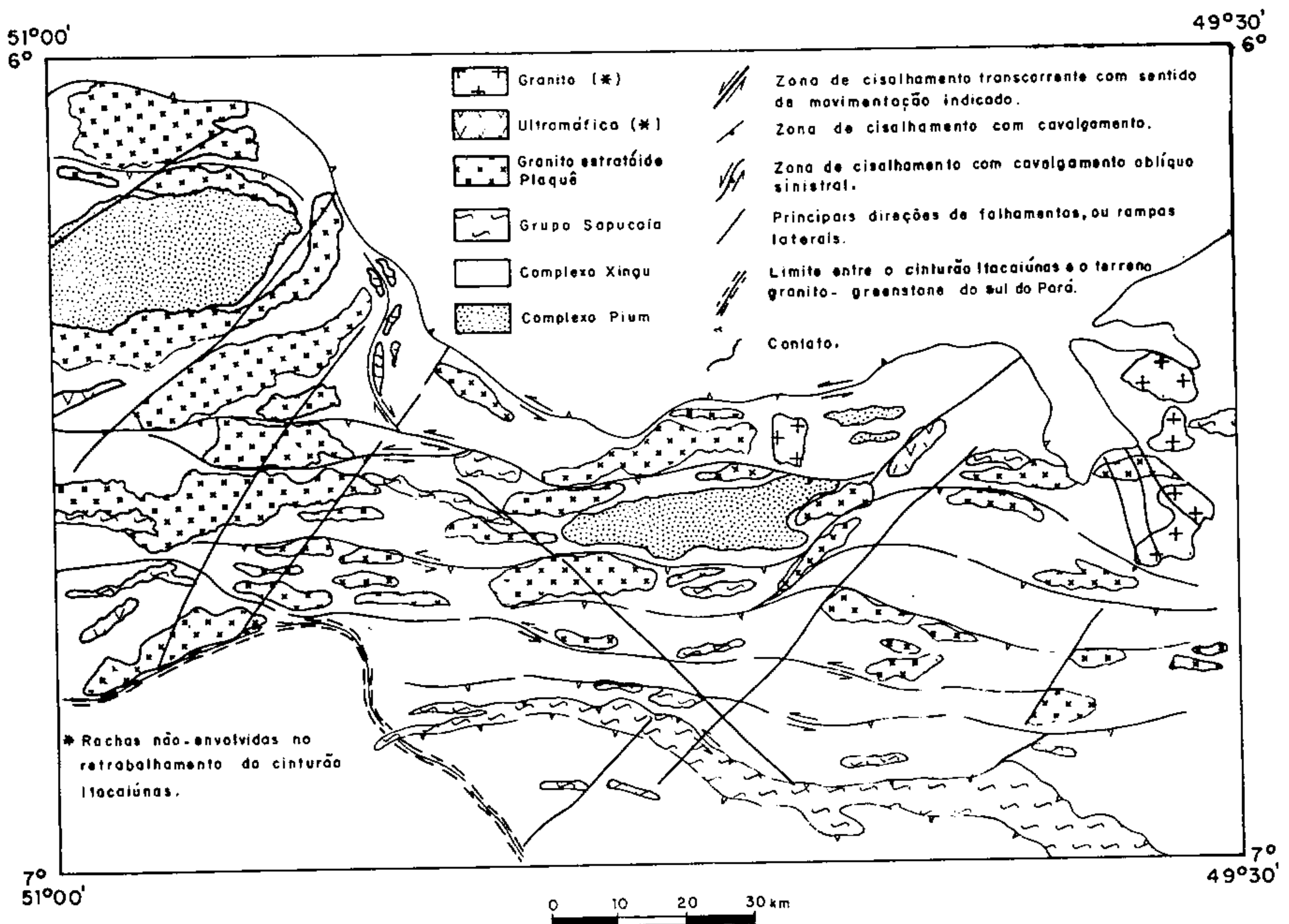


Fig. II.1.5 - Cinturão Itacaiúnas - domínio imbricado (distribuição das unidades litostatrigráficas e arranjo estrutural simplificado).

rasado. Por fim, um amplo conjunto granolítico foi identificado também por Araújo et al. (op. cit.) do baixo ao médio curso do rio Cateté. Esse conjunto com mais de 35km de extensão e média de 10 a 15km de largura, projeta-se no sentido EW para a folha São Félix do Xingu, vizinha oeste da folha Serra dos Carajás. A sua expressão morfológica é variada, caracterizada no geral por um relevo localmente movimentado, representado por morros e serras alternando-se com sítios peneplanizados.

As relações de contato de todos os segmentos lenticularizados da unidade se faz conformavelmente com as rochas do complexo Xingu, sendo que na seqüência ocorrente no rio Cateté há também relação de contato conformável com os granitos estratóides Plaquê.

1.2.1.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Do contexto litológico merece destaque o conjunto rochoso de características faciológicas de alto grau metamórfico, cuja maior representatividade em área, com mais significativas exposições, está na parte central da área trabalhada e na porção noroeste, tendo como referências maiores os rios Pium e Cateté, respectivamente.

No curso do mapeamento foi possível a identificação de catametamorfitos de composição básica e ácida não havendo, contudo, favorabilidades de individualização e cartografia na escala de trabalho. Predominam os tipos básicos na região do rio Pium, e os ácidos na bacia do rio Cateté.

No tratamento da questão petrográfica dos litótipos do complexo Pium julga-se importante salientar os problemas de nomenclatura e terminologia empregados neste trabalho, relativos às rochas de fácies granolito, na medida em que diferentes investigadores as definem com diferentes significados, classificando-as de maneira livre e diversa, pela inexistência de um sistema de classificação universal.

Os autores deste trabalho mostram preferência pela utilização da terminologia e classificação proposta por Winkler & Sen (1973). Nessa proposição, o termo "granolito" em substituição ao termo "granulito" foi sugerido sem conotação granulométrica. Dessa forma, as rochas granulíticas foram redefinidas como granolitos e granoblastitos, nas quais os primeiros seriam representados por uma associação diagnóstica da zona hiperstênica regional e o segundo por uma associação não-diagnóstica dessa zona. Dentro do conjunto granolítico merece destaque a variedade hiperstênica, piroclásio-granolito, a qual Berthelsen (1960) denominou de pirciasito, e que neste trabalho materializaram, em essência, as variedades básicas da unidade Pium.

As rochas granolíticas são representadas por tipos ácidos e básicos em que estes são quantitativamente subordinados em relação àqueles. É sugestiva a concepção de que os granolitos básicos assumam um posicionamento cronogeológico mais antigo evidenciado pela forma de ocorrência encravada ou xenolítica nos granolitos ácidos

como frações digeridas ou assimiladas. Por outro lado, não há como avançar nessa discussão no momento.

Os granolitos ácidos são representados por duas variedades petrográficas dominantes em função das proporções de seus componentes feldspáticos. Dessa forma, tipos charnoquíticos, como os representados nas estações geológicas OA-156e e OA-168b e tipos enderbíticos, como os ocorrentes em OA-47a, 84a, 47d, 48a, 41b, 48b, 48c, 179c e 177, associam-se a subordinados tipos charnoenderbíticos completando a faixa de variação composicional desses tipos ácidos.

De um modo geral são rochas faneríticas, de granulação média a grossa, coloração cinza-clara a cinza-escura, equigranulares a inequigranulares, exibindo diferentes intensidades na anisotropia estrutural, como consequência da variação na taxa deformacional, com geração de tipos protomiloníticos a miloníticos.

Os granolitos ácidos têm como realce maior a presença constante da fase ortopiroxênica do tipo hiperstênio, a qual ocorre em percentual volumétrico, dimensão e forma variáveis, exibindo um intenso pleocroísmo X = rosa-amarronzado, Y = amarelo-rosado e Z = verde-pálido ou acinzentado. Mostra, com freqüência, desequilíbrios reacionais com transformação gradativa para hornblenda e/ou biotita, materializando efeitos de significativa e intensa ação retrometamórfica.

O quartzo é uma fase mineral essencial oscilando entre 10 e 25% em volume, sob estimativa visual ocorrendo predominantemente como grãos xenoblásticos de dimensões variáveis. Exibe efeitos deformacionais como extinção ondulante, lamelas de deformação e formação de subgrãos nos tipos protomiloníticos ou com baixa taxa de deformação. Ocasionalmente desenvolve feições ameadadas e assume configuração de forte achatamento ou ribonada e acentuado processo de recuperação e recristalização dinâmica compatíveis com alto estágio deformacional milonítico.

O feldspato potássico é geralmente representado por microlina de baixa triclinicidade ou mesopertita, exibindo contorno xenoblástico, ocasionalmente ocorrendo como fenoclastos ou ocelos deformados, bem como sob a forma de diminutos cristais componentais da fração matricial cominuída. Essa fase feldspática tem o seu percentual volumétrico decrescido nos tipos charnoenderbíticos e sendo completamente ausente nos tipos enderbíticos. O plagioclásio hipidioblástico a xenoblástico ocorre em forma tabular, variando em composição de oligoclásio a andesina mostrando, por vezes, uma escassa e incipiente alteração a sericita e lamelas de geminação curvadas em decorrência dos efeitos deformacionais.

A biotita e a hornblenda são fases minerais comuns tanto aos tipos charnoquíticos como enderbíticos, ocorrendo em íntima associação e normalmente exibindo um teor modal médio de 5%. Comumente ocorrem como cristais pouco desenvolvidos, mostrando uma moderada a pronunciada orientação preferencial, particularmente nos tipos mais

intensamente deformados ou miloníticos. A biotita ocasionalmente mostra características de intercrescimento simplético. Apatita, opacos e zircão são as fases minerais acessórias mais frequentes.

Dentre os granolitos de composição básica são dominantes os tipos hiperstênio-piroclásio-granolito, que constituem em essência granolitos a 2 piroxênios e que são, neste trabalho, comumente referidos como piroclásitos. Mesoscopicamente são rochas faneríticas, holocristalinas, equigranulares melanocráticas, de granulação média, exibindo geralmente um aparente isotropismo estrutural.

Ao microscópio, no entanto, a assembléia mineral essencial a hiperstênio, diopsídio e labradorita exibe um arranjo mútuo intergranular, granoblástico, equigranular a inequigranular, com frequentes feições miloníticas superimpostas, como pode ser observado nas estações OA-42, 43a, 79, 158b, 151b, 179b e 167a.

O plagioclásio é do tipo labradorita, ocorrendo em cristais tabulares, lipidioblásticos, mostrando lamelas de geminação curvadas, extinção ondulante e granulação marginal variável ou textura em moldura dos tipos com altas taxas deformacionais ou miloníticas. O ortopiroxênio, do tipo hiperstênio, é a fase mineral essencial mais diagnóstica da fácies granolito, ocorrendo como cristais relativamente abundantes com seu forte e característico pleocroísmo. Está íntima e geneticamente associado com hornblenda e biotita como resultante de desequilíbrios reacionais gerados por significativas mudanças nas condições físico-químicas da ação retrometamórfica. O diopsídio, de um modo geral, ocorre em quantidades aproximadamente iguais ao ortopiroxênio e mostra igualmente uma passagem diaforética. O quartzo ocorre em quantidades subordinadas, em forma xenoblástica e geralmente de localização intersticial. Opacos e apatita são os minerais acessórios mais frequentes.

Os granoblastitos constituem uma variedade petrográfica relativamente abundante dentro do conjunto catametamórfico. O aspecto textural é granoblástico a granolepidoblástico, equigranular a inequigranular e representam rochas essencialmente quartzofeldspáticas com composição variando de granítica a tonalítica. Dentre os minerais varietais mais comuns destacam-se a biotita e, mais raramente, a hornblenda. Esses tipos granoblásticos têm suas melhores exposições nas estações geológicas OA-107b e f, 109b, 110a, 43b, 46b, 167b e 156b. De um modo geral, embora não pertençam à zona hiperstênica regional, mantêm o mesmo aspecto textural e as mesmas características mineralógicas (com exceção do hiperstênio ausente) dos granolitos ácidos que compõem o complexo Pium.

1.2.1.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Essas rochas compõem uma seqüência bimodal, onde os granolitos ácidos têm caráter calcalino e seguem um

trend da série hiperstênica de Kuno (1968). Os granolitos básicos exibem características de uma associação predominantemente toleítica.

Nos mapas aerogeofísicos a unidade apresenta assinaturas variadas de acordo com a dominância litológica. Assim, as porções máficas exibem feições magnéticas planares com alto relevo e normalmente muito baixo nível de radiação gamaespectrométrica via de regra abaixo de 500cps. Por outro lado, as porções enderbíticas e charnoquíticas revelam médio relevo magnético associado a radiações gamaespectrométricas moderadas (abaixo de 100cps) a altas (maiores que 1.000cps), com predomínio desses últimos essencialmente nos conjuntos charnoquíticos.

Nos domínios desse complexo, além da ocorrência de ouro aluvionar às proximidades de zonas de cisalhamento, é conhecida a ocorrência de cobre relacionado aos granolitos básicos.

1.2.1.1.5 Idade e correlação

Dentre as datações tentadas pela CPRM em convênio com a FADESP, por motivos variados, apenas duas unidades tiveram os trabalhos concluídos, ainda não-isentas dos naturais problemas que envolvem a busca de uma análise criteriosa.

Uma dessas unidades, o complexo Pium, pode ser avaliada de duas maneiras: considerando-se todas as amostras analisadas, atingiu-se uma idade de 2556 ± 97 m.a., com RI Sr^{87}/Sr^{86} de 0,00015, porém com um valor obtido como estatisticamente verdadeiro.

Numa segunda tentativa, considerando-se apenas as amostras com baixo teor de Rb, a idade calculada é de 1894 ± 136 m.a., com RI de $0,70204 \pm 0,00010$, e MSWD de 3.4. Muito embora o valor de MSWD seja aceitável, a confiabilidade da isócrona calculada fica prejudicada pelo espalhamento muito reduzido dos pontos experimentais.

Renne et al. (1988), em estudos isotópicos $^{40}Ar/^{39}Ar$ em hornblenda do complexo Pium, indicam idade arqueana (>2700 m.a.) para o metamorfismo de alto grau da seqüência, com a biotita e o plagioclásio registrando superimposição transamazônica. Esse dado parece ser o mais confiável e compatível com a evolução arqueana do cinturão Itacaiúnas.

Essa unidade muito se assemelha, principalmente em seus padrões estruturais, àqueles segmentos de alto grau identificados a norte da serra dos Carajás, tanto na folha Serra Pelada como na folha Pacajás. Pelo menos no contexto do cinturão Itacaiúnas, tal correlação é admitida como bastante provável. Fora dos limites desse cinturão, possíveis correlações poderiam ainda ser sugeridas, como os conjuntos granolíticos do sudoeste do Amapá, e outros também assemelhados. No entanto, a falta de um melhor controle acerca da evolução estrutural desses últimos não permite maiores extrapolações.

1.2.1.2 Complexo Xingu

1.2.1.2.1 Histórico

Oliveira (1928), em trabalhos de reconhecimento geológico ao longo do rio Xingu, descreveu pela primeira vez litótipos infracrustais no cráton Amazônico. Posteriormente, Guimarães (1928), trabalhando nos rios Xingu e Fresco, fez referências a esses litótipos, e Barbosa et al. (1966), em trabalhos dos projetos Araguaia e Cobre do Pará, denominaram essas rochas de complexo Basal.

Trabalhos posteriores, na década de 1970, como aqueles de Menezes (1970) nos rios Xingu e Fresco, Tolbert (1970), na serra dos Carajás, Pinheiro & Jorge João (1970), na região de São Félix do Xingu, IDESP (1971), na bacia do rio Xingu, Gomes et al. (1971), na serra dos Carajás, Puty et al. (1972), no Projeto Marabá, Marinho (1973), no Projeto Xingu-Araguaia, Beisiegel et al. (1973), na serra dos Carajás e Amaral (1974), em geologia pré-cambriana da região Amazônica, descrevem e denominam esses litótipos ora como do Pré-Cambriano indiferenciado, ora como do Embasamento Cristalino.

Silva et al. (1974) introduziram a terminologia complexo Xingu para designar esse conjunto de rochas infracrustais ocorrentes no cráton Amazônico. Tal denominação passou a ter aceitação geral e a ser indiscriminadamente utilizada, em qualquer compartimento geotectônico, tanto nos trabalhos em escala regional como naqueles em escala de detalhe.

Dezenas de trabalhos passaram a fazer referência à unidade, sempre numa concepção regionalizada. Tentativas de subdivisão foram encaminhadas por Martins & Araújo (1979), Cordeiro (1982), Dall'Agnol et al. (1986) e Jorge João et al. (1987), quando propõem as individualizações cartográficas de alguns granitóides do sul do Pará.

É proposta deste trabalho preservar essa denominação; no entanto, resguardando-a aos domínios do cinturão Itacaiúnas, uma vez que os litótipos historicamente descritos correspondem, em parte, a produtos de um retrabalhamento de terrenos granito-*greenstone*, bem caracterizados nos limites da folha Serra dos Carajás.

1.2.1.2.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O complexo Xingu é a unidade de maior distribuição na área mapeada, ocorrendo praticamente em todos os seus quadrantes e estando presente nos dois grandes domínios litostruturais do cinturão Itacaiúnas. Exibe excelentes exposições nos rios Itacaiúnas, Parauapebas e Cateté, nas estradas principais PA-279 e PA-275 (nas porções sul e NW da folha), bem como nas estradas secundárias utilizadas para seções geológicas entre a serra Sul e a PA-279.

Apresenta, via de regra, a morfologia arrasada, com raros morrotes isolados, fugindo ao contexto geral aplainado.

Mantém relação de contato com quase todas as unidades ocorrentes na folha, com marcante particularidade desses contatos mostrarem-se concordantes, com contornos em formas de lentes, com as unidades arqueanas do cinturão Itacaiúnas, tais como o complexo Pium, grupo Sapucaia, granito estratóide Plaquê, grupo Grão-Pará e gnaiss Estrela. Por outro lado, é cortado pela manifestação vulcanoplutônica do Proterozóico Médio e mostra uma interação gradacional com o terreno granito-*greenstone* do sul do Pará.

1.2.1.2.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

O complexo Xingu é dominado por termos petrográficos extremamente sódicos, mostrando diferentes graus de anisotropia estrutural como consequência das diferentes taxas de deformação superimpostas. Há dominância de tipos tonalíticos, a exemplo dos ocorrentes na rodovia PA-279 e nas proximidades da localidade de Água Azul. Porções com marcante isotropismo estrutural, evoluindo a faixas fortemente foliadas (foto II.1.1), ocorrem com frequência e marcam uma evolução estrutural deformacional heterogênea e progressiva. Estruturas migmatíticas diversas são relativamente constantes e indicam estágios de mobilização variando de metatexíticos a diatexíticos.

Quartzo, feldspato, biotita e hornblenda são fases minerais de relativa facilidade de identificação em escala mesoscópica; as duas últimas, no geral, dispõem-se segundo uma orientação preferencial que marca a dominante foliação milonítica.

A textura é comumente inequigranular, porfiroclástica, com ocelos de quartzo e feldspato envolvidos por uma matriz geralmente granolepidoblástica.

Trondhjemitos granodioríticos e granitos são variedades petrográficas ocorrentes em quantidades subordinadas, igualmente mostrando diferentes taxas de deformação e de migmatização. Em íntima associação com os demais termos petrográficos, comparecem mesoencraves de anfibolitos de dimensões e formas variadas. De um modo geral, esses corpos estão orientados paralelos à foliação milonítica.

Salienta-se que algumas dessas porções identificadas ao longo da PA-275 podem estar relacionadas a componentes da seqüência denominada grupo Rio Novo.

A rigor, os granitóides dessa unidade mostram uma assembléia mineral dominada por plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, hornblenda, opacos, zircão, apatita, alanita, \pm titanita, \pm clorita, \pm muscovita, \pm calcita, em ordem decrescente de abundância.

O quartzo ocorre comumente como grãos xenoblásticos, exibindo efeitos deformacionais com intensidades

variáveis; os cristais de quartzo apresentam extinção ondulante e lamelas e/ou bandas de deformação e podem formar agregados policristalinos com desenvolvimento de subgrãos. Nos tipos fortemente milonitizados, os cristais de quartzo experimentam intensa cominuição e recristalização com anelação e poligonização.

O plagioclásio é do tipo albita-oligoclásio, constitui uma fase mineral essencial e ocorre como cristais tabulares mostrando geminação polissintética simples do tipo albita e/ou combinada do tipo albita-periclina. Extinção ondulante e lamelas de geminação curvadas são frequentes nos tipos que atingem estágios miloníticos. A alteração mais comum dos cristais de plagioclásio é representada por uma associação de sericitização, epidotização e carbonatação parcial e seletiva. Ocasionalmente, intercrescimentos mimerquíticos são observados de forma localizada ao longo dos contatos entre o plagioclásio e feldspato potássico.

O feldspato potássico é do tipo microclina de moderada a alta triclinicidade, ocorrendo em percentual volumétrico inferior ao do plagioclásio. Geralmente apresenta-se límpido e inalterado e mostra comumente dimensões oclares a matriciais evidenciando processos de blastese e neoformação com deformação em estágio protomilonítico a milonítico.

A biotita constitui uma fase mineral varietal de ocorrência generalizada e pervasiva, em quantidades extremamente variáveis e mostrando uma orientação preferencial realçando a foliação milonítica. Mostra um acentuado pleocroísmo amarelo-pálido a marrom-escuro e exibe circunstancialmente uma parcial alteração a clorita. Com relativa frequência contém inclusões de diminutos cristais de zircão metamictítico com geração de visíveis halos pleocróicos. De um modo geral, encontra-se intimamente associada à hornblenda verde fortemente pleocróica nos tons verde-oliva/amarelo-pálido com passagens – em alguns espécimes – a tipos hastingsíticos. Apatita, zircão, titanita, alanita e opacos são os acessórios mais comuns.

1.2.1.2.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Os representantes dessa unidade seguem um *trend* calcialcalino com nítido empobrecimento em ferro. A natureza é predominantemente sódica, com uma linhagem granodioritomonzonítica com subordinadas evoluções à série aluminopotássica e a composições sienograníticas.

A assinatura aeromagnetométrica do complexo Xingu é caracterizada essencialmente pelo registro de um relevo magnético alto a moderado, com os eixos das anomalias magnéticas arranjados em padrões anastomosados, onde o *trend* geral coincide com a orientação da foliação milonítica medida em campo. O reflexo aerogamaespectrométrico da unidade apresenta variações na intensidade de radiação

compatível com as litologias envolvidas. Assim, é sugestiva a presença de gnaisses granodioríticos migmatizados e gnaisses graníticos associados a porções subordinadas de rochas supracrustais na porção mediana da folha, com níveis de radiação situados entre 500 e 1.000cps e, localmente, abaixo de 500cps. Já no terço inferior da folha, rochas de composição mais tonalítica associadas com lentes de rochas supracrustais refletem níveis radiométricos mais baixos, em geral inferiores a 500cps.

Em sítios relacionados a esse complexo são encontradas várias ocorrências de ouro, tanto em ambientes aluvionares e coluvionares como primários, principalmente ligados a *trends* de zonas de cisalhamento a sul do grupo Grão-Pará e nas proximidades de segmentos relacionados a seqüências tipo *greenstone-belt* do grupo Sapucaia.

1.2.1.2.5 Idade e correlação

Os problemas de datações radiométricas, tão comuns até mesmo em unidades isentas de deformação, não poderiam estar ausentes no contexto do complexo Xingu. Assim é que Almaraz (1967) e Gomes et al. (1971), utilizando métodos K-Ar, obtiveram idade média de 2000m.a. para os granitos, migmatitos, anfibolitos e gnaisses dos rios Itacaiúnas, Parauapebas e Tocantins. Como exceção, há registro, nessa época, de um dado superior a 3200m.a. referente à idade de um anfibolito da serra do Tapirapé a norte da folha Serra dos Carajás.

Trabalhos posteriores da HIDROSERVICE (1973) não conseguiram avançar no entendimento dessas idades, sendo sempre sugerido que as rochas estariam afetadas por diferentes eventos, ou que poderiam ter sido rejuvenescidas pelo evento Transamazônico.

Gomes et al. (1975), com base em dados obtidos pelo método Rb/Sr em rocha total, elaboraram diagrama isocrônico de referência com idade de 2000m.a., interpretada como período de resfriamento regional. Um corpo de anfibolito, no entanto, forneceu idade de 2500m.a. através do método Rb/Sr. Tassinari & Basei (1980) e Cunha et al. (1981), in: Cordani et al. (1984), utilizando método Rb/Sr, alcançaram retas isocrônicas de referências de 2800m.a. e 2000m.a. com RI de 0,702 e 0,707, respectivamente, e atribuíram a idade mais nova a efeitos geodinâmicos posteriores.

Montalvão et al. (1984) apresentam resultados obtidos em datações pelo método Rb/Sr em isócrona convencional, para gnaisses do rio Itacaiúnas. Uma idade de 2480 ± 30 m.a. com RI Sr^{87}/Sr^{86} de 0,7072 foi alcançada, e já neste trabalho o autor sugere uma compartimentação entre as unidades rochosas da região dos rios Maria e Itacaiúnas.

Machado et al. (1988), in: DOCEGEO (1988), obtêm idade U/Pb de 2851 ± 4 m.a. para migmatitos no km 16 da PA-275.

Como se vê, já se esboça um evento no final do Arqueano, que deve corresponder à milonitização regional,

responsável pela instalação do cinturão Itacaiúnas, e um evento de reaquiamento no Proterozóico Inferior a Médio.

No contexto do cráton Amazônico, são mais frequentemente sugeridas e aceitas correlações do complexo Xingu com o Guianense, muito embora também essa última unidade necessite de reavaliação em boa parte de seus domínios.

1.2.1.3 Grupo Sapucaia

1.2.1.3.1 Histórico

A primeira referência oficial às rochas dessa unidade deve-se a Hirata et al. (1982), ao comentar a ocorrência de metaperidotitos (talco-tremolita-cloritaxisto) com textura *spinifex*, na estrada estadual Xinguara-São Félix, nas proximidades do igarapé Pium. Apesar da expressiva área de exposição da unidade, de suas variedades litológicas e importância metalogenética, a DOCEGEO (1987) a manteve apenas em individualização cartográfica.

Araújo et al. (op. cit.) avançaram na caracterização cartográfica da unidade e em sua proposta evolutiva.

DOCEGEO (1988) abandona a denominação de grupo Sapucaia, passando a englobá-la no supergrupo Andorinhas, não atentando para o posicionamento geotectônico das unidades.

Neste trabalho, mesmo com impossibilidade de individualização cartográfica dos conjuntos litológicos menores, devido à escala do mapeamento, propõe-se a denominação formal de grupo Sapucaia aos conjuntos metavulcânicos e metassedimentares que compõem esse segmento de rochas supracrustais, caracterizado como um *greenstone-belt* retrabalhado em regime de cisalhamento dúctil no final do Arqueano.

1.2.1.3.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O grupo Sapucaia tem sua principal área de ocorrência na porção sul da folha, nas proximidades da PA-279, e é cortado pela PA-150. Estende-se em faixa alongada com mais de 100km de extensão por 3 a 5km de largura em média, num *trend* preferencial WNW/ESE. Outros segmentos mais localizados e lineares são também identificados em toda a porção centro-sul da folha.

A expressão de relevo da unidade é muito discreta nas imagens do Landsat e moderadamente realçada nas imagens radargeométricas, apenas nas porções que fogem ao padrão E-W. Seu relevo é, em geral, constituído por suaves ondulações alongadas no *trend* principal da unidade, variando localmente para terrenos arrasados ou para elevações pronunciadas.

A unidade, em sua porção maior, mantém contato con-

cordante com o complexo Xingu. Sua extremidade oeste denuncia ter sido afetada por relação intrusiva discordante com o granito anorogênico da serra da Seringa; sua porção mais leste parece interagir com granitóides intrusivos sincinemáticos, não-retrabalhados, pertencentes ao par granito-*greenstone*, que se estende para o sul, além dos limites da folha Serra dos Carajás.

1.2.1.3.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Constitui uma seqüência de rochas supracrustais, de natureza metavulcanossedimentar, com paragêneses diagnósticas da fácies xisto-verde baixo. A análise das diferentes estações geológicas denuncia tratar-se de um conjunto litológico dominado por metamafitos, metaultramafitos e metassedimentos, cujo padrão texturostrutural é inerente aos efeitos produzidos pela milonitização regional. De um modo geral todos os litótipos exibem uma forte anisotropia estrutural representada por uma conspícua xistosidade ou foliação anastomosada de caráter milonítico. Nos metamafitos e nos metaultramafitos a textura é tipicamente nematoblástica, protomilonítica a milonítica com evidências de polideformação. Nos metassedimentos a textura é tipicamente lepidoblástico-porfiroblástica, com características miloníticas dominantes.

Os metaultramafitos constituem uma seqüência vulcânica epimetamorfizada e transformada em xisto com uma paragênese do tipo actinolita + tremolita + clorita ± talco ± antigorita + opacos.

Os metassedimentos são compostos por xistos micáceos em diferentes graus de cristalização, exibindo uma associação paragenética envolvendo albita + biotita ± quartzo ± muscovita ± microclina ± clorita ± andaluzita ± silimanita ± cianita ± epidoto + apatita + opacos + zircão.

O grupo Sapucaia, com base em suas peculiaridades texturais, estruturais e paragenéticas, representa uma seqüência epimetamórfica que, associada a outros dados geológicos, caracteriza uma seqüência ou um segmento do tipo *greenstone-belt* retrabalhado durante a implantação do cinturão de cisalhamento Itacaiúnas. Textura *spinifex* (fotos II.1.2a e II.1.2b) é encontrada em locais preservados do domínio metaultramáfico. Textura blastofítica reliquiar é encontrada ocasionalmente no domínio metamáfico evidenciando, de forma generalizada, uma ortoderivação a partir de protólitos vulcanoultramáficos e basálticos, respectivamente.

Albita-xistos muscovíticos e biotíticos espacial e intimamente associados aos componentes vulcânicos denunciam uma paraderivação a partir de um protólito sedimentogênico com características composicionais aluminosas, a deduzir-se da presença algo freqüente de minerais ou silicatos complexos de metamorfismo pertencentes à série polimorfa de silicatos de alumínio anádricos.

1.2.1.3.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

As lavas ultramáficas dessa unidade se alinham segundo um *trend* komatítico que mostra uma variação peridotito-basáltica sem um *gap* drástico reconhecido. Esse *trend* é indicativo de uma evolução geoquímica controlada por fracionamento olivínico, acusativa de rochas cumulativas (MgO > 30%).

Na cobertura aeromagnetométrica a unidade apresenta um padrão bastante característico, principalmente nas porções máfico-ultramáficas, onde é constante a presença de feições lineares desenhando um alto relevo magnético com os eixos das anomalias orientados de forma anastomosada no *trend* geral de foliação. Esse padrão magnético facilita a cartografia da unidade, mesmo em áreas arrasadas. Nas porções metassedimentares o relevo magnético torna-se suave, mas, onde há coexistência com porções máficas de relevo forte, a caracterização da unidade torna-se facilitada. No levantamento aerogamaespectrométrico esse grupo rochoso reflete quase sempre baixos níveis radiométricos, registrados em sua quase-totalidade, abaixo de 500 e 300cps.

São cadastrados nessa unidade mais de uma dezena de garimpos de ouro aluvionar e primário, todos eles alinhados em zonas de deformação concentrada. Além do ouro, na extremidade W da unidade registra-se a ocorrência de amianto.

1.2.1.3.5 Idade e correlação

A ausência de dados radiométricos impede precisão no posicionamento cronológico da unidade. No entanto, as fortes similaridades litológicas e metalogenéticas, com outras supracrustais, tidas como de idade arqueana, permitem sugerir uma correlação cronolítica dessa unidade com o grupo Tucumã e outras seqüências do sul do Pará. Apenas o padrão estrutural do grupo Sapucaia difere daquele apresentado pelas supracrustais do sul da folha Serra dos Carajás, por incorporar um retrabalhamento crustal característico do cinturão de cisalhamento Itacaiúnas.

1.2.1.4 Granito estratóide Plaqué

1.2.1.4.1 Histórico

No domínio do cráton Amazônico, especialmente na sua porção sul, já há algum tempo ensaiaram-se tentativas de individualização de granitóides intimamente relacionados ao complexo Xingu. Assim é que Martins & Araújo (1979) e Jorge João et al. (1987) cartografaram o que denominaram na época de granitóides GR e granito João Jorge, respectivamente. Tais registros, no entanto, tinham

mais um enfoque composicional e não chegaram a avançar no entendimento da geração, do mecanismo de colocação e até mesmo da morfologia particular desses corpos.

Araújo et al. (1988) identificaram e cartografaram os granitóides deformados lenticulares da folha Serra dos Carajás, os quais foram denominados de suíte Plaqué e preliminarmente interpretados como produtos da fusão crustal, durante o evento de cisalhamento dúctil.

Neste trabalho, esses segmentos lenticularizados são entendidos como gerados, evoluídos e colocados em íntima associação com o cinturão Itacaiúnas. Tendo em vista as marcantes particularidades composicionais e morfológicas desses corpos, propõe-se agora acrescentar à referência geográfica Plaqué o termo informal granito estratóide, com o qual a unidade ficará mais precisamente caracterizada, tanto por sua predominância composicional, como por sua feição morfológica muito sugestiva do seu mecanismo de geração e colocação.

1.2.1.4.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O granito estratóide Plaqué tem distribuição bem generalizada a sul da serra dos Carajás até as proximidades da passagem do cinturão Itacaiúnas para o terreno granito-greenstone na porção SW da folha. A unidade pode ser considerada como um grande marco do cinturão Itacaiúnas e é representada por segmentos alongados, lenticularizados, de comprimento e largura variados. Via de regra, a maior dimensão dos corpos dispõe-se num *trend* geral E-W.

No que se refere à morfologia dos conjuntos individualizados, estes apresentam em geral um relevo bem impresso nos mosaicos de radar e mais atenuado nas imagens de satélite. Tal relevo é constituído por morros e morrotes de topos abaulados constituindo conjuntos orientados preferencialmente na direção geral da foliação.

Os granitos estratóides Plaqué mantêm relação de contato concordante, principalmente com os litótipos do complexo Xingu, embora hajam relações localizadas com a seqüência granolítica do rio Cateté, com as metavulcânicas do grupo Grão-Pará no extremo-NW da folha, e com algumas lentes de supracrustais na porção central da área.

1.2.1.4.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Os granitos estratóides Plaqué são representados litologicamente por tipos de composição essencialmente granítica, com diferentes intensidades na anisotropia estrutural materializadas por espécies-tipo pouco foliadas até variedades marcadas por uma forte foliação milonítica (fotos II.1.3 e II.1.4). Compreende rochas de granulação predominantemente média, equigranulares a inequigranulares, de coloração róseo-clara a róseo-aver-

melhada e com índice de coloração hololeucocrática a leucocrática.

A rigor, constituem biotita e/ou muscovita-granitos, onde de um modo geral a textura é granolepidoblástica, homogênea, equigranular ou heterogênea inequigranular.

A assembléia mineral é dominada por microclina, plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, \pm hornblenda, \pm titanita \pm clorita, alanita, zircão e opacos.

A microclina ocorre como cristais subidioblásticos de moderada a alta triclinicidade, geralmente como grãos ocelares (foto II.1.5), porfiroclásticos reliquiares, exibindo efeitos de deformação por cataclase e milonitização. O plagioclásio é do tipo albita cálcica-oligoclásio sódico, mostrando contorno subidioblástico parcialmente sericitizado, com parcial transformação metassomática para neomicroclina. Grãos ocelares reliquiares são freqüentes, exibindo efeitos de tensões internas e o desenvolvimento ocasional de uma frente mirmequítica particularmente ao longo dos contatos com a microclina.

O quartzo é outra fase mineral essencial, extremamente variável em granulação, efeitos deformacionais e grau de recristalização. Extinção ondulante, lamelas de deformação, formação de subgrãos e novos grãos, bem como forma ribonada são marcantes nas variedades com mais alta taxa de deformação.

A muscovita e a biotita (cloritizada ou não) são as fases minerais varietais dominantes, geralmente ocorrendo em íntima associação, dispostas segundo uma orientação preferencial (foto II.1.6), e formando ou constituindo níveis ou planos que ocasionalmente marcam os planos de cisalhamento. Alanita, zircão e opacos são freqüentes; a titanita e hornblenda, de ocorrência mais restrita, completam a paragênese.

As características texturais e mineralógicas sugerem um ambiente magmactônico sincinemático a tardicinemático com um mais avançado grau de evolução petrogenética em relação aos granitóides componentes da unidade complexo Xingu fundamentalmente pelo caráter mais potássico-microclínico e pela ausência de macro e microrrestitos máficos.

1.2.1.4.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Essa unidade é constituída por rochas graníticas, com tendência predominantemente adamelítica mostrando linhagem aluminosa e hiperaluminosa a coríndon normativo, com características de geração por fusão crustal.

A cobertura aeromagnetométrica revela para tais granitóides feições planares com padrões de densidade de curvas isomagnéticas caracterizando médio a baixo relevo magnético. Tais variações na intensidade, na forma das anomalias e na definição dos eixos magnéticos, são controladas pelas variações composicionais e deformacionais. Os mapas aerogamaespectrométricos refletem mais as

variações composicionais da unidade, registrando valores em média de 1.000cps nos litótipos graníticos e em torno de 500cps nos termos menos potássicos. A forma lenticularizada dos corpos é realçada nesse tipo de levantamento aerogeofísico.

Na unidade, apenas a ocorrência de um garimpo abandonado de cassiterita foi registrada.

1.2.1.4.5 Idade e correlação

O granito estratóide Plaquê, como a maioria das unidades do cinturão Itacaiúnas, apresenta sérias dificuldades para uma precisa caracterização geocronológica. Alia-se a esse fato o até então deficiente conhecimento e entendimento da unidade, o que de certa forma muitas vezes não tem sido levado em consideração nas tentativas de datações de algumas seqüências.

Do que se conhece agora, dentro de um modelo de evolução crustal, onde um retrabalhamento por cisalhamento dúctil é bastante evidenciado, tais conjuntos rochosos são entendidos como gerados por esse regime no final do Arqueano.

Dentro do cinturão Itacaiúnas, transcendendo aos limites da folha Serra dos Carajás, alguns granitóides descritos anteriormente como João Jorge (Jorge João, op. cit.) e GR (Martins & Araújo, op. cit.) podem ser correlacionáveis ao granito estratóide Plaquê.

1.2.2 Domínio transcorrente

1.2.2.1 Sistema serra dos Carajás

Tendo em vista que o complexo Xingu, unidade inferior desse domínio, tem nesse contexto ocorrência mais discreta, já tendo sido sua descrição apresentada no subitem anterior, sua abordagem aqui é dispensável.

A distribuição das unidades e o arranjo estrutural simplificado do sistema serra dos Carajás são visualizados na figura II.1.6.

1.2.2.1.1 Gnaisse Estrela

1.2.2.1.1.1 Histórico

Silva et al. (1974) ensaiaram a primeira tentativa de individualização cartográfica dessa unidade quando lhe esboçaram um contato litológico aproximado no domínio do complexo Xingu, no contexto da serra homônima.

DOCEGEO (1981) individualizou e cartografou o maciço que compõe a serra Estrela, denominando-o de granito intrusivo anorogênico tipo serra dos Carajás e Seringa.

Meireles et al. (1984) denominaram de granito Estrela

ao batólito da serra homônima, fazendo o seguinte comentário: “embora de caráter intrusivo, é provável que seja de um evento mais antigo aos demais da área, pois apresenta-se foliado e gnaissificado”.

DOCEGEO (1987) ratifica o termo granito Estrela, considerando-o tentativamente no Proterozóico Inferior, ressaltando, no entanto, o caráter de incerteza do posicionamento.

Araújo et al. (1988) reconhecem a possibilidade de uma natureza intrusiva da unidade no complexo Xingu, admitem a necessidade de uma melhor definição para seu posicionamento estratigráfico, sugerindo-lhe uma idade arqueana.

Neste trabalho, em estudo mais detalhado da unidade, observou-se que o “corpo” Estrela possui variações

morfológicas, composicionais, metamórficas, deformacionais e acima de tudo uma assinatura geofísica marcante que permite não apenas uma revisão na sua cartografia como na conceituação de sua denominação. Assim, corroborando a proposta de Araújo et al. (op. cit.), apoia-se a utilização do termo “gnaisse”, bem mais genérico, em substituição ao termo “granito”. Muito embora numa conotação composicional de relativa abundância tal termo pudesse ser considerado, ele não parece ser mais adequado para designar um conjunto com tamanha variedade de composição, metamorfismo e deformação. Do mesmo modo, a cartografia da unidade foi reavaliada, não apenas apoiada nas seções geológicas efetuadas em campo, como também nos significativos registros do levantamento aerogamaespectrométrico.

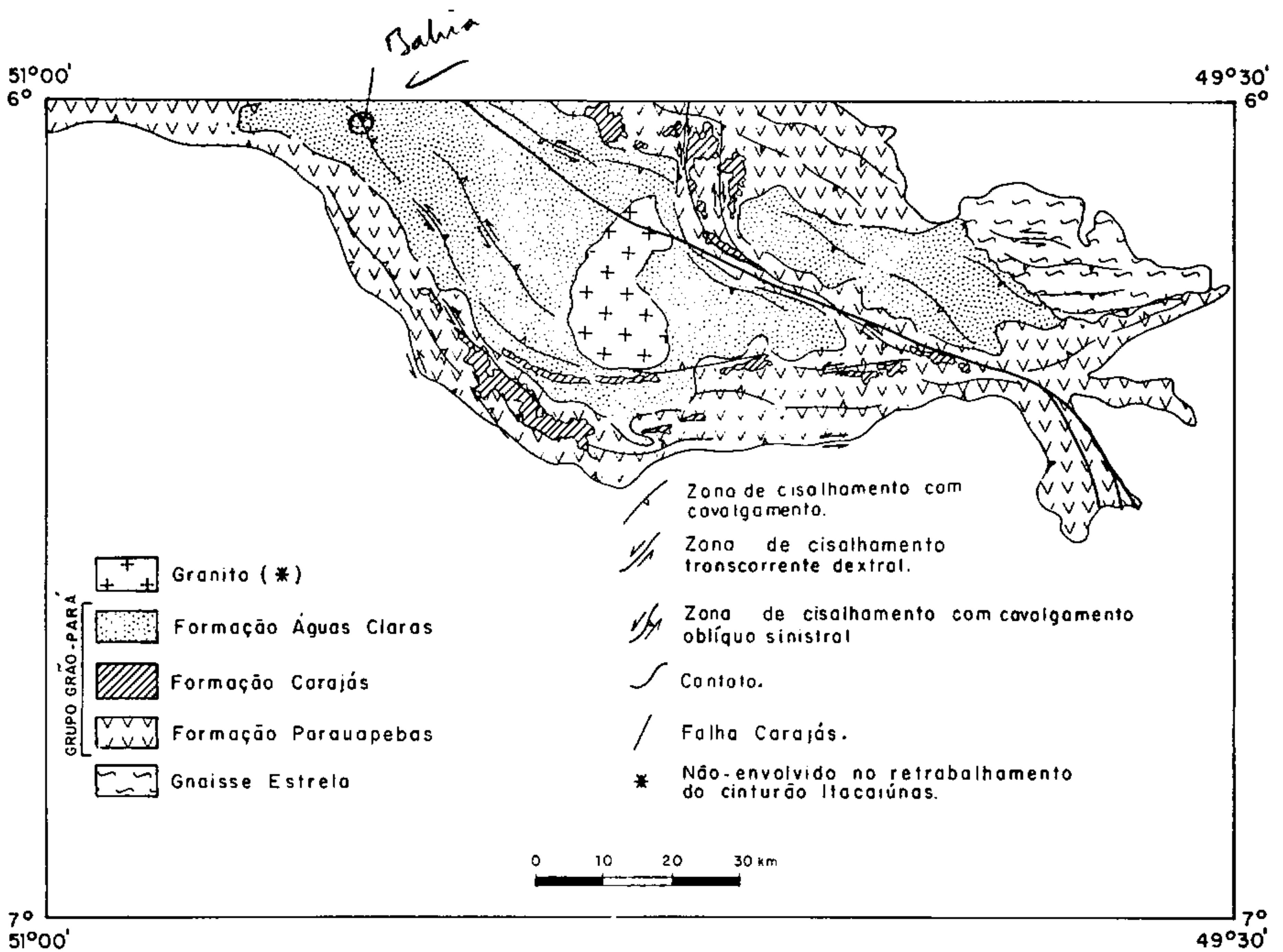


Fig. II.1.6 – Domínio transcorrente – sistema serra dos Carajás (distribuição das unidades litostратigráficas e arranjo estrutural simplificado).

1.2.2.1.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contatos

O gnaiss Estrela tem área de ocorrência típica na serra homônima, na porção NE da folha Serra dos Carajás, a leste do rio Parauapebas e, principalmente, a sul da rodovia PA-275.

Grande parte da unidade exhibe relevo montanhoso, formando um conjunto ligeiramente elíptico, alongado na direção WNW-ESE. Tal morfologia é bem caracterizada em fotografias aéreas e imagens radargramétricas, porém mais discretamente nas imagens de satélite. Algumas porções da unidade, no entanto, apresentam-se em relevo peneplanizado, significando que os seus limites transcendem àquelas da morfologia mais acentuada, em outras ocasiões utilizada como guia cartográfico.

O gnaiss Estrela ocorre como encravado seguindo a orientação geral dos litótipos do complexo Xingu, mantendo também relacionamento espacial com os metamorfitos dos grupos Grão-Pará, a sul, e Rio Novo, a norte.

1.2.2.1.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

As variedades litológicas da unidade Estrela têm uma composição essencialmente granítica *lato senso* com tipos tonalíticos, granodioríticos e graníticos com diferentes granulações, índice de coloração e intensidades na anisotropia estrutural. Localmente, são encontradas evidências de migmatização com diferentes padrões estruturais, bem como paragêneses e aspectos texturais indicativos de metamorfismo de alto grau materializado pelas rochas granoblastíticas.

A mineralogia é dominada por uma associação de plagioclásio, microclina, quartzo, hornblenda marrom-esverdeada, \pm alanita, \pm biotita, \pm zircão, \pm titanita, \pm epidoto, \pm opacos, em ordem decrescente de abundância.

A textura é geralmente granoblástica a granonematoblástica e poligonal, homogênea ou equigranular. Material cristalino cominuído é presente de um modo geral em quantidades subordinadas, caracterizando uma dominância de tipos protomiloníticos. Hornblenda marrom-parda a esverdeada, microclina mesoperfítica e a relativa abundância de zircão e alanita são elementos bem distintos da maioria dos litótipos da unidade Estrela, com metamorfismo dominante na transição da fácies metamórfica de médio a alto grau.

1.2.2.1.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Esses litótipos mostram composições essencialmente sienograníticas ou predominantemente potássicas. Seguem uma linhagem toleítica com nítido enriquecimento em ferro e um índice petrogenético superior à unidade.

O padrão aeromagnético da unidade é caracterizado por uma intensidade magnética moderadamente alta, como aquela exibida pelo complexo Xingu, sem, no entanto, revelar a feição planar tão marcante daquela unidade. No que diz respeito à assinatura aerogamaespectrométrica, é marcadamente anômala em registro obtido, mesmo em mapa de contagem total. Os níveis radiométricos da maior porção da unidade ultrapassam 2.000cps com boa parte ultrapassando os 3.000cps e até alcançando 4.000cps. Tal padrão, além de constituir a maior e mais intensa anomalia radiométrica da folha, auxiliou no entendimento da cartografia da unidade, extrapolando muitas vezes os limites indicativos da topografia.

Nesse conjunto rochoso são cadastrados vários garimpos de ouro aluvionar, todos eles "coincidentemente" alinhados com *trends* de zonas de cisalhamento.

1.2.2.1.1.5 Idade e correlação

Até hoje nenhuma datação radiométrica foi tentada para a unidade, e os ensaios de posicionamento cronológico têm sido apenas especulativos. No entanto, é bem sugestiva uma afinidade espaço-temporal com o complexo Xingu, muito embora possível relação de intrusão antiga não possa ainda ser descartada. Dessa forma, preliminarmente pode-se admitir sua posição estratigráfica entre o complexo Xingu e o grupo Grão-Pará.

1.2.2.1.2 Grupo Grão-Pará

1.2.2.1.2.1 Histórico

A primeira referência à unidade foi feita indiretamente por Moraes Rego em 1933, quando, trabalhando no rio Itacaiúnas, registrou a presença de formação ferrífera na região da serra dos Carajás.

Barbosa et al. (1966) fizeram referências mais diretas sobre a geologia da serra dos Carajás e associaram as rochas ali ocorrentes à formação Piauí.

A partir de 1967, quando geólogos da Companhia Meridional de Mineração descobriram depósitos de minérios de ferro, a área passou a ser alvo de intensas pesquisas geológicas.

Tolbert et al. (1970) fizeram as primeiras tentativas de um empilhamento estratigráfico para a região. Houve o reconhecimento de um embasamento granito-gnáissico e de seqüências metassedimentares associados com itabiritos e mais localmente com metavulcânicas básicas. Em discordância com essas rochas, os autores descrevem arenitos e conglomerados correlacionados à formação Gorotire proposta por Barbosa et al. (op. cit.).

Outros autores, como Suszczyński, Rezende & Barbosa

e Puty, no ano de 1972, referem-se às rochas da serra dos Carajás, especificamente ao que denominavam de "formação ferrífera".

Ainda em 1972, as equipes da CVRD e da Companhia Meridional de Mineração introduziram a denominação de grupo Grão-Pará, para englobar as seqüências de rochas vulcânicas denominadas de paleovulcânicas superiores e inferiores, e o minério de ferro itabirítico denominado então de formação Carajás.

Liandrat (1972) reconheceu na área três unidades. À mais antiga, contendo o protominério de ferro, chamou de formação Carajás, e às outras, de formações Zé Gladstone e Igarapé do Ouro, correlacionáveis, segundo ele, às formações Rio Fresco e Gorotire-Cubencraquém, respectivamente.

Beisiegel et al. (1973) e Anderson et al. (1974) seguem basicamente a estratigrafia proposta pelo consórcio CVRD/CMM (1972), e mantêm a denominação de formação Gorotire para o pacote sedimentar da serra dos Carajás.

Silva et al. (1974) ratificam a denominação do grupo Grão-Pará, posicionando-o no Pré-Cambriano Superior a Médio, posterior ao grupo Tocantins, e passam a correlacionar a seqüência sedimentar clástica com a formação Rio Fresco de Barbosa et al. (op. cit.).

Isler (1977) adotou a terminologia de grupo Grão-Pará, concluindo que se trata de um pacote rochoso metamorfozido em fácies xisto-verde a anfíbolito.

Outros autores adotaram também a denominação de grupo Grão-Pará, a exemplo de Valarelli et al. (1978) e Martins & Araújo (1979).

Santos (1980) adota a mesma terminologia, mas propõe a separação das rochas quartzíticas, anfíbolíticas e xistosas com formação ferrífera bandada, denominando-as de seqüências metassedimentares-metavulcânicas.

Meyer & Farias (1980) definem a seqüência Salobo-Pojuca a partir da descoberta das jazidas de cobre na região.

No ano de 1982, vários autores como Bernardelli et al., Hirata et al., Tassinari et al. e Cordani et al. adotam o termo grupo Grão-Pará. Nesse mesmo ano, Hirata et al. propõem nova coluna estratigráfica informal para essa província, incluindo os *greenstone-belts* no complexo Xingu, retirando a formação Rio Fresco do grupo Uatumã e posicionando a seqüência Salobo-Pojuca discordantemente sobre o embasamento e abaixo do grupo Grão-Pará, até então admitido com idade proterozóica. No trabalho de Tassinari et al. (1982), datações em rochas da seqüência Salobo-Pojuca revelam idades em torno de 2700m.a. (Rb-Sr).

Medeiros Neto & Villas (1984) consideram a formação Carajás (Beisiegel et al., 1973) e a seqüência Salobo-Pojuca como diferentes fácies de uma mesma unidade. Ainda em 1984, Meireles et al. denominam a parte inferior do grupo Grão-Pará de formação Parauapebas e ressaltam a ocorrência de rochas vulcanofélsicas associadas com as máficas. Figueiras & Villas (1984) e Serique & Ramos

(1984) discordam da correlação entre a seqüência clástica de cobertura da serra dos Carajás com a formação Rio Fresco de Barbosa et al. (op. cit.), e apresentam argumentos e evidências nesse sentido.

Wirth et al. (1986) dão importante contribuição para o conhecimento da geologia da folha Serra dos Carajás e apresentam datações radiométricas pelo método U-Pb, em zircões do granito Central e metarrolitos do grupo Grão-Pará, obtendo respectivamente idades de 1820 ± 56 m.a. e 2758 ± 39 m.a. Concluem ainda que feições estruturais ligadas a processos de rotação e boudinagem são comuns nos pacotes rochosos do grupo Grão-Pará. Ainda em 1986, Gibbs et al. interpretaram as rochas vulcânicas do grupo Grão-Pará como produtos de um vulcanismo continental, a partir de material mantélico contaminado a nível crustal durante o processo de ascensão e diferenciação magmática.

DOCEGEO (1987), em encontro do IGCP, propõe uma revisão na coluna estratigráfica de Hirata et al. (1982). São sugeridas as denominações de grupos Salobo, Pojuca, Grão-Pará, Bahia e Buritirama, de idade arqueana, como fazendo parte do supergrupo Itacaíunas.

Como modelos geotectônicos, várias tentativas foram ensaiadas, principalmente na década de 1980 com Cordani & Brito Neves (1982), Hasui et al. (1984), Lima (1984), Santos & Loguércio (1984) e Dardenne et al. (1987), todos eles demonstrando, no entanto, a carência do nível de conhecimento para considerar a região como bem-definida.

É comum, na maioria dos trabalhos, uma proliferação de terminologias, e os modelamentos tectônicos apresentados baseiam-se fundamentalmente em estudos petrográficos e geocronológicos, negligenciando-se um melhor entendimento da evolução estrutural da área, interpretada classicamente como um sinclínio falhado.

Recentemente, com os trabalhos desenvolvidos pela CPRM para o Programa Carajás, Araújo et al. (op. cit.) propõem um modelo alternativo para a megaestruturação da folha Serra dos Carajás, mostrando que ela faz parte de um cinturão de cisalhamento dúctil caracterizado por dois domínios estruturais distintos; o primeiro, a sul, compreendendo um sistema imbricado de zonas de cisalhamento representantes de uma tectônica essencialmente compressiva, e o segundo, a norte, representando parte de uma grande estrutura em flor positiva ligada a um sistema direcional de caráter sinistral. A partir desse entendimento é descartada a idéia clássica da estrutura sinclinal proposta por Beisiegel et al. (1973), bem como um arranjo geométrico tipo *pop up* para explicar a estruturação divergente do grupo Grão-Pará.

As limitações impostas pela escala do trabalho e a carência de informações geológicas de detalhe impedem grandes avanços na definição do arranjo estratigráfico, naturalmente complicado pela própria lenticularização e imbricação generalizada das unidades.

Ainda assim, as várias contribuições prestadas prin-

principalmente pelos trabalhos mais recentes, onde são descritas feições geométricas particulares nas várias unidades, permitem entender o grupo Grão-Pará como evoluído a partir de uma bacia ligada a um sistema transcorrente preenchida na fase distensiva por espessa seqüência vulcanossedimentar e formações ferríferas, lenticularizadas e imbricadas durante a fase de inversão. Como os diferentes conjuntos rochosos atribuídos a várias unidades distintas (seqüência Salobo-Pojuca, formações Carajás e Rio Fresco) etc., apresentam o mesmo padrão deformacional, elas passam a ser entendidas como integrantes do grupo Grão-Pará.

Nesse contexto é proposta a manutenção do termo formação Parauapebas (DOCEGEO, 1984, in: Meireles et al., 1984) para designar a seqüência metavulcânica do grupo, bem como a preservação da nomenclatura Carajás de Beisiegel et al. (1973) para as formações ferríferas. Quanto à porção metassedimentar, bastante preservada e isenta de deformação apenas na porção mais interna da bacia, a própria conotação cronológica e ambiental do conjunto torna mais coerente a mudança da nomenclatura Rio Fresco para formação Águas Claras, como proposto por Araújo et al. (1988), nome do igarapé que encerra excelentes exposições da unidade.

1.2.2.1.2.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O grupo Grão-Pará, como agora definido e envolvendo tanto as formações ferríferas (formação Carajás) e as metavulcânicas (formação Parauapebas), como os metassedimentos (formação Águas Claras) da serra dos Carajás, ocupa uma área de aproximadamente 1/3 da folha trabalhada, dispondo-se notadamente na sua porção central, mais superior, preferencialmente no interflúvio Itacaiúnas/Parauapebas.

As porções metavulcânicas e as formações ferríferas têm áreas de ocorrência mais significativas nas bordas da estrutura, onde é comum o caráter lenticularizado dessas litologias, até mesmo com segmentos metassedimentares.

As porções metassedimentares têm ocorrências registradas nas porções marginais da estrutura, mantendo, no entanto, maior expressão areal para o seu centro, onde o caráter deformacional e metamórfico diminui, até tornar-se ausente.

A morfologia do grupo é bem caracterizada por uma feição megassigmoidal alongada e rotacionada sinistralmente nas direções WNW/ESE. O relevo do conjunto é marcadamente acentuado, com serras de cristas mais alongadas nas bordas da estrutura e mais abauladas para o centro.

As relações de contato das unidades do grupo Grão-Pará entre si, como já destacado anteriormente, são de formas essencialmente lenticulares e imbricadas, notadamente nas porções mais marginais da bacia.

Em relação às outras unidades do cinturão, o grupo Grão-Pará mantém contato conformável com o complexo Xingu, com o gnaiss Estrela e com os granitos estratóides Plaquê e tem sua porção metassedimentar cortada discordantemente pelo granito anorogênico da serra dos Carajás (Central).

1.2.2.1.2.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

A formação Parauapebas é representada por uma seqüência metavulcanomáfico-félsica. Metabasaltos e metadacitos são os litótipos que dominam a unidade exibindo efeitos de transformação mineralógica e recristalização metamórfica inerente à fácies xisto-verde baixo a alto. Nos metabasaltos a textura é geralmente blastofítica e a paragênese é constituída por plagioclásio-actinolita, diopsídio reliquiar, matriz microcristalina, quartzo subordinado, titanita e opacos. Os metarriolitos e metadacitos mostram uma textura geralmente blastoporfírica e uma assembléia mineral representada por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, matriz microcristalina e minerais ferromagnesianos alterados. De um modo geral essa seqüência metavulcanomáfico-félsica mostra variados graus de cloritização, silicificação, carbonatização e epidotização. Ocasionalmente é observada a presença de vesículas preenchidas por esses minerais secundários.

A formação Carajás compreende a formação ferrífera bandada e os corpos de minérios de ferro associados. Intimamente relacionadas a esses tipos litológicos ocorrem camadas jaspelíticas de conspícua laminação, com níveis milimétricos e alternados de quartzo micro a criptocristalino e níveis de óxido de ferro (hematita, martita e subordinadamente magnetita).

A formação Águas Claras constitui a componente sedimentar da seqüência supracrustal e é representada por litofácies psamopelíticas com contribuição química subordinada. Metarenitos conglomeráticos, subarcozianos localmente com aspectos brechóides. Os metarenitos são constituídos por um agregado de grãos de quartzo e fragmentos de rocha, malselecionados, associados a uma significativa matriz sericítica e cimento silicoso e/ou ferruginoso. A matriz essencialmente sericítica é resultante da recristalização metamórfica de material caulínico em condições que variaram do anquimetamorfismo à fácies xisto-verde. A textura é clástica por deposição, em que grãos de quartzo e grãos líticos parecem "flutuar" na massa matricial formada por aglomerados sericíticos e, ocasionalmente, os metarenitos mostram um avançado estágio de litificação e diagênese. Incipientes processos deformacionais tendem a um rearranjo textural imprimindo uma sutil anisotropia estrutural.

Siltitos e argilitos de cores variegadas, bem-laminados, de aspecto rítmico, estão localmente associados a camadas manganíferas e representam o topo da seqüência metassedimentar.

Os avanços no entendimento da ambiência sedimentar da formação Águas Claras, bem como o questionamento de seu posicionamento estratigráfico, são apresentados a seguir.

- Descrição das litofácies

O processo de inversão pelo qual passou a bacia que abriga o pacote sedimentar que constitui a formação Águas Claras provocou uma lenticularização das camadas obliterando, em parte, as estruturas sedimentares primárias, principalmente nas porções marginais da bacia. O arranjo final tectonostratificado desses sedimentos não permitiu, à luz dos trabalhos de mapeamento executados no projeto, uma estimativa sobre a espessura do pacote e a cartografia de suas litofácies, mas tão-somente a associação destes.

Apesar da deformação imposta aos litótipos marginais da unidade, afetando a própria geometria deposicional dos sedimentos, bem como a qualidade e a descontinuidade dos afloramentos estudados, foi possível diagnosticar quatro litofácies com base na análise dos seguintes atributos: estruturas sedimentares, textura macroscópica e geometria, que possibilitaram a reconstrução paleoambiental.

a) Litofácies Aca

Essa litofácies é constituída por arenito com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte. O arenito é de cor cinza-esbranquiçada, granulometria média a grossa, imaturo, sericítico, moderadamente selecionado, constituído predominantemente de grãos de quartzo subarredondados. A geometria deposicional é lenticular com moderada extensão lateral e *sets* que variam de 0,5 a 1,5m de espessura, apresentando ainda milimétricas intercalações de material pelítico. As estruturas sedimentares detectadas, juntamente com os aspectos texturais, permitem interpretar que se trata de depósitos de dunas subaquáticas de um sistema fluvial do tipo *braided*.

b) Litofácies Ams

É representada por arenito com incipiente estratificação cruzada assintótica de baixo ângulo. O arenito é de cor cinza-esbranquiçada, granulometria média, imaturo, moderadamente selecionado, sericítico, constituído predominantemente de grãos de quartzo subangulosos e subarredondados. Geometricamente exibe a forma de lobos macrossigmoidais e é interpretada como um paleoambiente de frente deltaica.

c) Litofácies App

Nessa litofácies foram englobados os arenitos com estratificação plano-paralela de grande porte, coloração cinza-esbranquiçada, granulometria fina a média, bem-selecionados, constituídos predominantemente de grãos

de quartzo arredondados a subarredondados. Geometricamente os *sets* apresentam uma grande tabularidade, com espessuras que variam de 0,5 a 1,0m. O paleoambiente é interpretado como depósitos eólicos resultantes do retrabalhamento das dunas do sistema fluvial.

d) Litofácies Plp

São pelitos fina e incipientemente laminados de modo paralelo. Exibem coloração avermelhada, cinza-escuro a preta, até marrom-arroxeadas. As tonalidades cinza-escuro a preta e marrom são devidas à matéria orgânica. Geralmente evidenciam estruturação interna de aspecto rítmico, originada pelo intracamamento fino com argila e silte em tonalidades mais escura e mais clara, respectivamente. Geometricamente apresentam-se de maneira tabular com persistência lateral, e são interpretados como depósitos lagunares, em ambiente restrito de baixa energia.

- Associação de litofácies

Considerando as litofácies individualizadas e descritas, torna-se possível caracterizar duas associações, as quais designaremos de A e B.

Associação A

Nessa associação são englobadas as seguintes litofácies: Aca como predominante e Ams e App como subordinadas. Essa associação é interpretada como um sistema fluvial do tipo *braided*, com energia moderada, baixa sinuosidade, apresentando períodos relativamente curtos de diminuição de energia e períodos relativamente longos de estiagem.

Associação B

Constituída somente pela litofácies Plp, é interpretada como um depósito de ambiente sedimentar-lagunar, com sedimentação de material fino em suspensão, em águas rasas, calmas, em lagos restritos com presença de matéria orgânica.

- Interpretação do paleoambiente deposicional

Inicialmente, antes de tecermos considerações sobre a interpretação do paleoambiente deposicional da formação Águas Claras, alguns comentários devem ser feitos com relação à retrospectiva histórica dos trabalhos que se referiram a esses sedimentos encontrados na serra dos Carajás.

Há quase duas décadas, aproximadamente, os sedimentos ocorrentes na serra dos Carajás têm sido objeto de inúmeras considerações, no aspecto descritivo do perfil litostratigráfico e sua correlação com outras unidades de cobertura do cráton Amazônico. Contudo, não se obteve muitos avanços no propósito de realmente definir o paleoambiente deposicional.

Ramos et al. (1984) fizeram a primeira tentativa com base em análises granulométricas, comentando que o paleoambiente para esses sedimentos muito se assemelharia aos de ambiente fluvial.

Figueiras & Villas (1984) foram os primeiros a concluir, com base na textura e estruturas sedimentares, que o modelo de ambiente deposicional, altamente viável para esses sedimentos, seria o fluvial de rios anastomosados. Concluíram, também, que os litótipos das circunvizinhanças do granito da serra dos Carajás corresponderiam à seqüência mais distal e, ainda, que as áreas com maior quantidade de fração pelítica seriam aquelas com distâncias ainda maiores.

Cunha (1985), com base nos aspectos tectonossedimentares e na descrição litológica, concluiu que havia um complexo sistema de deposição dirigindo-se de oeste para leste. Comenta ainda que a presença de material carbonoso parece indicar condições de paleoambiente lagunar ou marinho-raso. Ademais, admite que os arenitos quartzosos e conglomerados sugerem uma sedimentação em ambiente continental-fluvial.

Figueiras et al. (1987) interpretaram, com base na textura e nas estruturas sedimentares, os sedimentos ocorrentes na serra dos Carajás, mais precisamente nas cercanias do granito Central da serra dos Carajás, como a seqüência mais distal (barras transversais) e proximal na serra do Paredão (barras longitudinais), de um sistema fluvial de rios entrelaçados. Os ritmitos e pelitos seriam os depósitos assemelhados à fácies de transbordamento ou planície de inundação. Foram constatados também depósitos de origem eólica.

Realizando uma revisão litostratigráfica da província mineral de Carajás, a equipe da DOCEGEO-Distrito Amazônia, em 1988, aborda de modo sucinto, com base em descrição litológica, que a seqüência sedimentar foi depositada numa ampla bacia que cobriu desde as proximidades de Serra Pelada até a área do Cumaru, passando pela região de Rio Maria, e que hoje restaram apenas testemunhos preservados em calhas de sinclinais abertas. Admitem, ainda, que essa seqüência constitui-se, basicamente, numa seqüência clástica transgressiva, pelo fato de encontrar-se depositada sobre várias outras unidades. Em termos litológicos, comentam que na base a granulometria é grossa, gradando para siltitos e sedimentos químicos no topo.

Silva (1988), em seu trabalho sobre a mina de manganês do Azul cita que, para Anderson et al. (1974), os sedimentos do Azul foram depositados em bacia lagunar subsidente e rasa em ambiente epicontinental.

Ainda no ano de 1988, Coelho & Ferraioli, numa tentativa de empilhamento estratigráfico dos sedimentos da serra dos Carajás e baseados em descrição litológica e correlação com outras áreas, abordam que os conglomerados basais e arenitos conglomeráticos do Azul estariam relacionados a um ambiente fluvial. Os arenitos feldspáticos e/ou arcólios e siltitos, com impregnações de

matéria orgânica que ocorrem no topo da seqüência, seriam sugestivos de ambiente lacustre com influência marinha. O aparecimento de siltitos e folhelhos, consecutivamente, evidenciaram uma transgressão marinha. Finalmente, os pelitos negros, carbonosos, com matéria orgânica sapropélica estariam relacionados a sítios de entremaré e/ou mangue.

Como podemos observar nesse breve levantamento histórico, em que pese os esforços de vários pesquisadores nos trabalhos que fazem referências sobre o ambiente de deposição da seqüência sedimentar da serra dos Carajás, com exceção ao trabalho de Figueiras et al. (op. cit.), que promoveram a integração dos critérios diagnósticos como: textura, estruturas sedimentares e geometria, que julgamos de maior importância para interpretação de ambientes deposicionais, os demais autores, apesar de contribuírem para o avanço do conhecimento, não estiveram embasados na integração desses critérios primordiais no que tange à elucidação dos paleoambientes deposicionais.

É bem verdade que ainda serão necessários trabalhos em escala de detalhe para se chegar ao mapa faciológico dessa unidade. Contudo, apesar do estilo tectônico que envolve a formação Águas Claras e a escala de mapeamento do Programa Grande Carajás, o intuito dos autores deste trabalho não é outro senão o de contribuir para melhorar o nível de conhecimento, à luz dos dados coletados no decorrer do mapeamento.

Sem desabonar nenhum trabalho anterior, e certos de que a nossa interpretação não é definitiva, são tecidas as considerações a seguir.

O ciclo deposicional da formação Águas Claras, no âmbito da área trabalhada, implementa-se com arenitos de granulometria média a grossa, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte e intercalações milimétricas de pelitos. Os arenitos indicam transporte por tração num regime de fluxo inferior e representam os depósitos de dunas subaquáticas de um sistema fluvial do tipo *braided*, em sua porção mediana. Esse sistema é de baixa sinuosidade, não-confinado e de energia moderada, demonstrando períodos curtos de diminuição da energia de transporte, registrada pela intercalação de pelitos. Esses depósitos estão bem caracterizados nas exposições localizadas na vicinal do lago da adutora, na estrada N4/N1 e no Areião.

Em sua trajetória, esse sistema fluvial atingiu corpos d'água, provavelmente lagos, registrando-se, então, depósitos constituídos de arenitos de granulometria média, com incipientes cruzadas assintóticas de baixo ângulo, exibindo uma geometria de lobos sigmoidais, com direção predominante de SE para NW, interpretados como fazendo parte de um paleoambiente deposicional de frente deltaica. Esses depósitos podem ser verificados nas exposições localizadas na vicinal da pedreira do granito da serra dos Carajás e na estrada Pojuca-Bahia, próximo ao igarapé Águas Claras.

Em seguida, o sistema fluvial experimentou um período

de estiagem prolongada, com a instalação de um clima árido, o que possibilitou a ação eólica, retrabalhando as dunas, originando os arenitos de granulometria fina a média, bem-selecionados, com estratificação cruzada tangencial de baixo ângulo e geometria tabular, constituindo-se nos depósitos eólicos. As melhores exposições que denotam esse tipo de depósito estão localizadas no rio Itacaiúnas, próximo ao limite norte da folha.

O processo de tectônica distensiva que provocou a implantação da bacia Carajás provavelmente originou a formação de lagos, que podem ser adjetivados de lagos tectônicos. Nesse ambiente desenvolveu-se uma sedimentação de pelitos, fina e incipientemente laminados, com estruturação interna rítmica, carbonosos, e com restos de matéria orgânica, interpretados como depósitos relacionados a um ambiente lagunar, restrito, de águas rasas e calmas, formados às expensas do material em suspensão. Esse ambiente serviu de anteparo para a formação dos lobos sigmoidais de frente deltaica. Os depósitos lagunares estão bem caracterizados na estrada Pojuca-Bahia, próximo ao igarapé Águas Claras e na mina de manganês do Azul.

Em que pese não terem sido encontrados outros depósitos dessa ambiência, não se descarta a possibilidade da existência de outros lagos na região. Estes, provavelmente, foram assoreados pelo sistema fluvial.

Finalmente, a influência marinha nos depósitos lagunares levantada por alguns autores não encontra suporte nos atributos utilizados para a diagnose de fácies nesse ambiente deposicional.

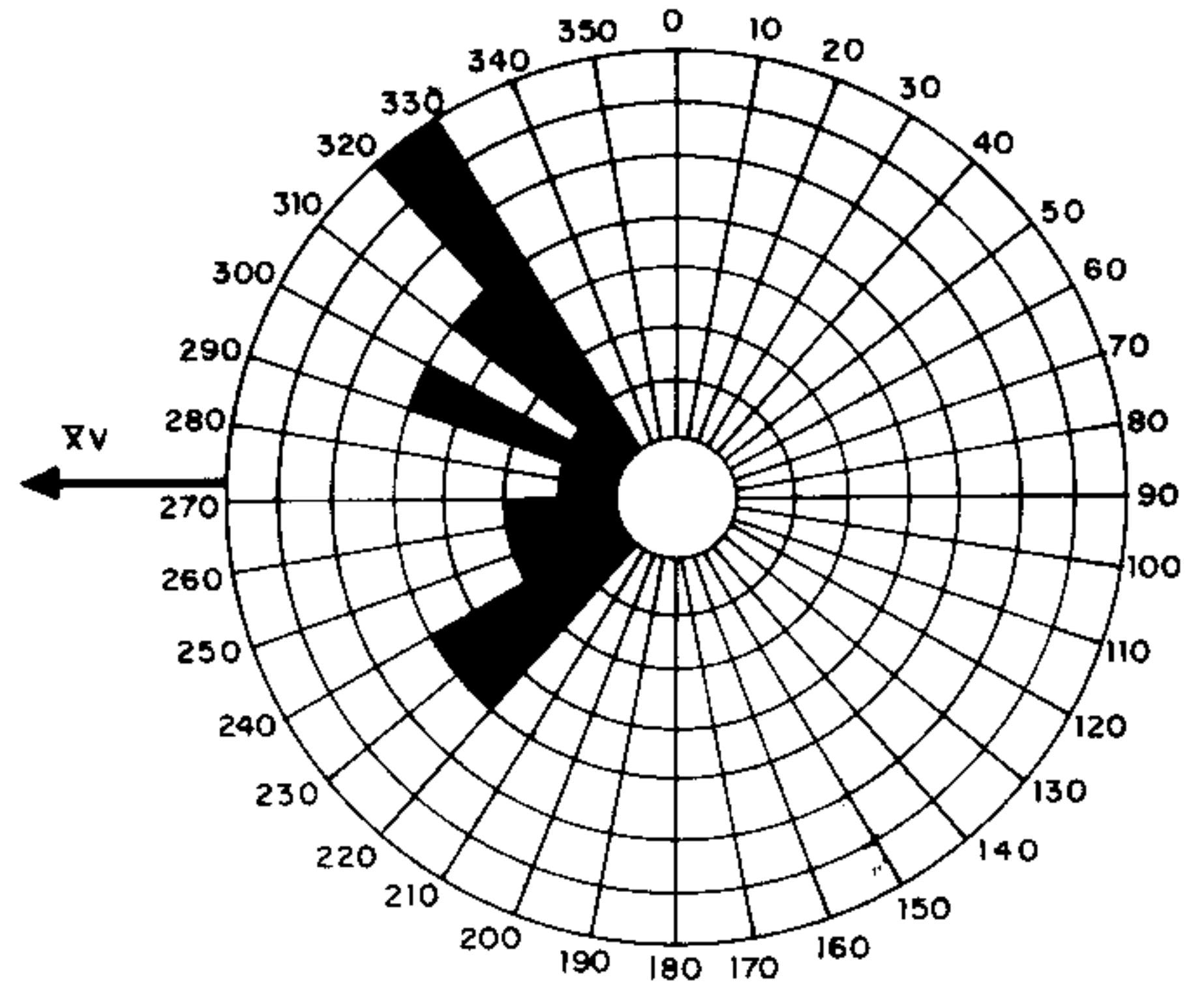
- Estudo das paleocorrentes

Como já reportado anteriormente, a qualidade das exposições e a evidente rotação sinistral da megafeição sigmoidal do grupo Grão-Pará e, em particular da seqüência sedimentar denominada formação Águas Claras, constituiu-se num problema para o estudo das paleocorrentes. Assim, dos afloramentos estudados somente um foi escolhido pelos autores para efetivação desse estudo, precisamente porque esse afloramento representa em grande exposição a fácies predominante do sistema fluvial e exibe com certa clareza estruturas sedimentares primárias preservadas.

O afloramento recebeu a identificação RN-339A e está localizado no Areião, nas circunvizinhanças do granito da serra dos Carajás, onde foram tomadas 102 medidas. A forma de leito é representada pelas dunas subaquáticas e o plano medido foi aquele das cruzadas acanaladas, estrutura que se apresenta entre outras que podem ser utilizadas para esse estudo como a mais fiel ao sentido da paleocorrente local.

O estudo das paleocorrentes revelou que o vetor médio apresenta uma tendência aproximadamente central, na direção W (figura II.1.7), devido ao baixo índice de

consistência encontrado, o que implica ser necessário um maior número de medidas da paleocorrente. Mesmo assim, analisando de modo global as paleocorrentes medidas, podemos concluir que a tendência da sedimentação do sistema fluvial foi para o quadrante NW, isso implicando que a área-fonte deveria se encontrar no quadrante SE para o afloramento investigado.



FOLHA: SB.22-Z-A

UNIDADE: Formação Águas Claras

ESTAÇÃO: RN-339 A

SISTEMA DEPOSICIONAL: Fluvial Braided

FORMA DE LEITO: Duna Subaquática

PLANO MEDIDO: Cruzado Acanalada

ESCALA: 1:3

NÚMERO DE MEDIDAS (n): 102

VETOR MÉDIO (XV): 88°

ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (L): 15%

Fig. II.1.7 - Medida de paleocorrentes.

1.2.2.1.2.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

A caracterização geoquímica da seqüência metavulcânica do grupo Grão-Pará foi objeto de estudo de Gibbs et al. (op. cit.) e Wirth et al. (op.cit.), com esses autores chegando às seguintes conclusões:

- fortes evidências de incorporação de crosta continental mais antiga, pelo magmatismo básico;
- bimodalidade composicional representada por basaltos e riolitos, com ausência de andesitos;
- características químicas de basaltos continentais;

– em relação aos basaltos oceânicos, exibem enriquecimento de K, Rb, Ba e conteúdo de LREE;

– em relação aos basaltos alcalinos, são relativamente deficientes em Th, Nb, Sr, P e Ti.

Os levantamentos aerogeofísicos revelam para o grupo Grão-Pará três padrões aeromagnéticos bem distintos e de certa forma muito bem-relacionados às suas respectivas formações. Assim, a formação Carajás exhibe relevo magnético alto a muito alto, com anomalias dipolares mais freqüentes e intensidade magnética entre 2.500 e 3.000 nT. Já a formação Parauapebas, quando predomina dissociada das formações ferríferas, mostra padrões de relevo magnético médio. Por fim, o padrão de mais baixo relevo magnético é apresentado pela formação Águas Claras, notadamente na porção mais central da estrutura.

A assinatura aeroradiométrica do grupo Grão-Pará caracteriza-se preferencialmente por baixos níveis de radiação associados à formação Carajás, quase sempre situados abaixo de 500cps. Na formação Parauapebas predominam níveis superiores a 500cps, localmente ultrapassando 1.000cps, nas porções ácidas. A formação Águas Claras, no seu conjunto maior, exhibe níveis radiométricos acima de 500cps, embora sejam freqüentes baixos radiométricos, quando a unidade apresenta lenticularização com formações ferríferas.

Nesse conjunto rochoso são relacionadas à formação Parauapebas, além de sulfetos de cobre, ocorrências de ouro aluvionar alinhadas com zonas de cisalhamento. Na formação Carajás são conhecidos os exuberantes jazimentos de ferro, tanto nos domínios da serra Norte como na serra Sul. No contexto da formação Águas Claras, além da mina de manganês do Azul, são conhecidas ocorrências de ouro e cobre associadas a porções lenticularizadas das formações Parauapebas e Carajás.

1.2.2.1.2.5 Idade e correlação

Um grande avanço no conhecimento e entendimento do grupo Grão-Pará foi conseguido a partir dos estudos de Gibbs et al. (op. cit.) e Wirth et al. (1986). Esses autores, além de caracterização composicional da unidade, efetivaram estudos radiométricos nos zircões de metavulcânicas ácidas decompostas, alcançando uma idade U/Pb de 2758 ± 39 m.a. Gibbs et al. (op. cit.) determinaram também através de Rb/Sr em rocha total isócronas de 2687 ± 54 m.a., com razão inicial de Sr de $0,7057 \pm 0,010$, demonstrando alta relação Rb/Sr no material incorporado pelos basaltos. Ainda assim, estatisticamente as duas idades são consideradas como similares e respaldam para os autores “a primeira indicação de que o grupo Grão-Pará, incluindo depósitos de ferro da formação Carajás, é arqueano, sendo portanto bem mais antigo do que previamente suposto”.

Quanto à porção metassedimentar incorporada ao grupo Grão-Pará por Araújo et al. (op. cit.), com a

denominação de formação Águas Claras, justifica-se a mudança da nomenclatura por vários motivos. A referida unidade não apresenta evidências que satisfaçam a uma correlação de cronologia, nem de ambiência deposicional como a formação Rio Fresco de Barbosa et al. (1966), por ligar-se à evolução de uma bacia relacionada a um sistema direcional, desenvolvido no final do Arqueano e caracterizadamente distinta daquela descrita na região do rio Fresco por Barbosa et al. (op. cit.).

1.2.2.2 Sistema Cinzento

A distribuição e o arranjo estrutural simplificado do sistema são mostrados na figura II.1.8.

1.2.2.2.1 Grupo Rio Novo

1.2.2.2.1.1 Histórico

Hirata et al. (1982) descreveram na área do rio Novo (Serenó), na estrada que liga Serra Pelada ao km 16 da PA-275, uma seqüência de anfibólio-cloritaxisto associada a zonas subordinadas de rochas félsicas, formação ferrífera bandada e metacherte. Denominaram essa seqüência de Rio Novo e admitiram a possibilidade de se tratar de um *greenstone-belt*, de idade arqueana, ligado espacialmente à seqüência Salobo-Pojuca.

Meireles et al. (1984) também descreveram na mesma área as formações ferríferas, as metaultramáficas, as metamáficas, uma unidade de quartzocloritaxistos, de provável origem sedimentar, e pequeno nível de metarenito e metaconglomerado, mantendo a denominação proposta por Hirata et al. (op. cit.).

DOCEGEO (1987), no encontro do IGCP, em sua revisão litostratigráfica do distrito de Carajás e sudeste do Pará, passa a denominar a seqüência Rio Novo (Hirata et al., op. cit.) de grupo Cabeça, englobando-o no supergrupo Andorinhas, e admite que rochas máficas e ultramáficas aleitadas (complexo Luanga) podem cortar essa seqüência tipo *greenstone* ligada espacialmente ao grupo Pojuca (DOCEGEO, 1987).

DOCEGEO (1988), em nova revisão litostratigráfica do distrito de Carajás, substitui o denominado grupo Cabeça por supergrupo Andorinhas, termo com o qual agrupa todos as seqüências tidas como *greenstone-belts* da região. Mantém a cartografia de 1987 com ligação espacial do conjunto ao grupo Pojuca, e descreve *sills* máfico-ultramáficos (complexo Luanga) encaixados nas faixas de *greenstone-belt*.

Neste trabalho, aceita-se e restaura-se a denominação proposta por Hirata et al. (op. cit.), agora na hierarquia de grupo, por parecer mais significativa e adequada ao *Código de Nomenclatura Estratigráfica*, considerando, no entanto, para a unidade, uma representatividade areal mais expres-

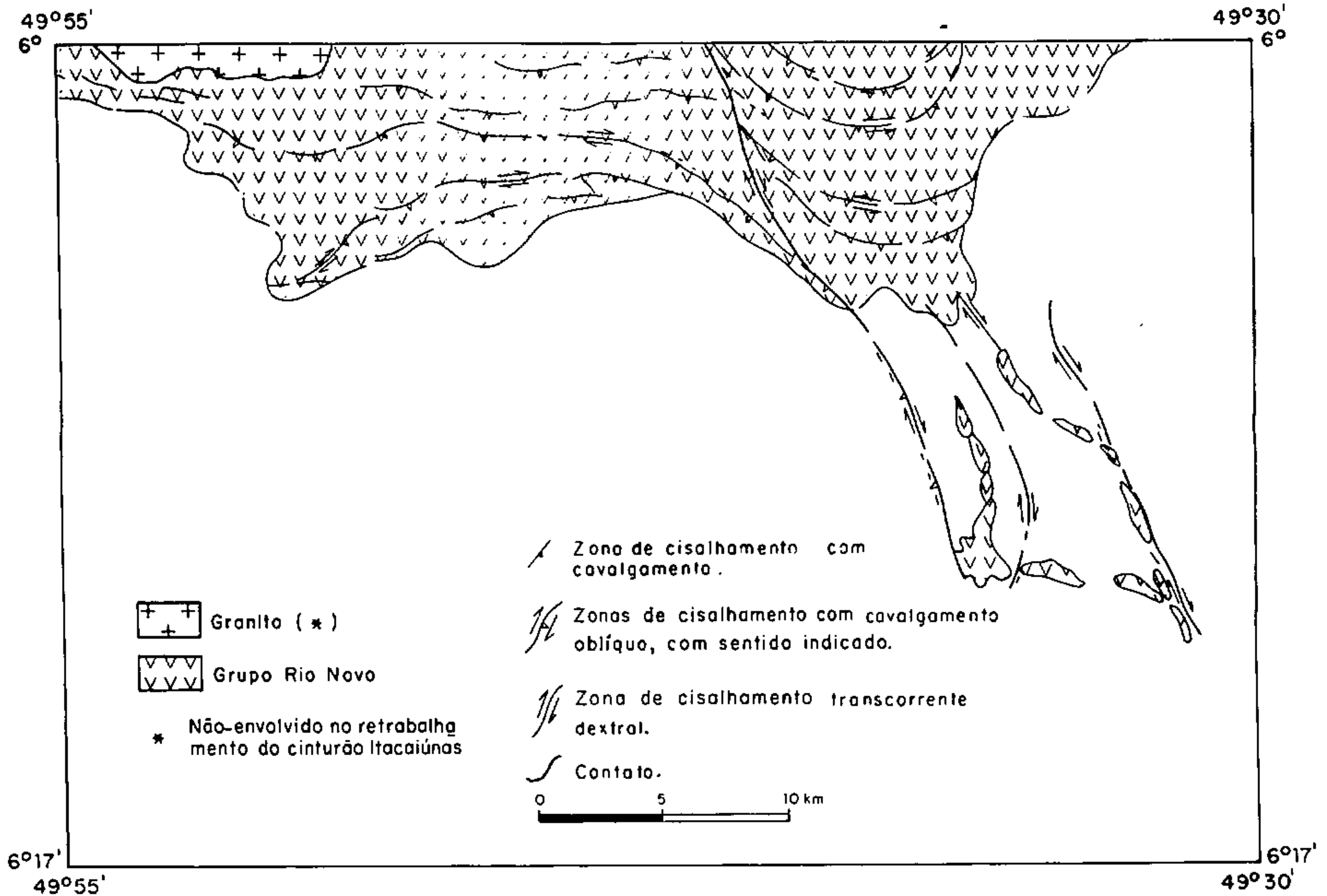


Fig. II.1.8 – Domínio transcorrente – sistema Cinzento.
(distribuição das unidades litostratigráficas e arranjo estrutural simplificado).

siva, englobando agora parte do anteriormente denominado grupo Pojuca (DOCEGEO, op. cit.).

Com o desenvolvimento dos trabalhos da CPRM, não apenas na folha Serra dos Carajás, como também a norte, na folha Rio Itacaiúnas, entende-se o grupo Rio Novo, nos limites da folha, como parte de uma seqüência vulcanosedimentar gerada a partir do desenvolvimento de uma bacia na porção terminal do grande sistema transcorrente Cinzento (Costa & Siqueira, 1990).

1.2.2.2.12 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

A unidade tem área de ocorrência restrita à porção NE da folha, especialmente a norte da rodovia PA-275.

O seu relevo é caracterizado como montanhoso, onde se

observa a presença marcante de serras com cristas alongadas.

Morfologicamente, essa porção do sistema direcional define um arranjo tipo “rabo-de-cavalo” (*horse tail splay*) que corresponde a uma meia-flor positiva, da qual grande parte encontra-se no interior da folha Serra dos Carajás.

O grupo Rio Novo mantém relações de contato com rochas do complexo Xingu, com o gnaiss Estrela e é cortado intrusivamente pelo granito anorogênico Cigano (Dall’Agnol et al., 1987).

1.2.2.2.13 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Compreende uma seqüência rochosa supracrustal, de natureza metavulcanosedimentar, epimesometamorfizada. Metamafitos, metaultramafitos, formações

ferríferas bandadas e xistos paraderivados são componentes rochosos identificados no curso do mapeamento.

Os anfíbolitos ortoderivados são dominados por uma associação hornblenda + plagioclásio \pm quartzo, exibindo uma forte anisotropia estrutural, materializada por uma foliação milonítica. Esses metamafitos, quando envolvidos na milonitização, sugerem um processo de tonalitização que a nível local e regional marcam a zona de contato litológico com o complexo Xingu, como cartografado na Carta Geológica e exemplificado nas estações geológicas OA-120B e OA-123-A.

Intimamente associada aos metamafitos, observa-se a ocorrência de frações metaultramáficas intensamente metamorfizadas e deformadas, predominantemente em fácies xisto-verde alto. Exibem uma assembléia mineral do tipo tremolita + clorita \pm actinolita em forte anisotropia estrutural, evidenciada por uma conspícua xistosidade ou foliação milonítica, como se observa na estação geológica OA-228A.

Como parte integrante dessa seqüência supracrustal, formações ferríferas bandadas de mineralogia simplificada do tipo quartzo-hematita têm ocorrências registradas nas estações OA-86D e OA-228C, sem condições de cartografia na escala deste trabalho.

A porção metassedimentar do grupo Rio Novo é identificada por xistos micáceos bem-representados na estação geológica OA-128. Biotita, muscovita, quartzo e feldspato constituem a assembléia mineral em fácies xisto-verde alto, exibindo um arranjo textural lepidoblástico equigranular. O forte achatamento dos grãos minerais tem como uma das conseqüências deformacionais o desenvolvimento de uma forte anisotropia estrutural representada por uma xistosidade ou foliação milonítica de caráter anastomótico.

O caráter lenticularizado, a complexidade estrutural e as poucas seções geológicas realizadas no domínio da unidade impossibilitaram a cartografia dos diferentes conjuntos rochosos identificados.

1.2.2.2.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Até o momento não foram desenvolvidos estudos geoquímicos na unidade, mas a literatura geológica tem a ela se referido como uma seqüência tipo *greenstone-belt*.

O levantamento aerogeofísico revela para a unidade, via de regra, um alto relevo magnético bem marcado, quase sempre superior a 26.000 nT, associado com anomalias dipolares, sendo apenas localmente atenuado, provavelmente nas porções metassedimentares ou de metavulcânicas ácidas. Do mesmo modo, a aerogamaespectrometria exhibe, preferencialmente, níveis de radiação inferiores a 500cps, apenas ultrapassando esse *range*, provavelmente, nos domínios de metavulcânicas ácidas, e nas proximidades do gnaiss Estrela, por influência deste.

Mais de uma dezena de ocorrências de ouro tanto em ambiente primário como aluvionar foram cadastradas nessa unidade. Além destas, ocorrências de cobre e ferro também são referidas.

1.2.2.2.1.5 Idade e correlação

No desenvolvimento deste trabalho nenhuma tentativa de datação foi ensaiada para a unidade. No entanto, Machado et al. (1988), datando rochas estratificadas do complexo Luanga, tido como "intrusivo" na seqüência do grupo Rio Novo, alcança idade U/Pb de 2763 ± 6 m.a. Essa idade, se comparada com aquela obtida por Wirth et al. (1986) para o Grão-Pará, de 2758 ± 78 m.a., reflete um perfeito sincronismo, plenamente entendível na concepção do desenvolvimento dos dois sistemas direcionais que comportam as duas unidades. Esse sincronismo revela uma correlação senão composicional, pelo que até hoje se conhece das duas bacias, pelo menos temporal e evolutiva.

Outras correlações temporais e até mesmo composicionais podem ser feitas com outras seqüências consideradas tipo *greenstone-belts* do sul do Pará.

1.3 Cinturão Araguaia (regime compressivo oblíquo)

Apesar da estreita faixa de exposição de apenas uma unidade, subordinada à porção SE da folha, desperta particular interesse a evolução histórica dos conceitos acerca do desenvolvimento do conjunto e a compreensão da interação entre suas diversas unidades. Notadamente, nos últimos trabalhos de Costa et al. (1984, 1988), Hasui et al. (1984) e Costa & Hasui (1988), tem-se encaminhado modelos alternativos acerca da dinâmica do cinturão e do entendimento da geometria de seus componentes.

Como apenas pequena porção da formação Couto Magalhães ocorre no contexto da folha Serra dos Carajás, é sobre ela que serão tecidas algumas considerações.

1.3.1 Domínio imbricado

1.3.1.1 Grupo Tocantins (formação Couto Magalhães)

1.3.1.1.1 Histórico

A formação Couto Magalhães inicialmente foi descrita dentro da "Série Tocantins" de Moraes Rego (1933) e, posteriormente, estudada também por Oliveira & Leonardos (1943).

Barbosa (1966) mostra continuidade física entre a porção inferior da "série Tocantins" de Moraes Rego com litologias do grupo Araxá e sugere discordância entre os grupos Tocantins e Araxá. Puty et al. (1972) relatam transição metamórfica entre os dois grupos, reconhecendo,

no entanto, que o grupo Araxá apresenta fácies metamórfica mais elevada que o grupo Tocantins.

Silva et al. (1974) relatam o grupo Tocantins como composto por epimetamorfitos dobrados, com eixo N-S e em contato a oeste com o complexo Xingu discordante metamórfica e estruturalmente.

Hasui et al. (1977) e Abreu (1978) desmembram porção do grupo Araxá com a designação de Estrondo, e dividem o grupo Tocantins nas formações Couto Magalhães e Pequizeiro, englobando-as no supergrupo baixo Araguaia.

Gorayeb (1981) identifica quatro zonas metamórficas no domínio do grupo Tocantins, definindo na porção referente à formação Couto Magalhães uma zona com ausência de metamorfismo ou anquimetamorfismo e outra com presença de sericita-muscovita. Segundo análises químicas, há sugestão de origem sedimentar para a maioria das rochas do grupo Tocantins.

A partir desses trabalhos ganha enfoque especial a tentativa de melhor esclarecer a interação cinturão Araguaia/cráton Amazônico e a inter-relação geométrica das unidades, especialmente nos trabalhos de Costa et al. (1984, 1985, 1988), Hasui et al. (1984), Hasui & Haralyi (1985) e Costa & Hasui (1988).

1.3.1.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

A formação Couto Magalhães, nos domínios da folha Serra dos Carajás, tem ocorrência limitada à extremidade SE, expondo estreita faixa com aproximadamente 2km de largura, disposta no sentido N-S cerca de 25km.

A unidade não apresenta o menor realce morfológico nas imagens radargramétricas e do satélite Landsat, tendo sua individualização possibilitada apenas através de análises estereoscópicas de fotografias aéreas, onde suaves *cuestas* podem auxiliar sua delimitação.

Os anquimetamorfitos da formação Couto Magalhães, de postura estrutural submeridiana, mantêm na folha Serra dos Carajás um relacionamento metamórfico e estrutural discordante com o complexo Xingu, de fácies anfíbolito e postura aproximadamente E-W. Uma possível relação espacial com os granitos estratóides Plaqué não é observável em campo.

1.3.1.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Na faixa de ocorrência dentro do contexto da folha Serra dos Carajás, as poucas exposições visitadas, em número de quatro, dizem respeito unicamente a filitos, na quase-totalidade em adiantado estágio de alteração. Trouw et al. (1976) e Gorayeb (1981) descrevem, no entanto, em outros locais, além dos filitos, ardósias com intercalações de quartzitos, metarenitos, metarcózios, metagrauvas, chertes, filitos carbonáticos, metargilitos, mármore e calcários.

1.3.1.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Os estudos desenvolvidos na unidade não objetivaram nenhuma caracterização geoquímica. Algumas análises químicas efetuadas caracterizaram apenas a natureza sedimentar da formação (Dall'Agnol et al., 1988).

Nos levantamentos aerogeofísicos a unidade exibe uma intensidade magnética na faixa de 26.000 a 27.000nT associada a um fraco relevo, com ausência de anomalias. Nos mapas aerogamaespectrométricos os níveis de radiação situam-se na maior porção acima de 500cps.

Nessa unidade, apenas fora dos domínios da folha trabalhada são referidas ocorrências de calcário.

1.3.1.1.5 Idade e correlação

Hasui et al. (1977) interpretaram o pacote do super-grupo baixo Araguaia como ligado ao ciclo Brasileiro com base em datações K/Ar. Posteriormente, Hasui et al. (1980) consideram o conjunto como do Proterozóico Médio, ligado ao ciclo Uruaçuano em datações preliminares através do método Rb/Sr. Cunha et al. (1981) aventam possibilidade de idade mais antiga. Costa et al. (1988) interpretam a faixa Araguaia como um cinturão de cisalhamento onde transcorrências dúcteis e, mais remotamente, uma tectônica compressiva, provavelmente remontem ao tempo arqueano.

1.4 Unidades proterozóicas (regime distensivo)

No decorrer dos últimos trabalhos desenvolvidos pela CPRM, tem sido despertado grande interesse para um melhor entendimento dos conjuntos proterozóicos do cráton Amazônico. No que se refere ao seu desenvolvimento, discutem-se agora algumas questões fundamentais que envolvem toda a dinâmica do sistema. Seria o Proterozóico, em particular do sul do Pará, e mais precisamente na folha Serra dos Carajás, um evento exclusivamente distensivo? Algumas observações, ainda que pontuais e sem maiores controles até aqui conclusivos, levam a sugerir que pelo menos em parte alguns litótipos, até então cartografados como proterozóicos, apresentam deformações, mesmo que localizadas. Nesse caso, podem ser incluídas algumas estações descritas no contexto da unidade máfica denominada anteriormente como gabro Santa Inês, e alguns pontos relacionados às manifestações ultramáficas. É importante salientar que tais corpos exibem postura estrutural num *trend* NE-SW e que somente poderiam ser entendidos como de idade mais antiga se comprovada a gênese dessas rochas juntamente com possíveis rampas laterais associadas ao regime compressivo do cinturão Itacaiúnas.

Por outro lado, a coexistência dessas rochas discretamente deformadas com litótipos isentos de deformação,

admitidos como de mesma idade, não corresponde à situação mais geral do cinturão de cisalhamento.

A ausência de um suporte geocronológico para melhor definir o posicionamento desses corpos não permite, no momento, que se avance além da sugestão no que se refere a uma possível e localizada tectônica compressiva também de idade proterozóica.

1.4.1 Vulcanismo ácido

1.4.1.1 Histórico

O vulcanismo no cráton Amazônico tem sido referido desde Albuquerque (1922), Oliveira & Leonardos (1940, 1943), que o designaram de série Uatumã. Ferreira (1959) apresenta contribuições ao estudo das litologias e Barbosa et al. (1966) descrevem várias áreas de ocorrência. SUDAM/GEOMITEC (1972) denominaram os vulcanitos ácidos de formação Iriri e IDESP (1972) denomina os termos de composição intermediária da bacia do rio Fresco de formação Sobreiro.

A partir daí, essas denominações foram consagradas pelo menos na região sul do Pará e, apesar das polêmicas estratigráficas em relação às coberturas sedimentares, elas têm sido mantidas na literatura geológica.

1.4.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

Esses litótipos têm, na folha Serra dos Carajás, uma distribuição geográfica muito discreta, tendo sido, ao longo dos muitos perfis realizados, identificados apenas em três estações isoladas e distantes entre si na porção NE da folha, em pontos aproximadamente circundantes ao gnaiss Estrela. Conseqüentemente, nesta escala de trabalho a sua cartografia se torna inviável.

Como as poucas exposições observadas são essencialmente pontuais, torna-se também impossível uma caracterização morfológica para essas ocorrências.

Nos afloramentos cadastrados são descritas rochas vulcânicas de composição essencialmente ácida, admitidas como pertencentes ao evento vulcanoplutônico do Uatumã, ligado ao bem-marcado regime distensivo do Proterozóico. Como tal, as relações de contato dessas litologias com aquelas mais antigas são consideradas de caráter discordante.

1.4.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

De um modo geral, esses vulcanitos ácidos exibem uma textura porfírica de características anorogênicas, em que fenocristais bipiramidais de quartzo e fenocristais eúdricos do feldspato potássico e plagioclásio estão imer-

dos em uma matriz microcristalina quartzofeldspática, à qual se associam opacos, zircão + clorita + muscovita.

1.4.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Montalvão & Silva (1979), estudando óxidos maiores do grupo Uatumã, obtiveram como resultados valores de SiO₂ sempre acima de 67%, Al₂O₃ variando de 13 a 16%, Na₂O no intervalo 3,5 a 4%, Fe₂O₃ de 1,5 a 2%, K₂O entre 3,4 a 4,8%, MgO de 0,3 a 1%, MnO de 0,8 a 0,1% e TiO₂ variando de 0,27 a 0,5%.

Quanto ao comportamento geofísico em ocorrências mais significativas, a assinatura registrada é quase sempre moderadamente baixa, enquanto que os níveis radiométricos exibidos são moderadamente altos.

No âmbito da folha, até pela quase ausência de exposições da unidade, nenhuma ocorrência mineral é a ela relacionada.

1.4.1.5 Idade e correlação

Neste trabalho, nenhum estudo geocronológico foi desenvolvido sobre a unidade, até mesmo por falta de material. No entanto, a similaridade das rochas descritas com aquelas atribuídas à formação Iriri permite fazer uma correlação cronolítica entre elas. Assim, as datações de Basei (1977) para o conjunto Iriri-Uatumã de 1715 ± 32m.a., de Ianhez et al. (1982), de 1856 ± 29m.a., com razão inicial Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ de 0,704, e de Santos (1984), com idades entre 1790 e 1870m.a., permitem balisar o tempo de formação dessas rochas ligadas à importante tectônica distensiva do Proterozóico no cráton Amazônico, até o momento à espera de maiores estudos para melhor entendimento evolutivo.

1.4.2 Plutonismo máfico-ultramáfico

1.4.2.1, Máficas tipo Santa Inês

1.4.2.1.1 Histórico

Meireles et al. (1984) descrevem corpos básicos, aflorantes sob a forma de dique no sentido NE-SW na porção NE da folha Serra dos Carajás. Cartografam-nos com a denominação de gabro Santa Inês e propõem posicionamento estratigráfico com idade jurássica.

DOCEGEO (1987) relata o gabro Santa Inês como intrusivo nas rochas do supergrupo Uatumã e tenta atribuir-lhe posicionamento estratigráfico de idade proterozóica inferior.

DOCEGEO (1988) descreve, a sudeste do "granito

Estrela”, um corpo gabróide, tabular, com dimensões de 20km x 30km, intrudido nos sedimentos do “grupo Rio Fresco” e complexo Xingu. Comenta a ausência de datações radiométricas na unidade, o que considera dificultar uma posição definida no contexto regional. No entanto, mantém como sugestão a cronologia proposta pela DOCEGEO (1987).

Neste trabalho, os autores, baseados em estudos sobre amostras da unidade em sete representativas estações geológicas, concluíram tratar-se de rochas metamórficas deformadas heterogeneamente. Em consequência, é mantido o termo referencial Santa Inês e é eliminado o termo petrográfico, adotando-se a denominação máficas tipo Santa Inês, com cartografia ajustada a uma integração aerogeofísica. Tal padrão deformacional gera um questionamento quanto ao aspecto cronológico da unidade, já abordado em outro item deste capítulo.

1.4.2.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

Todas as estações descritas como representantes da unidade situam-se em *trend* NE-SW a SE do gnaiss Estrela, na porção NE da folha trabalhada, e constituem a definição cartográfica de um único corpo alongado com cerca de 20km de comprimento por 2,5km de largura.

A morfologia do conjunto é representada nos sensores fotográficos por uma ondulação no relevo, com morros e serrotes em contexto localmente peneplanizado.

As relações de contato e de difícil observação em campo são descritas por Meireles et al. (1984) como discordantes com as rochas do complexo Xingu, e sob forma de diques.

1.4.2.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

As rochas máficas componentes da unidade Santa Inês apresentam processos metamórficos reacionais e deformacionais de caráter dúctil em que a associação mineralógica representada pelo par hornblenda-andesina é indicativa de metamorfismo em fácies xisto-verde.

Trata-se, em essência, de tipos básicos de natureza gabróide com incipiente anisotropia estrutural materializada por uma fraca xistosidade ou foliação. São rochas ortoderivadas exibindo texturas que variam de nematoblástica a blastofítica e denunciando deformação progressiva heterogênea.

As observações petrográficas, baseadas fundamentalmente na paragênese, no grau metamórfico, padrão textural e na natureza protolítica gabróide, sugerem uma possível litocorrelação com as supracrustais do grupo Grão-Pará.

1.4.2.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Nenhum estudo foi efetuado até hoje acerca do comportamento geoquímico da unidade. No entanto, o levantamento aeromagnetométrico reflete um alto relevo magnético, com feições lineares e eixos ajustados ao *trend* NE-SW. A aerogamaespectrometria reflete certa linearidade, com níveis na faixa de 400 a 600cps.

No contexto representativo dessa unidade não há registro de nenhuma ocorrência mineral.

1.4.2.1.5 Idade e correlação

Até o momento não houve nenhum trabalho dirigido para a definição do posicionamento geocronológico da unidade. Meireles et al. (1984) indicaram idade jurássica e DOCEGEO, em 1987 e 1988, posicionou-a no Proterozóico Inferior. Essa idade, a ser confirmada, pode indicar que o regime distensivo do Proterozóico, no período inferior, pelo menos localmente, pode ter sido alvo de processos metamórficos e deformacionais.

1.4.2.2 Ultramáficas tipo Vermelho

1.4.2.2.1 Histórico

Desde 1974, geólogos da então Companhia Meridional de Mineração identificaram e passaram a desenvolver trabalhos de pesquisa em ocorrência de rochas ultramáficas na folha Serra dos Carajás.

Bernardelli et al. (1982) descrevem o depósito de níquel laterítico associado a dois corpos básico-ultrabásicos alinhados na direção NE-SW, desde às proximidades da serra do Rabo até a estrutura Pium. São descritas as litologias e os tipos de laterito níquelífero que compõem o depósito.

DOCEGEO (1987), na área da folha Serra dos Carajás, apenas cartografa alguns corpos como “suíte máfico-ultramáfica Quatipuru”, posicionando-os no Proterozóico Inferior.

Bernardelli & Alves (1988) acrescentaram ao trabalho de Bernardelli (op. cit.) aspectos mineralógicos e geoquímicos do perfil laterítico, os tipos de minério garnierítico e limonítico e as reservas geológicas.

No presente trabalho, além dos corpos máfico-ultramáficos já mencionados, outras ocorrências foram também identificadas e cartografadas, bem como caracterizado efeito deformacional em alguns componentes do conjunto. Como já discutido em itens anteriores, esse aspecto deformacional, ainda que localizado, pode significar o registro de uma possível tectônica compressiva de idade proterozóica ou a necessidade de melhor avaliação da idade desses conjuntos rochosos.

1.4.2.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O plutonismo ultramáfico na folha Serra dos Carajás ocorre de maneira esparsa, mantendo, no entanto, uma distribuição regional alinhada, essencialmente NE-SW. Assim dispõem-se as ocorrências conhecidas como Vermelho, a SW da serra do Rabo e a NW da faixa Pium, a seqüência exposta no rio Cateté, no limite ocidental da folha, e os corpos cartografados a norte da PA-279, na porção SW da área trabalhada.

A morfologia dos corpos cartografados é variável, pois exibem desde relevo acentuado com montanhas de topos aplainados na cota de 500m, a exemplo do corpo conhecido como Vermelho, até superfícies peneplanizadas, cujos limites só podem ser indicados com o auxílio da aeromagnetometria e muito trabalho de campo. Assim, é provável que vários desses corpos não tenham sido identificados nesta escala de trabalho.

Do observado em campo, é admitida uma relação de contato intrusiva, notadamente com rochas do complexo Xingu. No entanto, as estações OA-69 e RN-99, que mantêm relação espacial com o grupo Sapucaia, apesar da distribuição alinhada com outros corpos no *trend* NE-SW, parecem sugerir aspecto conformável com a estruturação aproximadamente E-W da supracrustal.

1.4.2.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Um dos litótipos ocorrentes na área trabalhada é representado por metasserpentinitos cuja paragênese antigorita + crisotila é dominante e afetada de forma muito incipiente por processos deformacionais. Esses serpentinitos são representativos de um protólito dunfítico a peridotítico, relacionado aos depósitos de níquel do Vermelho.

Em adição, metapiroxenitos dominados por uma paragênese diopsídio-tremolita são indicativos da superimposição de um metamorfismo da fácies xisto-verde baixo e de um processo deformacional de natureza dúctil-rúptil em um estágio protomilonítico-protocataclástico, como se observa no médio curso do rio Cateté, próximo ao limite oeste da área trabalhada. Observação em escala microscópica mostra cristais de diopsídio microfraturados e maclação tectônica recurvada em contraste dimensional com uma massa mineral de caráter matricial fortemente cominuída e dominada por prismas tremolíticos.

1.4.2.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Alguns estudos geoquímicos na unidade foram desenvolvidos apenas na jazida de níquel laterítico do Vermelho por Bernardelli & Alves (op. cit.). Esses autores registraram nos perfis lateríticos um aumento dos teores de

Ni e Mg com a profundidade, situados na média de 2% para o Ni e 20% para o Mg. O Fe₂O₃ está mais presente nas porções inferiores do perfil com teores médios de 52% e máximos de 60% a 80%, caindo em profundidade para médias de 10 a 15%. SiO₂ mantém teores distribuídos por todo o perfil, com médias de 20 a 30%, atingindo piques de 50 a 70% em duas zonas.

Nos mapas aeromagnetométricos são bem marcantes as assinaturas, principalmente das estruturas do Vermelho e daquelas a norte da PA-279. São exibidos fortes relevos com anomalias dipolares bem significativas, num *trend* NE-SW. Nos mapas aerogamaespectrométricos registram-se baixos níveis radiométricos, inferiores a 500cps, com a estrutura do Vermelho exibindo disposição do baixo radiométrico em *trend* semelhante àquele observado na aeromagnetometria.

Relacionadas a essas seqüências são cadastradas ocorrências de níquel laterítico, tanto na área do Vermelho como no conjunto do rio Cateté.

1.4.2.5 Idade e correlação

Até o momento, nenhum estudo isotópico foi efetuado objetivando o posicionamento cronológico desse evento ultramáfico. Tentativamente, os trabalhos da DOCEGEO (1987, 1988) sugerem-lhes uma idade proterozóica inferior, e correlacionam as suas ocorrências, mesmo nos domínios do cinturão Itacaiúnas, àquilo que Cordeiro e McCandles (1976) denominaram de maciço ultramáfico de Quatipuru, esse último encaixado em litologias do grupo Tocantins.

Tendo em vista os aspectos deformacionais já discutidos, alguns avanços no conhecimento da unidade serão necessários para a sua melhor caracterização cronológica. No entanto, tais aspectos podem ser entendidos como relacionados a processo cataclástico superimposto localizado, ou ainda ao arrasto protoclastico inerente às bordas do corpo durante seu emplaçamento. Nesse sentido, não se invalida a tentativa do seu cronoposicionamento no Proterozóico Inferior – limiar do Proterozóico Médio.

1.4.3 Plutonismo ácido (suíte granítica anorogênica)

Como consequência do regime predominantemente distensivo do Proterozóico Médio identificado na área de trabalho, é cartografado expressivo magmatismo intrusivo de caráter plutônico e ambiência magmatectônico-anorogênica.

Tal magmatismo é representado pela ocorrência de três significativos corpos de dimensões batolíticas que recebem diferentes denominações, de acordo com as suas áreas de ocorrência.

Dessa forma, a granitogênese cronocorrelata ocorrente na folha Serra dos Carajás é conhecida com as

denominações de Seringa na porção SW da área, Carajás no contexto da serra homônima, e Cigano a norte do município de Parauapebas.

Neste trabalho, outros corpos foram identificados e cartografados mais precisamente a SW da serra dos Carajás – no rio Itacaiúnas, e a SE da serra do Rabo. Sem maiores investigações, são eles aqui considerados cogenéticos e por isso correlatos e tratados no contexto de uma suíte granítica anorogênica de idade proterozóica.

1.4.3.1 Histórico

Knup (1971) foi o primeiro a denominar informalmente de “granito Central” o batólito granítico ocorrente na serra dos Carajás. Gomes et al. (1971) fazem datação no maciço da serra dos Carajás e obtêm, através do método K/Ar, uma idade de 1800m.a. HIDROSERVICE (1973), executando trabalhos para a SUDAM, denominou de “granito Seringa” as intrusões graníticas ocorrentes a SW da serra da Seringa. Beisiegel et al. (1973) referiram-se ao maciço granítico da serra dos Carajás como “granito Central” e apresentam descrições macro e microscópicas. Basei (1974) realiza datações no maciço da serra da Seringa alcançando 1810m.a. (K/Ar) e 1708 a 1614 m.a. (Rb/Sr).

Silva et al. (1974) introduziram de maneira formal a denominação de granito da serra dos Carajás em substituição ao “granito Central” e agruparam sob essa denominação o granito da serra da Seringa.

Gomes et al. (1975), Isler (1977) e Santos (1980) adotaram a denominação de Silva et al. (op. cit.) e desenvolvem estudos petrográficos e geocronológicos, com os trabalhos de Gomes et al. (op. cit.) alcançando, através do método Rb/Sr, idade de ± 1710 a 1620m.a. para rochas do batólito da serra da Seringa.

Almeida (1980), DOCEGEO (1981), Lindenmayer (1981) e Tassinari (1982) prosseguem estudos nos maciços de Carajás e serra da Seringa, com Tassinari (op. cit.) registrando idade para esse último de 1700m.a.

Dall’Agnol (1982) adota a designação de granito da serra dos Carajás e descreve de forma generalizada as características petrográficas, transformações tardimagmáticas e mineralizações associadas aos granitos anorogênicos da Amazônia brasileira.

Ainda em 1982, Bernardelli et al. e Hirata et al. apresentaram estudos sobre o granito da serra dos Carajás e fazem referência ao maciço Cigano, correlacionando-o ao granito serra dos Carajás.

Tassinari et al. (1982) apresentam isócronas de referência (método Rb/Sr em rocha total) para amostras do granito da serra dos Carajás e outros considerados correlatos e obtiveram idade de 1700 ± 45 m.a.

DOCEGEO (1984) prossegue estudos no granito da serra dos Carajás e Cordani et al. (1984) apresentam idade Rb/Sr de 1800 ± 100 m.a.

Meireles et al. (1984) agrupam na unidade granito da

serra dos Carajás três batólitos conhecidos como granito Central de Carajás, granito Central Cigano e granito Estrela. Realizam descrições macroscópicas e registram a primeira denominação formal ao “maciço Cigano”.

Tassinari et al. (1984), com base nos dados geocronológicos disponíveis, denominaram de suíte intrusiva serra dos Carajás e serra da Seringa, entre outros, a intensa manifestação granítica pós-tectônica na chamada província Amazônia central, objetivando caracterizar a época de formação dos granitos.

Gibbs et al. (1986) realizam datações U/Pb em zircões do granito da serra dos Carajás, alcançando idade de 1820 ± 43 m.a. Dall’Agnol et al. (1986) utilizam pela primeira vez a denominação formal de granito Cigano para se referirem ao maciço Cigano de Meireles et al. (op. cit.). São distinguidas duas fácies naquele corpo e desenvolvidos estudos macro e microscópicos.

Gonzalez et al. (1988) adotam a denominação de granito Cigano proposta por Dall’Agnol et al. (op. cit.) e abordam aspectos da geologia, tanto os das encaixantes como os da intrusão. Individualizaram cinco fácies com descrições macroscópicas e obtêm idade Rb/Sr em rocha total de 1731 ± 28 m.a.

Machado et al. (1988) realizam datação no granito Cigano, obtendo idade de 1885m.a., através do método U/Pb. DOCEGEO (1988) refere-se aos granitos da serra dos Carajás e Cigano e adota a denominação de granito Seringa para o batólito da serra homônima.

1.4.3.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

Os maciços batolíticos, aqui enquadrados na unidade suíte granítica anorogênica, correspondem fundamentalmente aos corpos denominados anteriormente de granitos Seringa, Carajás e Cigano. Subordinadamente são englobados alguns conjuntos agora cartografados e caracterizados como correlatos à mesma granitogênese.

A distribuição geográfica desses corpos é bem marcada no extremo-SW da folha, na porção central da serra dos Carajás e a norte da cidade de Parauapebas em pequena faixa de exposição dentro dos limites da área trabalhada. Outros corpos agora cartografados distribuem-se a SW da serra dos Carajás, cortados pelo rio Itacaiúnas, e imediatamente a sul e SE da referida serra.

Morfologicamente, são expressivos os maciços situados no extremo-SW da folha e a SW, S e SE da serra dos Carajás. Tais batólitos são constituídos por serras de grandes altitudes e tôpos abaulados. Na porção central da serra dos Carajás e a norte da cidade de Parauapebas os corpos graníticos não exibem relevo tão marcante, apesar da ondulação bem-registrada. Essa diferença de relevo torna-se mais expressiva pelo acentuado contraste em relação ao grupo Grão-Pará, seguramente o representante de maior expressão no relevo do sul do Pará.

Os corpos agrupados nesse conjunto plutônico mantêm relações espaciais e de contato intrusivo discordante com as várias unidades mapeadas. Assim, na porção SW da folha há relação com o *greenstone-belt* Tucumã e com o complexo Xingu. A sul, SW e SE da serra dos Carajás a relação de contato se faz preferencialmente com rochas do complexo Xingu, muito embora a NE da serra do Rabo haja relacionamento espacial e estratigráfico também com rochas do grupo Grão-Pará. No contexto da serra dos Carajás é claro o relacionamento intrusivo com a porção sedimentar do grupo Grão-Pará, aqui denominada formação Águas Claras.

1.4.3.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

A suíte granítica anorogênica compreende, predominantemente, um conjunto de maciços de diferentes dimensões distribuídos na área da folha Serra dos Carajás, cujos limites e contornos são conspícuos nas imagens orbitais (foto II.1.7), de radar, fotografias aéreas e dos mapas aerogeofísicos.

As observações petrográficas com fundamentação mineralógico-textural indicam claramente um emparelhamento com cristalização/consolidação em ambiente magmatectônico tipicamente pós-cinemático a anorogênico, como consequência do regime tectônico distensivo do Proterozóico Médio da região.

De um modo geral, os maciços graníticos apresentam uma constante homogeneidade textural, mineralógica e faciológica, como se depreende dos afloramentos estudados e das amostras coletadas e analisadas. A rigor, exibem um índice de coloração leucocrático, granulação média a grossa, coloração rosa-cinza a rosa-avermelhada, generalizada relação inequigranular entre os grãos minerais, com marcante isotropismo estrutural, características rapakivíticas e ocasional presença de fragmentos autolíticos microgranulares de natureza microtonalítica.

A composição mineralógica é representada predominantemente por uma associação ortoclásio (microclina) + quartzo + plagioclásio + hornblenda + biotita ± piroxênio ± clorita ± fluorita ± alanita + apatita + zircão + opacos em ordem decrescente de abundância (fotomicrografia II.1.1a).

A textura é tipicamente hipidiomórfico-inequigranular, em que fenocristais de quartzo e/ou feldspato estão imersos em uma matriz fanerítica holocristalina de composição granítica (fotos II.1.8a e 8b). Localmente, fenocristais mantidos ovóides e/ou retangulares de feldspato denunciam uma natureza rapakivítica com características piterlíticas.

A análise dos diversos espécimes rochosos mostra que os granitóides componentes da suíte são predominantemente dos tipos alcalifeldspato-granito pórfiro e granitos pórfiros com uma marcante invariabilidade nas propriedades óticas dos diferentes minerais componentes dos diferentes maciços.

O ortoclásio ocorre como grãos hipidiomórficos a idiomórficos exibindo caráter micropertítico e incipiente processo de argilização. A microclina ocorre subordinadamente em alguns espécimes evidenciando um gradiente de temperatura de cristalização da fase feldspato-potássica.

O quartzo é uma fase mineral majoritária e essencial com um relativo alto teor modal ocorrendo como cristais idiomórficos algo piramidais de primeira geração e como grãos xenomórficos e intersticiais de segunda geração. Eventualmente, o ortoclásio também apresenta-se com semelhantes particularidades (fotomicrografia II.1.1b). Com relativa frequência, o quartzo e o ortoclásio ocorrem sob forma de desenvolvidos intercrescimentos cuneiformes ou micrográficos, emprestando um caráter tipicamente granofírico.

O plagioclásio ocorre geralmente em quantidades subordinadas como cristais hipidiomórficos, de composição albitica, com incipiente alteração a sericita. Diminutos cristais de albita neoformada (fotomicrografias II.1.2a e 2b) ocorrem nos espaços intergranulares sob forma de agregados, particularmente nas variedades com mais forte fracionamento.

A hornblenda verde, ocasionalmente hastingsítica, tem contorno subédrico a euédrico, mantendo frequentemente frações reliquias de clinopiroxênio, do qual tem sua derivação por cristalização magmática através da série de reação.

A biotita marrom ocorre como cristais hipidiomórficos dispersos por toda a rocha e circunstancialmente como palhetas xenomórficas de localização intersticial e de cristalização magmática tardia. Apatita, opacos e zircão são os acessórios mais frequentes e intimamente associados aos minerais máficos. Alanita e fluorita são outras fases minerais acessórias ocasionalmente presentes.

As investigações petrográficas sobre os vários espécimes rochosos denunciam a existência localizada de fácies ou fases com tendência ao forte fracionamento magmático, como se depreende da existência de incipientes processos de silicificação, muscovitização, nealbitização, fluoritização. Em decorrência, algumas perspectivas metalogenéticas podem ser visualizadas para elementos granitofílicos, à semelhança do ocorrente com outros corpos graníticos com características petrológicas do tipo A na região Amazônica.

1.4.3.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Os litótipos dessa unidade são de natureza alcalina, com uma linhagem hiperaluminosa e composição granítica a adamelítica. Apresentam altos teores em SiO₂, moderados em álcalis, baixos teores em CaO e MgO e índice petrogenético superior à unidade. Esses granitóides, de um modo geral, são considerados normais a poucos diferenciados em função das proporções relativas dos elementos-

traço Rb, Ba e Sr. As proporções de concentrações de alguns elementos maiores indicam que esse granito segue uma linhagem peraluminosa a coríndon normativo.

Os levantamentos aerogeofísicos revelam para a suíte granítica anorogênica um comportamento magnético de baixo relevo, notadamente nos maciços da serra da Seringa e no contexto da serra dos Carajás. Nos outros corpos a unidade exibe um médio relevo magnético, mas em todos a intensidade registrada é predominantemente baixa. A aerogamaespectrometria revela *trends* de anomalias discordantes da estruturação regional, com níveis moderadamente altos, pelos menos em parte, de todos os corpos quase sempre situados acima de 1.000cps. Estranhamente, expressivas porções do maciço da serra da Seringa exibem níveis radiométricos abaixo de 1.000cps, chegando mesmo em alguns locais a serem inferiores a 500cps. Na porção mais oriental desse batólito, uma localizada anomalia radiométrica coincide com uma provável estruturação circular, o que sugere uma possível diferenciação dentro do corpo maior.

Nesses granitos proterozóicos, além das pedreiras em exploração pela CVRD, há discreta ocorrência de molibdenita e sulfeto de cobre no corpo intrudido na formação Águas Claras do grupo Grão-Pará.

1.4.3.5 Idade e correlação

Gomes et al. (1971) e HIDROSERVICE (op. cit.) realizaram as primeiras datações no maciço da serra dos Carajás utilizando o método K/Ar, e alcançando idade de 1800m.a.

Basei (op. cit.) realizou datações no maciço da serra da Seringa, alcançando através do método K/Ar 1810m.a., e através de Rb/Sr, 1708m.a. e 1614m.a. Gomes et al. (op. cit.) realizaram também datações no batólito da serra da Seringa e com base em duas amostras, através do método Rb/Sr, alcançaram idade de 1710m.a. a 1620m.a.

Tassinari et al. (op. cit.) e Cordani et al. (op. cit.) apresentaram isócronas de referência, através do método Rb/Sr, em rocha total para amostras do granito serra dos Carajás, e de outros tipos como correlatos. Os primeiros registraram uma idade de 1700 ± 45 m.a. e os últimos, 1800 ± 100 m.a.

Gibbs et al. (op. cit.) realizaram datações U/Pb em zircões do granito da serra dos Carajás fornecendo uma idade de 1820 ± 43 m.a.; Machado et al. (op. cit.) efetuaram estudos geocronológicos no granito Cigano, resultando em idade de 1885m.a. Gonzalez et al. (op. cit.) também realizaram estudos geocronológicos no batólito Cigano, alcançando uma idade de 1731 ± 28 m.a.

Neste trabalho, apenas o maciço da serra da Seringa foi alvo de estudos radiométricos nos laboratórios da UFPa. Os dados obtidos, considerando-se numa primeira tentativa todas as amostras analisadas, definem uma idade de 1665 ± 195 m.a. com razão isotópica inicial ($\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$) de

$0,70844 \pm 0,00525$ e MSWD de 256. Esse valor, muito alto para o MSWD, não permite considerar o alinhamento dos pontos experimentais como satisfatório, e, nesse caso, a idade obtida não pode ser considerada plenamente confiável. Numa segunda tentativa, algumas amostras foram evitadas por indicarem mais alto grau de dispersão em relação à primeira isócrona obtida. Tal procedimento permitiu a obtenção de uma idade de 1750 ± 40 m.a., com razão isotópica inicial ($\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$) de $0,70756 \pm 0,00107$ m.a., com valor de MSWD de 6,95. Mesmo com a importante diminuição do MSWD de 256 para 6,95, considera-se ainda o valor um pouco elevado.

Segundo Lafon (1988), a introdução no cálculo de regressão dos dados obtidos por Gomes et al. (1975) não modifica em muito o resultado anteriormente calculado, e uma idade 1730 ± 29 m.a. foi obtida, com razão inicial de $0,70808 \pm 0,00080$ e valor de MSWD de 8,8. Esse valor, também elevado, de MSWD, não permite considerar o resultado como totalmente aceitável.

Algumas considerações geocronológicas e petrogenéticas podem ser encaminhadas a partir dos dados aqui apresentados e daqueles obtidos por Gomes et al. (op. cit.):

1) A idade de 1730 ± 29 m.a., com razão isotópica inicial ($\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$) de $0,708096 \pm 0,0008$, não apresenta um grau de aceitabilidade suficiente para poder ser considerada como definitiva.

2) O alto grau de dispersão dos pontos experimentais (em particular dos pontos OA-02, OA-03 e RN-77) não foi possível de ser relacionado com critérios petrográficos, geográficos, ou petrológicos, como também não pôde ser relacionado a um evento termotectônico posterior que teria afetado o maciço, já que não foram encontradas feições metamórficas nesse corpo granítico.

3) Levando-se em conta o contexto de colocação desse granito e as semelhanças com outros corpos graníticos, de idades já determinadas na região, a idade obtida pela "errócrona" de 1730 ± 29 m.a. pode ser considerada, no entanto, como uma aproximação da idade de colocação do batólito.

4) A razão isotópica inicial ($\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$) calculada é superior ao valor esperado para essa razão no caso de um material de origem puramente mantélica no Proterozóico Médio. Portanto, a participação de um material crustal (contaminação e fusão de um material crustal) deve ser levada em conta para explicar a gênese do corpo granítico.

A partir do trabalho já realizado e dos resultados obtidos, tem-se para a continuidade deste estudo as seguintes sugestões:

1) Estudos petrográficos, petrológicos e mapeamento mais detalhado para conseguir a individualização das diferentes fácies do corpo.

2) Estudo geocronológico na escala de só uma fácies para melhor definir a idade de cristalização do corpo.

3) Análises de amostras tipo OA-118 e OA-08 para tentar colocar em evidência uma sucessão de pulsos magmáticos.

Tendo em vista a grande polêmica ainda existente no que diz respeito à confiabilidade e significado dos resultados alcançados nas análises geocronológicas, entendemos ser coerente a proposta de considerar esses conjuntos plutonoácidos como produtos de uma única suíte granítica anorogênica de idade proterozóica, com pulsações localizadas, à espera de um melhor conhecimento geológico-geocronológico.

1.5 Magmatismo mesozóico

1.5.1 Plutonismo básico (diabásio Cururu)

1.5.1.1 Histórico

No contexto da folha Serra dos Carajás, desde Puty et al. (1972) já havia referências sobre a ocorrência de diques básicos cortando todas as litologias. Beisiegel et al. (1973) também referem-se à ocorrência de diques básicos, apresentam algumas descrições petrográficas e aventam a hipótese de diferentes ciclos vulcânicos com fases distintas no Paleozóico e Mesozóico.

Silva et al. (1974), descrevem a presença de corpos tabulares ocorrentes na folha SB-22-Araguaia, e apesar dos escassos dados de campo, incluem-nos na formação Orozimbo, de idade jurôcretácica. Apresentam ainda análises químicas e datações K/Ar, fornecendo idade em torno de 120 a 180m.a.

Silva et al. (1974) em trabalhos na folha SC-21-Juruena designam formalmente as manifestações básicas de dolerito Cururu, devido às exposições no rio homônimo. Apresentam ainda descrições petrográficas e datações Rb/Sr fornecendo idade de 175m.a. (Basei, 1974).

Posteriormente, Gomes et al. (1975), Beisiegel & Farias (1978), Santos (1980), Lindenmayer (1981), Meyer & Gonçalves (1982) e Martins et al. (1982) não avançam além de citações e breves descrições petrográficas.

1.5.1.2 Distribuição geográfica, morfologia e relações de contato

O vulcanismo básico correlacionado ao Mesozóico, ocorrente nos limites da área trabalhada, tem ampla e esparsa distribuição em todos os quadrantes da folha. Constitui-se quase sempre de corpos alongados com comprimentos alcançando até dezenas de quilômetros e larguras bem discretas. Como particularidade, exibe um *trend* de colocação estrutural francamente NE-SW, sendo raros os corpos com postura NW-SE.

Esses corpos exibem localmente um relevo bem caracterizado nas imagens e fotografias aéreas, quando são representados por cristas alongadas. No entanto, algumas ocorrências não apresentam expressão morfológica, e sua

caracterização só se torna viável com o apoio da aeromagnetometria.

As relações de contato discordante desse evento acontecem com praticamente todas as unidades mapeadas, sendo mais marcantes os registros de relacionamento com o grupo Sapucaia na porção centro-sul da folha, com o complexo Xingu em várias situações, com o gnaiss Estrela e granito estratóide Plaquê, e com os granitos da suíte anorogênica, notadamente no maciço da serra da Seringa, no extremo-SW da área investigada.

1.5.1.3 Litótipos, variedade, mineralogia e textura

Um conjunto de corpos ígneos intrusivos de composição básica, de jazimento a nível crustal hipoabissal, sob a forma de diques orientados preferencialmente segundo um *trend* NE-SW, parece constituir uma seqüência com característica de enxame. São representativos de uma significativa manifestação magmática relacionada a um regime distensivo de provável idade mesozóica, e que neste trabalho mantêm a designação formal de diabásio Cururu, como originalmente proposta por Silva et al. (1974).

De um modo geral, são rochas melanocrática, de granulação predominantemente média, maciças e com forte isotropismo estrutural. A assembléia mineral é geralmente representada por uma associação do tipo augita + plagioclásio + uralita ± hiperstênio ± biotita ± epidoto ± calcita + opacos ± apatita. A textura é ígnea, em que os grãos minerais apresentam um arranjo mútuo, seguindo um padrão ofítico a subofítico, e marcado geralmente pela presença de intercrescimentos micrográficos a granofíricos de localização tardia e intersticial, denunciando circunstancialmente uma incipiente diferenciação. A observação petrográfica dos diferentes espécimes rochosos, representativos da unidade, denuncia um quase generalizado processo de transformação mineralógica em que uma pervasiva uralitização parece marcar a característica maior da unidade.

A rigor, diabásios a hiperstênio e/ou a uralita são as variedades petrográficas mais freqüentemente encontradas na unidade.

1.5.1.4 Assinaturas geoquímica e geofísica e ocorrências minerais

Estudos analíticos realizados nessa unidade revelam perfeita similaridade com a caracterização litoquímica definida para o diabásio Penetecaua ocorrente a norte da sinéclise do Amazonas. Uma tipologia continental subcalina toleítica; um enriquecimento inicial de Fe em relação ao Mg, durante o principal estágio de fracionamento, seguido de pequeno aumento em K, nos últimos estágios; são características comuns aos dois conjuntos.

Dos mapas aerogeofísicos, os aeromagnetométricos são aqueles que melhor realçam a presença dos diques básicos, através de feições lineares ou dipolares. Devido à pequena magnitude de largura desses corpos e à influência de leituras vizinhas, os registros radiométricos são bastante dificultados e quando ocorrem revelam-se de forma discreta e descontínua, com baixos níveis, quando muito, sugestivamente alinhados no *trend* da unidade.

Nenhuma ocorrência mineral foi registrada nessa unidade.

1.5.1.5 Idade e correlação

As informações disponíveis até aqui, no que se refere à datação desse evento básico, ainda são aquelas alcançadas por Silva et al. (op. cit.) na folha Araguaia indicando, através do método K/Ar, idade em torno de 120 a 180m.a. para o que denominou de formação Orozimbo.

Basei (op. cit.), in: Silva et al. (op. cit.), realizou estudos geocronológicos nas manifestações básicas que denominaram de Cururu e alcançaram, através do método Rb/Sr, idade da ordem de 175m.a.

Tais registros são considerados correlatos e têm sido mantidos na literatura como referência cronológica do evento.

Em estudos efetuados neste trabalho, viabiliza-se a correlação desse vulcanismo básico com aquele que ocorre ao norte da sinéclise do Amazonas, onde recebeu a denominação de diabásio Penetecaua.

1.6 Coberturas fanerozóicas

1.6.1 Coberturas terciárias

Várias coberturas e perfis lateríticos ferruginosos, admitidos como de idade terciária, ocorrem de forma mais ou menos desenvolvida, sobre as mais variadas unidades geológicas distribuídas nos domínios da folha. No entanto, a sua cartografia é impossibilitada devido à escala de mapeamento proposta para o programa.

Mesmo a partir de localizadas observações de campo, consegue-se identificar perfis mais e menos desenvolvidos, independentemente do substrato rochoso que o suporta.

Nos primeiros, via de regra, observa-se um horizonte inferior mosqueado, com espessura ultrapassando 2m, recoberto por um pacote argiloso também superior a 2m. Protegendo todo o perfil desenvolve-se, por vezes, uma carapaça ferralítica de discreta espessura e variada extensão areal. Variações na cor acontecem ao longo de todo o perfil, nos vários horizontes ocorrentes. Tais variações dizem mais respeito à maior ou menor presença de concentrações ferruginosas, produzindo tons mais avermelhados ou mais amarelados. Nesse caso, há quase sempre, também, uma correspondência com a variação do

protólito, com produtos bem distintos, notadamente entre os extremos, como nas coberturas desenvolvidas sobre vulcânicas máficas ou ultramáficas e aquelas desenvolvidas sobre unidades rochosas mais félsicas, como granitóides e metassedimentos.

Nos perfis mais desenvolvidos, o que acontece na maioria das vezes é a ausência ou a muito discreta presença de um ou mais horizontes, com todas as variações de cor e textura descritas para os perfis completos.

Coberturas relacionadas ao Terciário e passíveis de cartografia geológica, mesmo na escala do presente trabalho, dizem respeito aos extensos platôs de laterito bauxítica ocorrentes em grande área da serra Norte, mais precisamente nas proximidades do Núcleo Residencial de Carajás. Na verdade, essas coberturas se desenvolvem sobre os litótipos máficos da formação Parauapebas do grupo Grão-Pará e constituem platôs de contornos irregulares, exibindo encostas íngremes. Situam-se numa altitude média de 650m e mostram cobertura vegetal típica de floresta densa. Em perfil apresentado por Alves (1988) são descritas, até 4,5m de profundidade, camada bauxítica, terrosa, friável, ferruginosa, de coloração amarelo-castanha, com muito baixo teor de SiO₂ e eventual presença de psólitos e nódulos ferruginosos. Entre 4,5m e 13,35m, laterito ferruginoso, cavernoso, castanho-avermelhado, às vezes psolítico, normalmente com muito baixo teor de SiO₂ nas porções mais superiores. Abaixo de 13,35m, material argiloso, plástico, silicoso, castanho-avermelhado, com alteração de rochas máficas.

1.6.2 Coberturas quaternárias

Essas coberturas são representadas basicamente por material oriundo de um retrabalhamento em ambiente coluvionar, eluvionar ou aluvionar. Apesar da impossibilidade de cartografia desses sítios na escala proposta para o mapeamento, revestem-se eles de grande importância, fundamentalmente por abrigarem, em vários locais, significativas concentrações auríferas.

A maior ou menor expressividade das coberturas está intimamente relacionada com o seu posicionamento em determinado compartimento geomorfológico. Assim, os colúvios e elúvios tornaram-se mais significativos nos sistemas de relevo de serras ou de morros em grande parte relacionados ao planalto dissecado do sul do Pará, enquanto os ambientes aluvionares são mais desenvolvidos quando os cursos d'água cortam o sistema de relevo colinoso, todo ele inserido no contexto da depressão periférica do sul do Pará.

Independentemente do maior ou menor desenvolvimento dessas coberturas, elas têm ocorrência generalizada sobre todos os conjuntos rochosos que compõem o quadro geológico da folha Serra dos Carajás. Os colúvios e elúvios são em parte representados por material fragmentado por desagregação mecânica, bem

como por porções sílticas a argilosas. Já os alúvios são constituídos essencialmente por areias, cascalho, siltes e argilas, em proporções variáveis, de acordo com as unidades rochosas que os suportam.

Tendo em vista a importância econômica dessas cober-

turas recentes, de grande valor seria um estudo mais acurado de seus controles paleomorfológicos, uma vez que a identificação desses ambientes poderia tornar-se um grande atrativo, principalmente no que se refere a concentrações auríferas.

Capítulo 2 Geologia Estrutural

por
Orlando José Barros de Araújo

Conforme mostrou-se no capítulo anterior, a folha Serra dos Carajás inclui frações do terreno granito-*greenstone* do sul do estado do Pará, dos cinturões Itacaiúnas e Araguaia e produtos do Proterozóico e Fanerozóico. Neste capítulo são apresentados e discutidos os elementos estruturais, organização geométrica e cinemática de tais unidades. A ênfase dada ao cinturão Itacaiúnas é fruto de sua ampla distribuição na área focalizada (figura II.2.1).

2.1 Terreno granito-*greenstone* do sul do Pará (regime direcional)

As estruturas ligadas à evolução do terreno granito-*greenstone*, poupadas pelo evento termotectônico responsável pela edificação do cinturão Itacaiúnas, encontram-se preferencialmente no canto sudoeste da folha, onde a densidade de exposições rochosas é muito baixa. Diante de tal limitação, as informações apresentadas e discutidas aqui são produtos de observações realizadas, em grande parte, na folha São Félix do Xingu, situada imediatamente a oeste da folha Serra dos Carajás.

No contexto dessa região, as faixas de rochas supracrustais do grupo Tucumã contornam os granitóides da unidade Rio Maria, produzindo um arranjo anastomosado que se volta para WNW. Internamente, esse arranjo é composto por zonas de cisalhamento que isolam frações lenticulares menos deformadas das diferentes unidades litológicas. As zonas de cisalhamento podem ser reunidas em dois conjuntos distintos, de acordo com a natureza da movimentação dominante. Um conjunto inclui zonas transcorrentes dextrais e o outro engloba as zonas com caráter de cavalgamento.

Nas zonas transcorrentes a foliação milonítica é subvertical e a lineação de estiramento tem postura horizontal. A organização das frações rochosas dentro da zona de cisalhamento pode variar desde o padrão lenticularizado irregular até o regularmente bandado, refletindo, em parte, o arranjo visto em escala regional. Localmente, as relações entre as foliações S e C e a presença de bandas de cisalhamento contribuem para a

definição dos padrões geométricos observados. A análise das estruturas menores permitiu a caracterização do sentido de movimentação das zonas de cisalhamento.

As zonas de cavalgamento têm fortes mergulhos para norte e nor-nordeste, a lineação de estiramento associada orienta-se na direção NW-SE e mergulha para NW, e as relações entre as foliações S e C indicam movimentação dextral. Como se vê, trata-se de zonas de cisalhamento oblíquas compressivas.

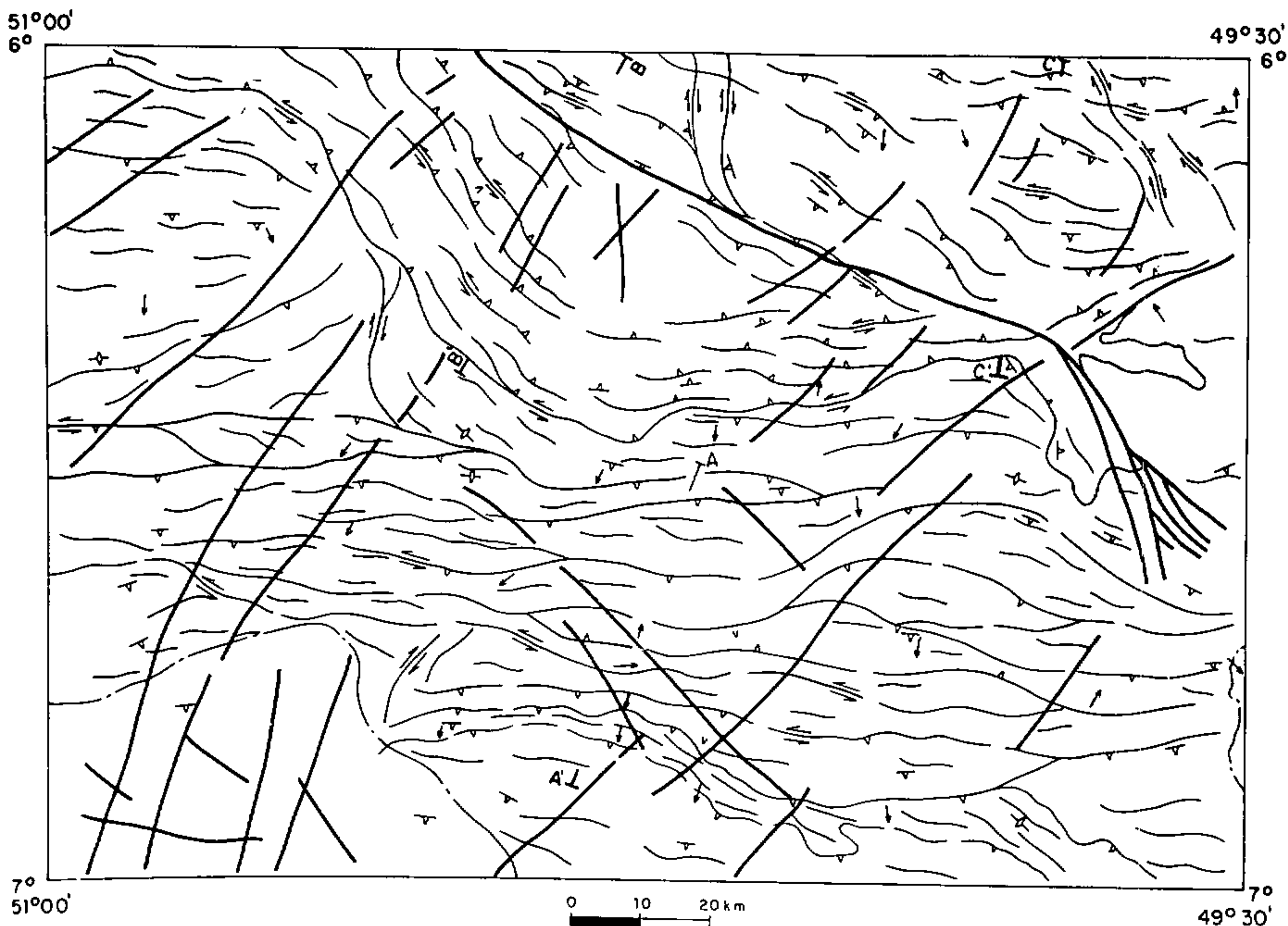
Entre as zonas de cisalhamento, as estruturas primárias dos granitóides e dos conjuntos de rochas supracrustais estão bem preservadas.

As relações entre os conjuntos de zonas de cisalhamento sugerem uma organização estrutural compatível com a de um sistema transcorrente maior, no qual as zonas transcorrentes representam as linhas mestras de hemiflores positivas que envolvem granitóides e rochas supracrustais. Essa interpretação dá subsídios para que se entenda, a princípio, a evolução estrutural do terreno granito-*greenstone* como ligada a um regime tectônico direcional. Nesse contexto, é previsível a instalação de bacias que acolheram seqüências vulcanossedimentares e a colocação de granitóides durante a fase de transtensão inicial. A fase de transpressão promoveu a inversão das bacias e a arquitetura geral que se verifica no campo.

2.2 Cinturão Itacaiúnas (regime compressivo oblíquo)

O cinturão Itacaiúnas, caracterizado cinematicamente por um regime compressivo oblíquo, ocupa mais de 2/3 da área mapeada e inclui unidades rochosas dos complexos Xingu e Pium, do gnaiss Estrela, dos grupos Sapucaia, Grão-Pará e Rio Novo e granito estratóide Plaquê.

Os resultados da análise geométrico-cinemática dos elementos planares e lineares proporcionam a caracterização de dois domínios estruturais distintos através do cinturão. Tais domínios referem-se a cavalgamentos imbricados e transcorrências, que serão descritos separadamente a seguir.



- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Foliação milonítica mergulhando em média 65°. Foliação milonítica subverticalizada. Lineação de estiramento mineral Traço da foliação milonítica Zona de cisalhamento com cavalgamento oblíquo com sentido indicado Zona de cisalhamento com cavalgamento. | <ul style="list-style-type: none"> Zona de cisalhamento transcorrente com sentido de movimentação indicado Falhas proterozóicas. Limite entre o cinturão Itacaiúnas e o cinturão Araguaia (SE) e o terreno granito-greenstone do sul do Pará. Seção geológica (Fig.II.2.2) * A distribuição das unidades geológicas é mostrada nas figuras II.1.5, II.1.6 e II.1.8 |
|---|---|

Fig. II.2.1 – Arranjo estrutural da folha Serra dos Carajás.

2.2.1 Domínio imbricado

Esse domínio, ligado a uma cinemática essencialmente compressiva, ocupa a porção centro-sul da folha; é representado por sistemas imbricados de cavalgamentos oblíquos, estendendo-se da borda sul da serra dos Carajás até a região de passagem para o terreno granito-*greenstone*, imediatamente a norte do paralelo 7°S (figura II.1.5). Sua orientação geral E-W sobressai-se através da alternância de faixas, com larguras variadas, de rochas das diversas unidades litológicas (foto II.2.1). Tal distribuição define, em escala regional, um megabandamento composicional inclinado, em média, 60° para SSW (figura II.2.2), que passa para um padrão anastomótico composto por megalentes de rochas supracrustais e de granitóides, isoladas em meio à massa gnáissica (fotos II.2.2 e II.2.9a).

Esse arranjo geométrico maior é verificado, internamente, nas diferentes unidades litológicas. As frações de

rochas lenticularizadas ou sob a forma de camadas apresentam diferentes taxas de deformação (foto II.2.3), evidenciando a natureza heterogênea da deformação. Nesse contexto há, também, frações lenticulares isentas de deformação.

A generalizada lenticularização dos litótipos representativos tanto dos complexos Xingu e Pium como do grupo Sapucaia e granito estratóide Plaquê é refletida também ao nível microscópico. Nos conjuntos gnáissicos os agregados quartzofeldspáticos são isolados por faixas enriquecidas em micas e/ou anfibólios; nas demais unidades rochosas são comuns lentes quartzosas envolvidas por minerais placosos e prismáticos. Dependendo da intensidade da deformação e da natureza dos tipos litológicos envolvidos no processo de lenticularização, essa feição planar pode ser classificada como foliação de transposição ou xistosidade, ou bandamento composicional. Tais variações da estrutura planar são reunidas aqui sob a

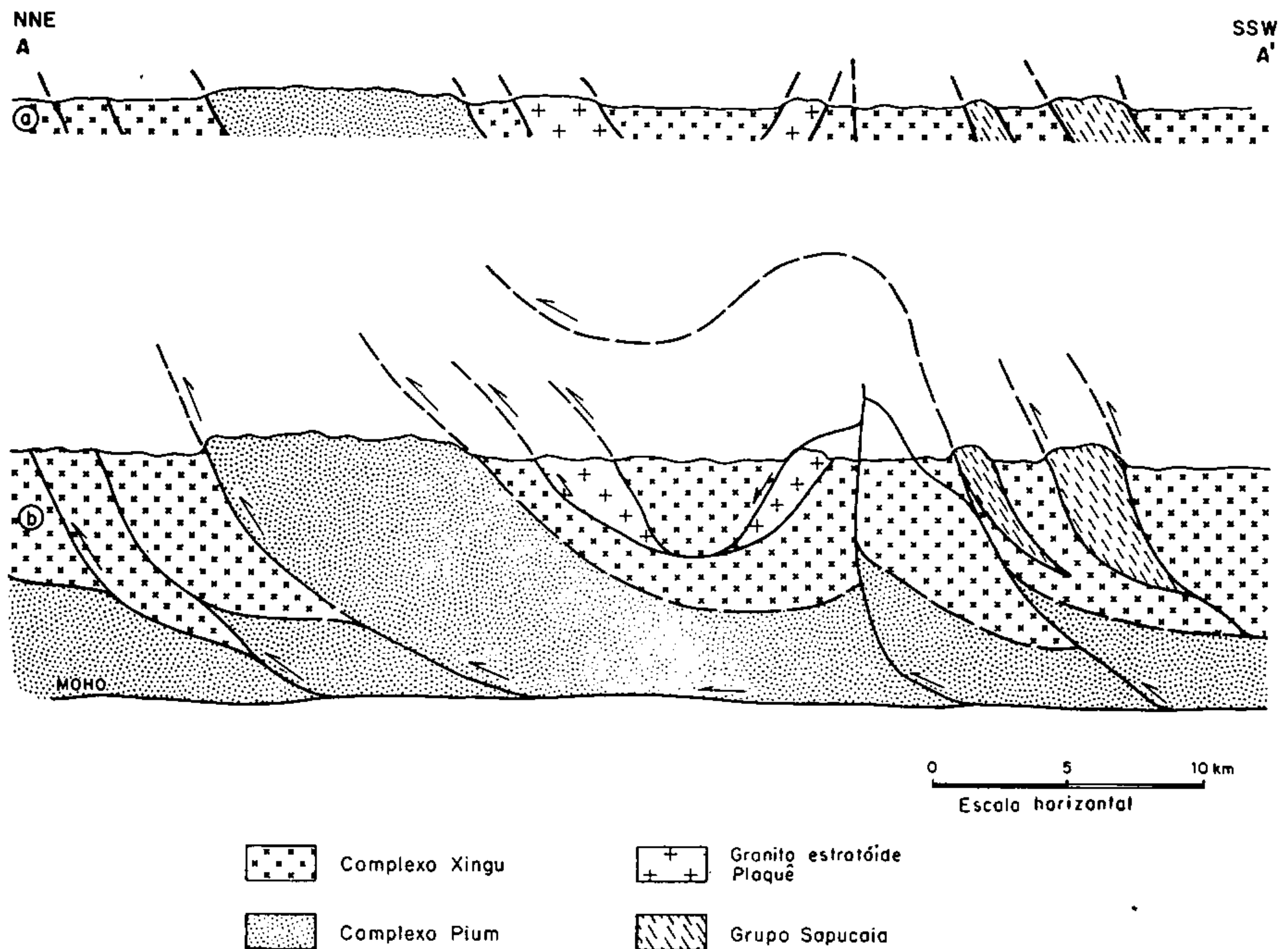


Fig. II.2.2 - Seção geológica através do domínio imbricado (a) e sua interpretação geométrica a nível crustal (b). A localização da seção está indicada na figura II.2.1.

denominação de foliação milonítica (fotos II.2.4 e II.2.5).

Nos planos da foliação milonítica existe uma lineação de estiramento (fotos II.2.7, II.2.8 e II.2.10) orientada preferencialmente na direção NE-SW, com variações para NNE-SSW, mergulhando em torno de 50° para SW. Sua caracterização é feita através de barras de quartzo e/ou de feldspato, além de palhetas de micas paralelas à direção de estiramento máximo.

Ao arranjo lenticularizado das unidades litológicas associam-se zonas de concentração de deformação ou zonas de cisalhamento, com caráter de cavalgamento oblíquo, onde aparecem sistematicamente tectonitos "S" e "SL". Essas zonas, via de regra, coincidem com os limites entre os principais conjuntos rochosos e definem um domínio imbricado que deve se ajustar a uma superfície de descolamento em profundidade (figura II.2.2). Vê-se, através dessa figura, que as zonas principais desenham um par antiformal/siniformal que pode estar ligado à propagação de transcorrências ou de cavalgamentos na progressão da deformação.

As frações de rochas granolíticas, na parte norte do domínio, são interpretadas como produtos da base da crosta colocados em níveis rasos através de movimentação ao longo das zonas de concentração de deformação. Tal interpretação tem sido defendida por Coward (1980), Hasui & Haralyi (1985), Costa (1985) e Weber (1986).

A análise de alguns critérios cinemáticos – bandas de cisalhamento, rotação de fenoclastos de feldspatos (fotos II.2.6a e II.2.6b), assimetria de dobras intrafoliais, relação S-C e assimetria de caudas de cristais (foto II.2.9b) – indica que as zonas de concentração de deformação incorporam movimentação sinistral. Nesse caso, considerando a posição espacial da lineação de estiramento, deduz-se que o transporte preferencial das massas rochosas foi de SW para NE. Como as zonas de concentração de deformação têm orientação geral E-W, constata-se também que se trata de uma movimentação cinemática essencialmente oblíqua. Em outras palavras, o domínio imbricado pode coexistir cinematicamente com zonas transcorrentes; a zona transcorrente que passa nas adjacências da fazenda Casa Grande é interpretada com esse enfoque.

2.2.2 Domínio transcorrente

2.2.2.1 Sistema serra dos Carajás

No contexto da área investigada, o sistema serra dos Carajás é caracterizado por uma estrutura sigmoidal (figura II.1.6), alongada na direção WNW-ESE e limitada grosseiramente pelas serras Norte e Sul (foto II.2.11), imediatamente a norte do domínio imbricado (figura II.1.5). As unidades rochosas do grupo Grão-Pará são os principais produtos litológicos relacionados à evolução dessa estrutura. Sua organização estrutural interna (fotos II.2.12a e II.2.12b) compreende um feixe divergente de zonas de

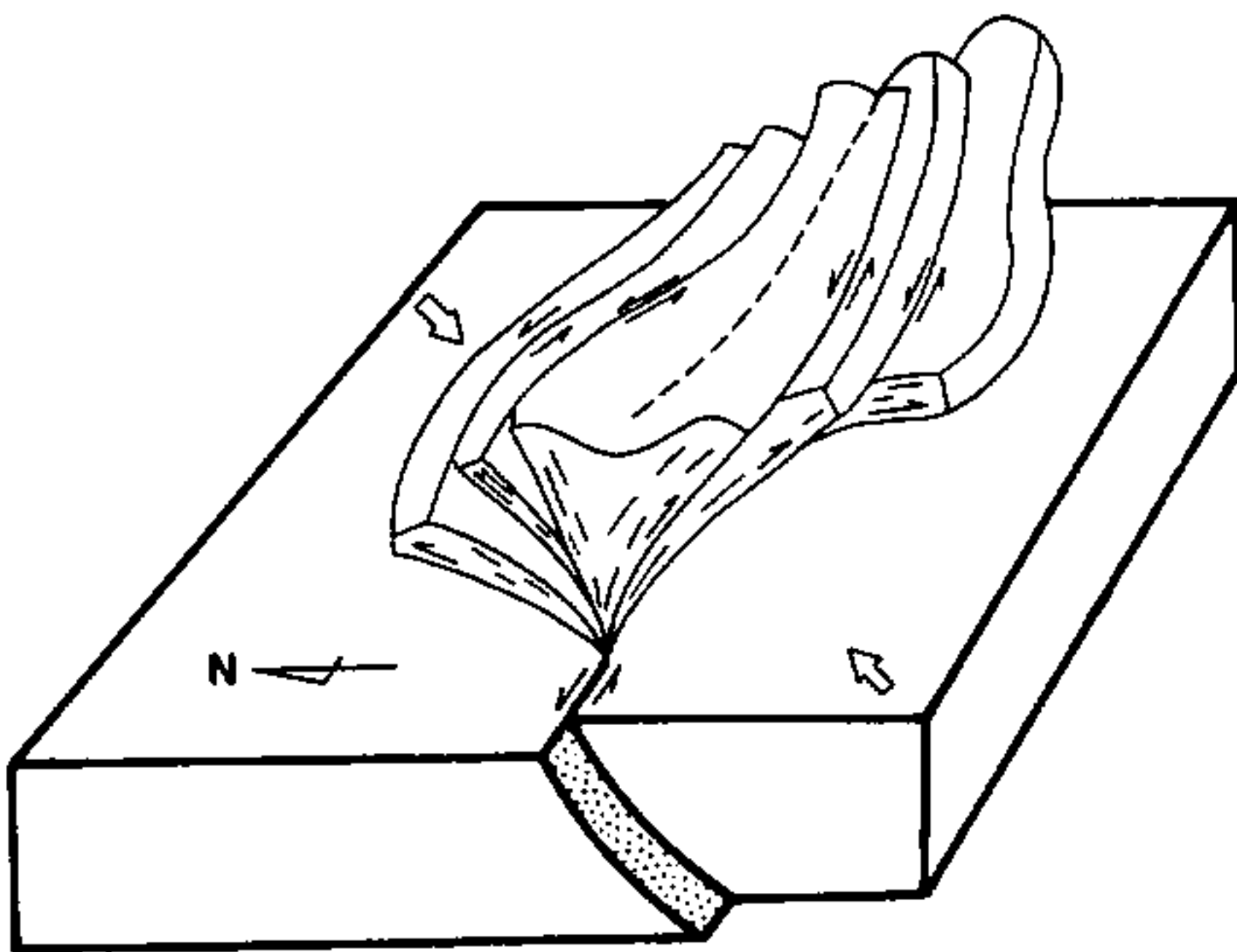
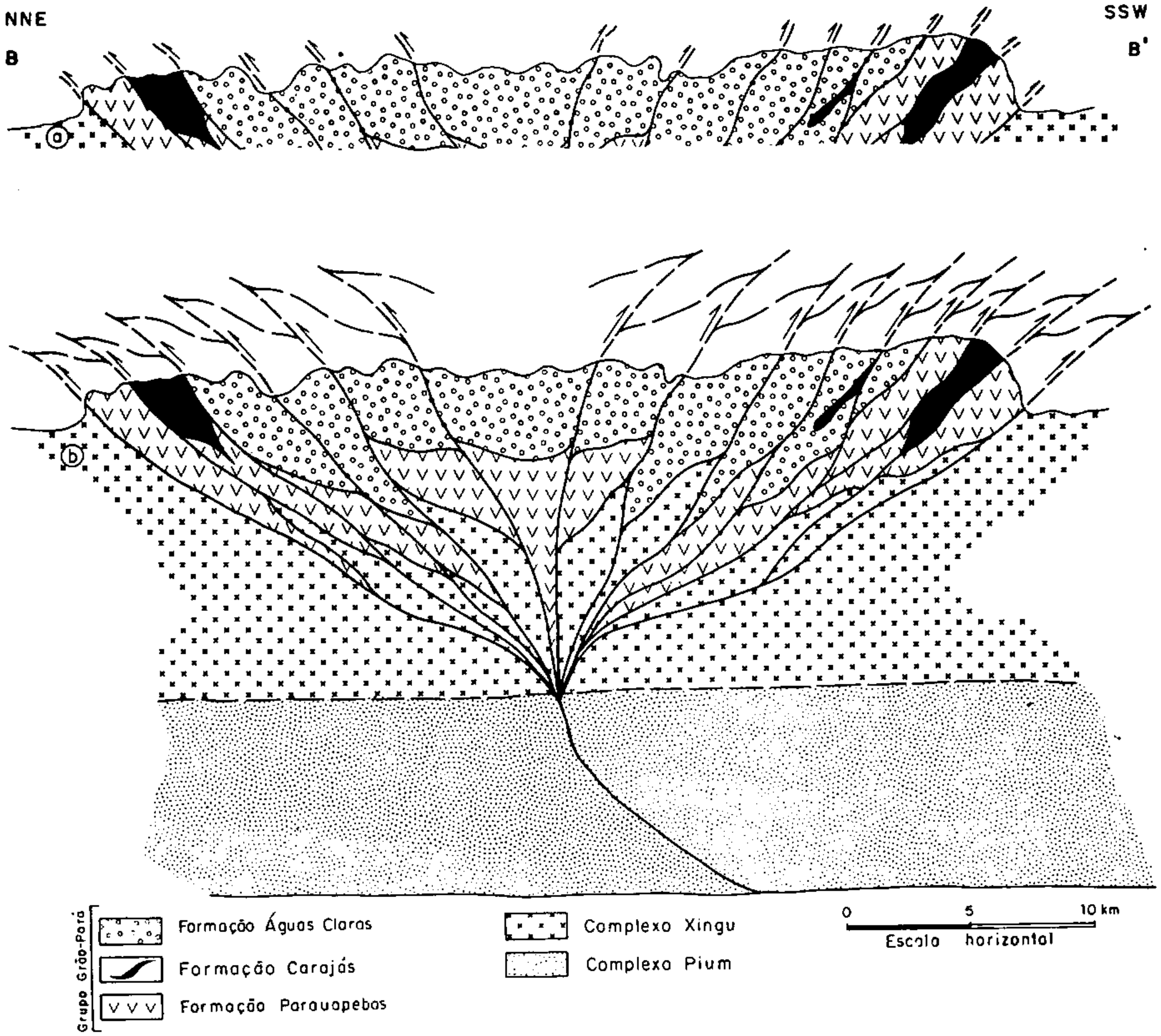
cavalgamento, que variam de verticais a suavemente inclinadas do centro para a borda (figura II.2.3). Tal arranjo geométrico, descrito por Silva et al. (1974) como um sinclínório, foi interpretado como uma estrutura em flor positiva por Araújo et al. (1988), no sentido de Reading (1980), Blicke & Biddle (1985), Ballance et al. (1986) e Ramsay & Huber (1987).

Nas bordas da estrutura as zonas de cisalhamento estão fortemente desenvolvidas e são caracterizadas por uma foliação milonítica que, dependendo da natureza do tipo litológico e da intensidade da deformação, pode ser descrita como xistosidade, laminação, foliação de transposição e bandamento composicional. Algumas zonas antitéticas, tipo R', com postura N-S e movimentação dextral, encontram-se associadas à movimentação principal WNW-ESE. Tais zonas são bem registradas nas jazidas de N4 e N1, e próximo à porção SW da serra dos Carajás na margem esquerda do rio Itacaiúnas. Dobras em "bainha", foliação S-C, bandas de cisalhamento e lineação de estiramento são também observadas através das zonas de cisalhamento. A lineação de estiramento tem orientação geral NE-SW e mergulha para NE e SW nos respectivos flancos sul e norte da estrutura. As mudanças na direção da lineação de estiramento para NNE-SSW e N-S podem ser produtos de rotações internas na progressão da deformação ou de variações na natureza da movimentação ao longo das zonas de cisalhamento. O segundo caso implica segmentos oblíquos passando para frontais ao longo da direção das zonas de cisalhamento. A forte imbricação dos conjuntos litológicos, associada às zonas de cavalgamento maiores, é vista, também, em escala mesoscópica, bem como a nível microscópico.

Na parte central da estrutura as zonas de cisalhamento são mais raras e a deformação é acomodada por dobras abertas a fechadas que variam de centimétricas a quilométricas. As porções rochosas situadas entre as zonas de cisalhamento encontram-se onduladas, não estão foliadas e se ajustam à imbricação do quadro regional.

A variação na intensidade da deformação, das bordas para o centro da estrutura, é refletida nas transformações mineralógicas. Na parte central dominam condições anquimetamórficas nos sedimentos da formação Águas Claras, enquanto nas bordas as zonas de cisalhamento são formadas por milonitos da fácies xisto-verde médio, envolvendo as formações Parauapebas (metavulcânicas), Carajás (formações ferríferas bandadas) e mais discretamente porções sedimentares da formação Águas Claras.

Considerando a natureza e a orientação das zonas de cisalhamento, a posição espacial da lineação de estiramento e a rotação sinistral (fotos II.2.13 e II.2.14) associada ao desenvolvimento dos planos de movimentação, deduz-se que a estrutura em flor positiva está ligada a um binário sinistral E-W, com o componente transpressivo orientado na direção NE-SW.



Bloco-diagrama da estrutura em flor positiva relacionada ao sistema Serra dos Carajás. As setas maiores indicam a direção aproximada da componente de compressão máxima, sem escala.

Fig. II.2.3 – Seção geológica através do sistema serra dos Carajás (a), e sua interpretação geométrica a nível crustal (b). A localização da seção está indicada na figura II.2.1.

2.2.2.2 Sistema Cinzento

A terminação leste do sistema Cinzento corresponde a uma estrutura tipo “rabo-de-cavalo” formada por zonas de cavalgamento oblíquo NE-SW, que divergem a partir da zona transcorrente principal WNW-ESE (Costa et al., no prelo). Uma fração dessa estrutura encontra-se no canto nordeste da folha mapeada.

Nessa região, o “rabo-de-cavalo” envolve rochas do grupo Rio Novo, do complexo Xingu e do gnaiss Estrela; suas zonas principais foram deslocadas e onduladas por zonas transcorrentes dextrais orientadas na direção submeridiana (figura II.1.8). A geometria interna da

megaestrutura é definida por frações lenticulares dos diferentes termos petrográficos; internamente as frações rochosas podem estar isentas de deformação, mas nas bordas ganham uma foliação penetrativa. Esse padrão é observado em todas as escalas dentro das zonas de concentração de deformação.

Fora da área de influência das zonas transcorrentes dextrais verifica-se que as zonas de cavalgamento têm mergulhos fortes para SE e a lineação de estiramento orienta-se na direção NE-SW e mergulha para SW. Na zona mestra a foliação é subvertical e a lineação é subhorizontal. A figura II.2.4 mostra as relações geométricas entre as zonas; vê-se que se trata de uma estrutura assimétrica ou hemiflor

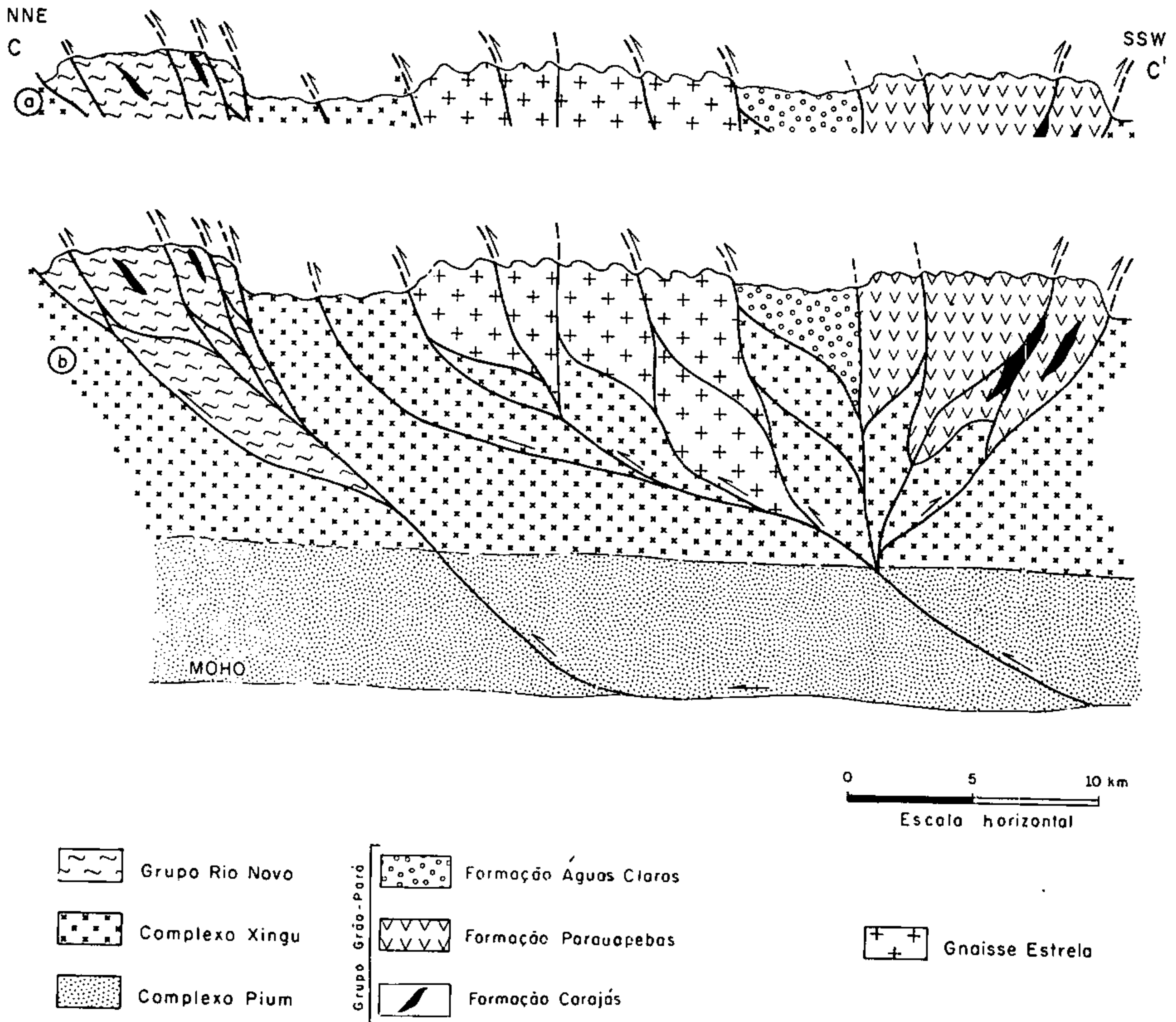


Fig. II.2.4 - Seção geológica através do sistema Cinzento e extremidade SE do sistema serra dos Carajás (a) e sua interpretação geométrica a nível crustal (b). A localização da seção está indicada na figura II.2.1.

positiva vinculada à atuação de um binário sinistral E-W. Nesse contexto, as zonas transcorrentes dextrais N-S representam estruturas antitéticas (R').

2.2.2.3 Relação entre os sistemas estruturais

Na área do regime essencialmente compressivo, registra-se a existência de um domínio imbricado que incorpora componentes de cavalgamento e direcional sinistral. As zonas de cisalhamento que compõem a estrutura em flor positiva, do sistema serra dos Carajás, são essencialmente oblíquas e fazem parte de um domínio transcorrente sinistral maior. Esse domínio estende-se para norte, oeste e leste, além dos limites da folha estudada. As zonas de cisalhamento que arquetam a hemiflor positiva da terminação do sistema Cinzento mostram-se onduladas e deslocadas por zonas transcorrentes, mas exibem caráter cavalgante com mergulhos fortes para SSE. Tal sistema projeta-se para fora da folha trabalhada por dezenas de quilômetros na direção WNW, incorporando importantes feições estruturais, como o duplex direcional do Salobo (Siqueira, 1990).

Sabe-se que a acomodação de deslocamento oblíquo entre blocos crustais resulta em componentes de movimentação perpendicular e paralela aos limites dos blocos que conduzem ao desenvolvimento de cavalgamento e zonas de rejeito direcional, respectivamente. Na tectônica oblíqua, os componentes de movimentação podem atuar simultaneamente, ou primeiro o componente de cavalgamento seguido pelo componente direcional. Os cinturões gerados por colisão oblíqua compreendem expressivas zonas de rejeito direcional que podem ter permanecido ativas durante o período inteiro da colisão (Oxburgh, 1974; Reading, 1974; Badham, 1982; Blick & Biddle, 1985; Woodcock, 1986). Tais zonas podem ser curvas e ramificadas, e diferentes segmentos podem ser ativos em tempos diferentes. Nos segmentos curvos, dependendo de suas geometrias, pode haver divergência ou convergência com desenvolvimento de estruturas distensivas e compressivas, respectivamente (Wilcox et al., 1973). Nas áreas de divergência há formação de bacias, estruturas em flor negativa limitadas por falhas ou zonas de cisalhamento, que pode ser seguida por atividade magmática bimodal e formação de crosta oceânica. Nas áreas de convergência forma-se estrutura em flor positiva, e o embasamento e a cobertura de um bloco podem cavalgar unidades do bloco adjacente. A continuação prolongada do movimento pode resultar em deslocamentos verticais e rotações em grande escala através das descontinuidades. Compressão pode ser imposta em área de distensão, resultando na formação de cavalgamento no material que preenche as bacias e no seu embasamento (Wilcox et al., op. cit.; Badham, op. cit.). A progressão da deformação leva à separação, translação e rotação das estruturas geradas inicialmente.

Considerando os dados estruturais apresentados e a breve discussão sobre colisão oblíqua, é possível interpretar as estruturas dos dois domínios no contexto de uma deformação progressiva dentro de um regime tectônico oblíquo de transporte preferencial de massas rochosas de SW-NE. Nesse caso, o desenvolvimento do domínio imbricado da estrutura em flor positiva do sistema serra dos Carajás, bem como da hemiflor positiva do sistema Cinzento, deve ter sido controlado por movimentos em uma zona de *detachment* na base da crosta (figura II.2.5).

2.3 Cinturão Araguaia (regime compressivo oblíquo)

O cinturão Araguaia encontra-se precariamente representado no extremo-sudeste da folha, através de unidades rochosas do grupo Tocantins. No geral, as rochas apresentam um bandamento composicional paralelo à xistosidade orientado na direção submeridiana e fortemente inclinado para leste. Nos afloramentos visitados não é marcante a presença da lineação de estiramento, mas sabe-se que esse elemento estrutural, a leste da área estudada, tem direção geral NNW-SSE e mergulha para SSE (Costa et al., 1988). Os critérios de rotação indicam movimentação sinistral e, nesse caso, configura-se um quadro estrutural caracterizado por zonas e sistemas imbricados de cavalgamentos, como reflexo de um regime compressivo oblíquo.

A área estudada corresponde à zona de passagem do cinturão Araguaia para o cinturão Itacaiúnas, verificando-se aí que as unidades rochosas do primeiro não estão isentas de deformação e nem recobrem discordantemente os gnaisses do complexo Xingu. Ao contrário, a zona de passagem é marcada por forte deformação onde comparamos tectonitos "S". Essa zona deve representar o prolongamento para sul da zona de empurrão que passa na região de Tucuruí, no extremo-norte do cinturão Araguaia. Nessa ótica, pode-se deduzir que o cinturão Araguaia encontra-se tectonicamente cavalgando as unidades rochosas do cinturão Itacaiúnas, não sendo possível manter a interpretação de Abreu (1978), que prevê uma faixa de rochas não-deformadas no extremo-oeste do cinturão Araguaia.

2.4 Estruturas proterozóicas (regime distensivo)

A estruturação relacionada ao Proterozóico na folha Serra dos Carajás é definida por vários feixes de lineamentos orientados preferencialmente nas direções NW-SE e NE-SW, que impõem modificações na geometria dos elementos estruturais antigos.

Os lineamentos NE-SW correspondem a falhas de transferência, que podem incorporar movimentação dextral ou sinistral e alcançar 100km de extensão. A essas falhas associam-se corpos máficos (tipo Santa Inês) e ultramáficos (tipo Vermelho). Os lineamentos NW-SE têm

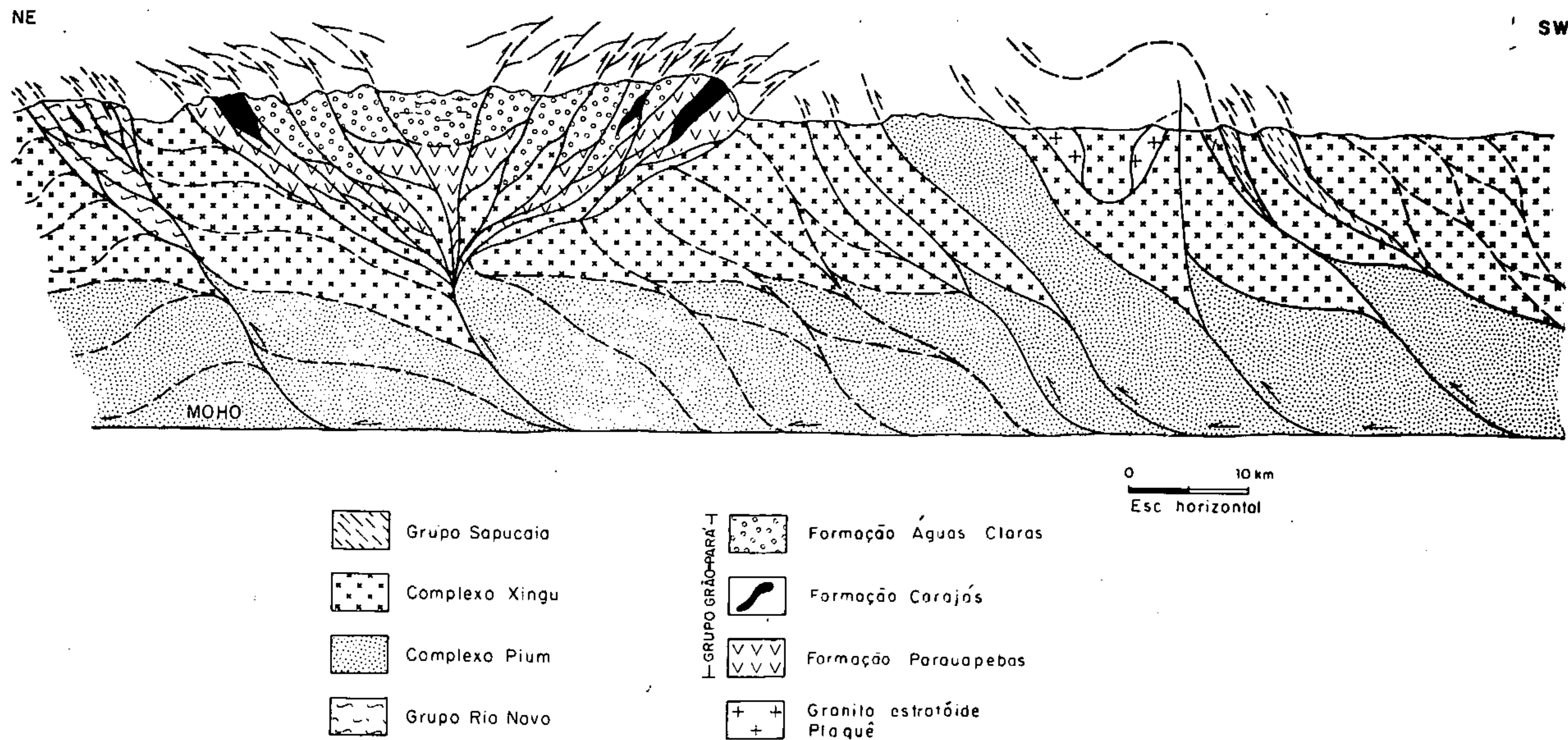


Fig. II.2.5 - Seção geológica esquemática composta mostrando as relações entre os domínios estruturais do cinturão Itacaiúnas. As zonas de cisalhamento dos dois domínios relacionam-se através de uma zona de **detachment na base da crosta. As feições litoestruturais do Proterozóico foram omitidas.**

sido interpretados por Costa et al. (no prelo) como falhas normais listricas inclinadas para NE, que compõem a arquitetura das bacias tipo *hemigraben* onde se depositaram os produtos litológicos do supergrupo Uatumã. No entanto, na área estudada não foi possível caracterizar essa geometria em função de seus ingredientes principais encontrarem-se nas folhas adjacentes. Um lineamento NW-SE, que se destaca na área e que foi investigado com mais detalhe corresponde à falha Carajás.

A falha Carajás, definida por Silva et al. (1974), tem movimentação sinistral, inclui segmentos curvos e retos e suas terminações são compostas por estruturas em "rabo-de-cavalo" (figura II.2.1). Ao longo da falha comparcem sistematicamente cataclasitos e brechas tectônicas, derivadas em particular dos termos petrográficos do grupo Grão-Pará. As estruturas em "rabo-de-cavalo" são formadas por falhas inversas oblíquas e os segmentos curvos, dependendo de suas orientações, experimentam distensão ou compressão. A história de movimentação cinemática da

falha Carajás ainda não foi examinada em detalhe, mas já se esboça um quadro que dificilmente se ajusta ao evento essencialmente distensivo concebido para o Proterozóico Médio.

2.5 Estruturas fanerozóicas (sistema distensivo)

Nas adjacências da área investigada implantaram-se importantes sistemas distensivos representados pelas bacias Amazônica e do Parnaíba. Os reflexos desse evento são materializados na folha Serra dos Carajás através de intrusões básicas que se alojaram em zonas de fraquezas antigas reativadas. Sabe-se também que no Terciário formaram-se desnivelamentos expressivos de blocos, proporcionando a instalação das principais feições morfológicas da região.

Face às limitações impostas pelos objetivos deste projeto, os movimentos cinéticos do Fanerozóico não puderam receber investigações mais detalhadas.

Capítulo 3

Metamorfismo e Deformação

por
Xafi da Silva Jorge João

As abordagens relativas aos processos metamórficos e deformacionais foram dirigidas aos conjuntos litológicos que materializam formalmente unidades cronolitostratigráficas, que mostram significância geológica para o entendimento e interpretação dos processos ocorridos nos diferentes níveis de observação.

A rigor, as observações em escalas macro, meso e micro mostram diferentes níveis ou profundidade de abordagem, em função da qualidade dos afloramentos do material coletado e de outros dados disponíveis.

Nesse sentido, os complexos Pium e Xingu, o grupo Sapucaia, o gnaiss Estrela, o granito estratóide Plaquê e o grupo Grão-Pará foram as unidades-alvo de estudo. Sobre estas procurou-se entender os processos metamórfico-deformacionais, bem como suas inter-relações e interdependências, numa tentativa de apoio interpretativo à melhor caracterização do evento cisalhante do cinturão Itacaiúnas, com suas implicações e conseqüências sobre os diferentes conjuntos retrabalhados e suas diferentes respostas reológicas.

Os granitóides da unidade Rio Maria e o grupo Tucumã escaparam a essas observações pela insuficiência de dados qualitativos e quantitativos, assim como o vulcanismo ácido, a suíte granítica anorogênica e as intrusivas básicas constituíram igualmente exceção por suas naturezas não-deformadas, características do regime tectônico distensivo do Proterozóico Médio e Mesozóico, respectivamente.

3.1 Complexo Pium

Os catametamorfitos Pium compreendem uma seqüência bem-definida na região, ocorrendo ao lado de mesometamorfitos da unidade Xingu, por elevação tectônica, em regime de cisalhamento dúctil de baixo ângulo. Esse regime provocou e desenvolveu, simultaneamente, reações metamórficas contínuas e transformativas, modificando significativamente a paragênese proterógena concernente ao metamorfismo granulítico prógrado.

A investigação petrográfica, com base nas relações texturais e intermineralógicas dos granulitos básicos (piriclasitos) e ácidos (charnoenderbitos e granoblastitos),

tem permitido identificar a fácies metamórfica granulito prógrado e a fácies anfibolito retrógrado (fotomicrografias II.3.1a e II.3.1b), como generalizadas, e a fácies metamórfica xisto-verde retrógrado, circunstancial e localizada.

O estado retrogressivo desse metamorfismo é mais evidente e desenvolvido nas zonas em que ocorrem as mais altas taxas de deformação (fotomicrografias II.3.2a e II.3.2b), evidenciadas pela presença de rochas miloníticas e ultramiloníticas envolvendo freqüentes e generalizadas reações metamórficas de hidratação sincisalamento com as paragêneses reequilibradas predominantemente à fácies anfibolito. De um modo geral, as fases minerais resultantes permitem estimar as temperaturas metamórficas de 700°-800°C e pressões variáveis de 4 a 6 Kbar. Essas variáveis físico-químicas permitem classificar o metamorfismo atuante como do tipo pressão intermediária-alta temperatura (Green & Ringwood, 1967) em função da dominante associação mineralógica ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio entre os piriclasitos e ortopiroxênio + plagioclásio entre os granulitos ácidos.

O estudo petrográfico concentrado sobre as associações mineralógicas e relações texturais discerne claramente as fases minerais ou pares de fases minerais indicativos de um determinado estágio da diaforese, como associações diagnósticas da faciologia metamórfica retrógrada (fotomicrografias II.3.3a, II.3.3b, II.3.4 e II.3.5).

Nesse sentido, o par Opx-Cpx representa uma constante, com alto teor modal nos piriclasitos, os quais denunciam protólitos ortomagmáticos básicos, guardando características de fases proterógenas, equilibradas na fácies granulito do metamorfismo prógrado pré-cisalhamento Itacaiúnas. A associação Opx-Cpx nos piriclasitos exibe dominantes propriedades reliquiares de um estágio precoce prógrado. Essas propriedades passam a incorporar leves características reacionais, inerentes à fácies granulito retrógrado sincisalamento, onde as evidências de desequilíbrio são ainda pouco chamativas, com algum destaque para os cristais de Cpx hospedando lamelas de exsolução de Opx, o qual mostra, com freqüência, uma incipiente bastitização, insinuando tendências a atingir a fácies xisto-verde.

Ainda freqüentes nos granulitos básicos, a fase mineral hornblenda de cor verde-azulada, nitidamente secundária, diaforética, em desequilíbrio com a assembléia metamórfica constituinte, marca fortemente a fácies anfíbolito retrógrado. É resultante da reação hidratante $\text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Pl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Hb} + \text{Qz}$; as observações em escala microscópica mostram a sua disposição coronada como aglomerados microcristalinos de hornblenda verde-azulada ou como simplectitos Hb-Qz em torno de Opx - Cpx e/ou dos grãos opacos.

A fase mineral biotita é relativamente freqüente nos granulitos básicos e ácidos e marca as fácies granolito e anfíbolito retrógrados, e é resultante da reação de hidratação $\text{Opx} + \text{Fk} + \text{H}_2\text{O} = \text{Bi} + \text{Qz}$. Na fácies granolito retrógrado, a biotita ocorre com relativa freqüência em associação simplectítica com o quartzo ou como pequenas palhetas aglomeradas em torno de Opx e/ou opacos, mostrando forte pleocroísmo marrom a marrom-avermelhado, e sugerindo elevados teores em TiO_2 .

Em alguns espécimes, particularmente nos granulitos ácidos, a biotita apresenta cor e pleocroísmo marrom-claro a marrom-escuro, sugerindo moderados teores em TiO_2 , em marcante desequilíbrio com o Opx, denunciando um retrometamorfismo sob condições físicas inerentes à fácies anfíbolito. Circunstancialmente, mostra passagem para clorita numa tendência a atingir a fácies xisto-verde.

O plagioclásio mostra características do estágio precoce progressivo, do metamorfismo granulítico, tanto nos piri-clasitos como na série charnoenderbítica, com realce para a antipertitização como marca reliquiar proterógena. A essas características associam-se, timidamente, cristais de plagioclásio – com lamelas eliminadas – como aglomerados diminutos e/ou como franjas, coronadas em torno do plagioclásio antipertítico, indicando sua geração como produto de metamorfismo de fácies anfíbolito retrógrado. Ocasionalmente, e particularmente nos granulitos ácidos, o plagioclásio mostra incipiente alteração a sericita e phengita desenvolvidas na fácies xisto-verde retrógrado.

A observação petrográfica denuncia, de forma generalizada, significativas transformações mineralógicas. Piroxênio-anfíbólio, piroxênio-biotita, piroxênio-bastita, anfíbolobiotita, biotita-clorita e feldspato-muscovita/phengita constituem pares minerais em desequilíbrio, materializando reações químico-mineralógicas, de caráter hidratante, através de um processo de interação fluido-rocha, de natureza hidrotermal. Essas reações metamórficas mostram uma relação com a deformação, na medida em que as transformações mineralógicas são favorecidas e acentuadas nas zonas de concentração ou de mais alta taxa de deformação. Nestas, são gerados os milonitos que se distinguem por um acentuado processo de cominuição resultante de amolecimento por deformação, favorecendo e facilitando a difusão intergranular e, por consequência, as reações de hidratação retrógrada de fácies granolito e anfíbolito, como ocorrentes na maioria dos litótipos da unidade Pium.

A análise geral dos espécimes representativos do complexo Pium mostra que diferentes tipos (ácidos e básicos) refletem diferentes intensidades na taxa de deformação, variando de estágios protomiloníticos a miloníticos. Estes destacam-se por uma forte redução granulométrica, desenvolvendo, simultaneamente, processos de recristalização sintectônica, e marcam zonas localizadas de concentração da deformação, sob condições predominantemente plásticas ou de superplasticidade, indicando, sobremaneira, os sítios de maior movimentação cisalhante.

As evidências deformacionais, mais freqüentes nos granulitos, são representadas por extinção ondulante, bandas de deformação, recuperação e recristalização dinâmica no quartzo e lamelas de geminação deformadas no plagioclásio, indicando mecanismos de deformação dúctil. Diferenças significativas nas características deformacionais óticas são observadas nas zonas marginais e centrais dos grãos de quartzo. Áreas centrais ou núcleos dos grãos contêm bandas de deformação e áreas de bordas consistem de grãos e/ou subgrãos desenhando uma estrutura do tipo núcleo-manto sugerindo um gradiente deformacional entre as duas zonas (fotomicrografia II.3.8b). Uma variação na intensidade da deformação, aumentando em direção às zonas miloníticas, denuncia que a moderada variação na microestrutura é, por indução deformacional, associada ao movimento ao longo dos planos de cavalgamento, sítios da mais expressiva recristalização dinâmica. A esse processo associa-se, freqüentemente, a formação de subgrãos em recuperação que acentuam a recristalização por rotação de seus limites interfaciais. De um modo geral, os grãos minerais, particularmente de plagioclásio, mostram-se isodimensionais, sem alongação significativa, mesmo nos tipos que sofrem acréscimo deformacional com cominuição, sugerindo um mecanismo de deformação acomodada por deslizamento intergranular a alta temperatura, com recristalização dinâmica associada.

Na maioria dos granulitos protomiloníticos e miloníticos é expressiva a impressão dos elementos da trama estrutural caracterizando tectonitos "LS". Tanto em escala de afloramento como de seção delgada, o regime da deformação é do tipo não-coaxial, revelado pelos indicadores cinemáticos, com destaque para o padrão rotacional sinistral dos ocelos feldspáticos com assimetria das sombras de pressão contornados por quartzo ribonado policristalino.

3.2 Complexo Xingu

A rigor, seus termos petrográficos mantêm de forma generalizada uma invariabilidade composicional marcada por uma assembléia mineral a base de quartzo-plagioclásio-biotita + microclina-hornblenda + epidoto + clorita + muscovita + calcita + alanita + titanita, cujo arranjo textural ou intergranular é predominantemente

granolepidoblástico inequigranular, com foliação protomilonítica a milonítica superimposta. Essa paragênese tipifica a fácies anfibolito com regressões localizadas à fácies xisto-verde alto em função do aparecimento de abundantes palhetas de clorita. Outras significativas transformações mineralógicas são observadas pelo surgimento da associação calcita-epídoto-muscovita, refletindo sobremaneira, reações envolvendo fundamentalmente um processo de descalcificação do plagioclásio, em íntimo relacionamento temporal com o processo deformacional.

Em função das relações fenoclasto-matriz e de suas mútuas proporcionalidades, diferentes tipos texturais são observados com realce para as variedades miloníticas, tonalíticas grosseiras e granodioríticas bandadas. Esses tipos têm como caracterização maior a freqüente alternância irregular e algo conspícua de níveis oclares feldspáticos contornados por níveis de biotita e hornblenda associados a quartzo e feldspato numa composição matricial recristalizada, definindo uma foliação milonítica S_m relativamente bem-desenvolvida. A natureza progressiva da deformação nos litótipos da unidade foi acompanhada de uma redução granulométrica no sentido protomilonito-milonito, envolvendo mecanismos de deformação do tipo recuperação e recristalização sincinemática do quartzo, feldspato e micas.

Extinção ondulante e bandas de deformação são as microestruturas deformacionais do quartzo, resultantes dos deslocamentos intracristalinos ou intragranulares desenvolvidos durante os incrementos deformacionais iniciais compatíveis com o estágio protomilonítico. Com a progressão da deformação a maioria dos grãos de quartzo experimenta recuperação, com produção de subgrãos e de novos grãos. Aos estágios mais avançados de movimentação se associa forte ductilidade do quartzo, através de formas ribonadas (fotomicrografias II.3.7a e II.3.7b) recristalizadas sincinematicamente relacionadas a S_m . Dentro dos *ribbons* os grãos policristalinos são sub-retangulares, sendo os limites intergranulares quartzo-quartzo algo regulares e retílineos e perpendiculares ao eixo maior do *ribbon*. Em alguns tipos rochosos a recristalização do quartzo é generalizada, conduzindo a um arranjo cristaloblástico em substituição a uma textura milonítica e conseqüente formação de variedades de milonito-gnaisses ou blastomilonitos, na progressão deformacional.

O plagioclásio é uma fase mineral dominante nos litótipos da unidade, tendo comportamento reológico algo distinto do quartzo. Grãos relictos não-recristalizados persistem à deformação, como porfiroclastos originais de núcleos sericitizados, com circunstancial recristalização marginal, a mais baixos teores em anortita. Os mais nítidos e freqüentes efeitos deformacionais são expressos pelo microfraturamento, cujos planos são preenchidos por quartzo recristalizado, denunciando um comportamento rúptil. Nas seções paralelas ao plano XZ do elipsóide de

deformação finita, os ocelos de plagioclásio, ocasionalmente, podem ser utilizados como indicadores cinemáticos, corroborando a movimentação sinistral (fotomicrografias II.3.6a e II.3.6b) observada em escala mesoscópica.

O mineral micáceo dominante nos granitóides do complexo Xingu é representado pela biotita marrom-clara a escura, ocasionalmente passando a hornblenda verde, indicando uma fase reliquiar do metamorfismo prógrado. Localmente, mostra profunda alteração a clorita nas variedades mais intensamente deformadas e cisalhadas, denunciando um processo retrometamórfico atingindo a fácies xisto-verde com uma reação de hidratação. Extensiva neocristalização com geração de agregados em *decussate* e/ou alinhados com relação a S_m marcam os tipos milonito-gnáissicos ou blastomiloníticos, em que se associam grãos idioblásticos bem-desenvolvidos e freqüentes de epídoto.

A deflexão dos agregados minerais que marcam a foliação S parecem marcar a instalação de planos de cisalhamento C mais contínuos, sob diferentes angulações, como conseqüência da progressão da deformação. Esses diferentes planos possuem basicamente a mesma assembléia mineral representada por quartzo, feldspato, biotita e/ou hornblenda + muscovita + clorita + epídoto + titanita + mirmequita em nítida orientação preferencial realçada pelas palhetas de biotita. A similaridade composicional dos agregados minerais que definem os planos S e C e o sugestivo envolvimento dos planos S na deformação incremental pela progressão heterogênea indicam um desenvolvimento isocronológico para as duas foliações em função de uma resposta ou comportamento seqüencial.

As microestruturas do quartzo indicam que esses milonitos se desenvolveram essencialmente por um processo de recristalização dinâmica, e que a *fabric* dos ultramilonitos sugere mecanismos deformacionais de deslizamento intergranular e superplasticidade em caráter associativo.

Localmente, milonitos com laminação composicional desenham gnaisses tectonicamente aleitados, consistindo de bandas alternadas ricas em quartzo, feldspato e mica, resultantes da migração de elementos de rochas inicialmente protomiloníticas mais grosseiras e menos diferenciadas composicional e estruturalmente.

As zonas miloníticas são de extrema ductilidade e plasticidade e implicam uma forte redução granulométrica de seus grãos minerais componentes, explicáveis pela aplicação de mecanismos de amolecimento por deformação (*Strain Softening*) quando é excedido o limite ou capacidade, de endurecimento por deformação (*Strain Hardening*).

Nos tipos analisados, o processo de amolecimento para geração dos milonitos encontra algumas evidências que sugerem um amolecimento geométrico em função da rotação ou reorientação dos grãos minerais para posições favoráveis dos planos de deslizamento relativos aos planos

de clivagem (010) ou de geminação segundo a lei da albita e periclina (001) para os plagioclásios, e aos planos (001) da biotita. Grãos alongados de plagioclásio sugerem uma orientação preferencial celostrutural de alta favorabilidade para o deslizamento intragranular e de relativa adequabilidade para o mecanismo de amolecimento. Processos reacionais de hidratação (cloritização) e transformacionais (plagioclásio parcialmente alterado a sericita, epidoto e quartzo) facilitados pela introdução de fluidos no sistema, favoreceriam um mecanismo de amolecimento reacional.

3.3 Grupo Sapucaia

Vulcanitos de composição máfica e ultramáfica são transformados em xistos clorito-actinolíticos e xistos cloritotalco-serpentina-tremolíticos, respectivamente, em arranjo textural nematoblástico com forte anisotropia estrutural superimposta. Circunstancialmente, em função da variação nas condições físico-químicas do processo metamórfico, paragênese e arranjos texturais, algo preservados e reliquias, permitem a identificação protolítica máfica ou ultramáfica (fotomicrografia II.3.11). Nesse sentido, alguns domínios na unidade mostram efeitos de serpentização parcial (fotomicrografia II.3.12), com preservação de cristais de olivina e segregação de grânulos opacos e, localmente, pseudomorfos de piroxênios, denunciando, nesses casos, uma natureza original dunito-peridotítica.

Com relativa frequência, os metaultramafitos da unidade Sapucaia mostram uma extensiva carbonatação associada aos tipos serpentínicos, indicando processos metamórfico-metassomáticos deutéricos, com introdução de quantidades variáveis de H₂O e CO₂. Texturas em *mesh* observadas em serpentinitos lizardíticos, com frações olivínicas reliquias e texturais não-pseudomorfos, pela geração de antigorita fibrolamelar, são indicativas de condições metamórficas que variam de fácies xisto-verde baixo a alto ou, localmente, atingindo a fácies anfíbolito baixo.

Quando se inter-relacionam os processos metamórficos e deformacionais superimpostos ao quadro geológico da área, é sugestiva a idéia de que as paragêneses olivínicas estejam relacionadas ao estágio deutérico-estático da época do emplaceamento do corpo (xisto-verde baixo) e que as paragêneses antigorita + talco + clorita + actinolita + tremolita seriam resultantes do metamorfismo xisto-verde alto/anfíbolito baixo. A dominante paragênese tremolita-actinolita + clorita + feldspato + quartzo + biotita + calcita encontrada nos xistos de natureza máfica, intimamente associada aos metaultramafitos, é compatível com a fácies metamórfica xisto-verde alto/anfíbolito baixo.

Os muscovita-biotita-xistos que representam os componentes sedimentares mostram paragênese compatível com as mesmas condições físico-químicas inerentes à fácies xisto-verde alto/anfíbolito baixo. Esses micaxistos contêm

porfiroblastos, cujo inter-relacionamento microestrutural com a matriz foliada permite, circunstancialmente, inferir a idade relativa entre o metamorfismo (crescimento dos minerais metamórficos) e a deformação. Essa análise microestrutural porfiroblasto-matriz é possível apenas em algumas amostras, onde é vista a foliação interna (S_i) em disposição oblíqua à foliação externa (S_e). A essa evidência aliam-se outras, como: (1) a forma alongada e lenticular dos porfiroblastos; (2) os porfiroblastos exibindo sombra de pressão (fotomicrografia II.3.9); (3) a foliação externa (S_e) sofrendo deflexões e contornando os porfiroblastos; (4) a foliação interna mostrando-se reta e oblíqua em relação à foliação externa, sugerindo rotação do porfiroblasto após seu crescimento. Tais linhas de evidências microestruturais são indicativas de que os porfiroclastos são pré-tectônicos, responsáveis pela foliação (S_e) impressa nos xistos.

O entendimento global geométrico, cinemático e microestrutural evolutivo da região estabelece uma caracterização milonítica para essa foliação e uma natureza porfiroclástica para os ocelos feldspáticos resultantes da superimposição tectônica do cinturão Itacaiúnas. A rigor, a forte foliação é devida ao alinhamento preferencial dos minerais fêmicos (metamafitos e metaultramafitos) e das palhetas lenticulares e/ou alongadas de biotita e/ou muscovita, como agregados que contornam os augens de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Uma foliação S₂ (bandas de cisalhamento formando crenulação), definida por superfícies finamente laminadas, regularmente contínuas, trunca a foliação S₁, em ângulo variável, estabelecendo um padrão anastomosado. O entendimento do mecanismo de deformação cisalhante, em caráter progressivo e heterogêneo, conduz à interpretação de que S₂ deriva de S₁ quando da geração da deformação milonítica.

Os componentes máfico-ultramáficos e metassedimentares da seqüência exibem variados graus de transformação mineralógica, cominuição e recristalização sintectônica (fotomicrografia II.3.10), concentração de deformação em zonas milonítico-ultramiloníticas, geração de microdobras envolvidas em microrredobramento com a progressão da deformação cisalhante, ocasionais fenoclastos de granada rotacionados e desenvolvimento de milonitos do tipo S-C-II com formação de mica pisciforme. A natureza progressiva e heterogênea da deformação é entendível pelo envolvimento da unidade no regime compressivo, gerando sistemas imbricados emergentes, resultando em estruturas lenticularizadas (misturação tectônica Sapucaia-Plaquê e Sapucaia-Xingu) ou *mesopods* de metaultramafitos com textura *spinifex* preservada (fazenda Campos Altos).

3.4 Gnaiss Estrela

Constitui uma unidade bem-destacada no contexto geológico com marcante contraste fototextural e com um

padrão microtextural e uma associação paragenética relativamente bem distintiva das demais unidades. A paragénese associada ao arranjo mútuo dos grãos minerais é indicativa de um metamorfismo de médio a alto grau (fotomicrografias II.3.13 e II.3.14).

A textura granoblástica em estilo "mortar" denuncia a superimposição de uma deformação em regime de cisalhamento dúctil, com produção algo generalizada de rochas protomiloníticas a miloníticas.

Os granitóides gnaissificados componentes da unidade Estrela estão inseridos no sistema serra dos Carajás, sendo envolvidos na deformação por elevação tectônica na fase transpressiva do sistema, a partir de sua posição crustal original às proximidades do domínio da base da crosta, a julgar pela presença de rochas granoblastíticas.

A justaposição litológica de tipos contrastantes e de faciologias metamórficas distintas existentes entre as unidades Estrela, infracrustal, e Grão-Pará, supracrustal, denunciam uma movimentação ascensional divergente relacionada a um sistema direcional maior com sentido sinistral. Essas características de variação e justaposição litológica ao longo desse sistema são indicativas de um regime deformacional por cisalhamento dúctil de alto ângulo controlado por uma zona principal de deformação, provavelmente associada a uma zona de *detachment*, na base da crosta controladora da movimentação cavalgante no regime compressivo do cinturão Itacaiúnas. A fase de inversão ou transpressiva, com o conseqüente alçamento tectônico do gnaiss Estrela, pode ser preliminarmente entendida por uma movimentação e deformação diferencial, com separação de blocos normal-reversa sob rejeito direcional profundo, em estilo de tectônica pelicular espessada.

3.5 Granito estratóide Plaquê

Plutonitos ácidos, de uniforme coloração vermelho-clara a escura, de composição essencialmente sódico-potássica a potássica, materializando tipos graníticos a duas micas, são tipologias bem-definidas e de fácil identificação dentro do cinturão Itacaiúnas. Esses granitóides biotito-muscovíticos, leucocráticos, têm configuração macrolenticular, disposição estrutural semiconformável a conformável com a trama estrutural regional, e são componentes marcantes da megaestruturação arqueana que arquiteta o cinturão.

A expressiva concentração modal volumétrica no campo monzogranítico (3b) e a quase invariabilidade composicional – não obstante a extrema diversificação anisotropoestrutural – conduziu à designação formal de granitóide estratóide Plaquê.

A assembléia mineral – a nível de fases essenciais e varietais – dominada pela associação quartzo-microclina-biotita-muscovita é indicativa de condições metamórficas compatíveis com a fácies anfibolito na

seqüência progressiva regional. A invariável paragénese, aliada à característica e notória ausência de encraves pelíticos, são elementos analíticos de indução à concepção de uma área-fonte composicionalmente silicosa, tonalito-granodiorítica, situada no domínio da crosta continental.

O aspecto textural, composicional e metamórfico dos litótipos da unidade, indicativo de ambiente magmáctico sincinemático, denuncia características generativas e de emplaçamento magmático em fase sincolisional como resultância do espessamento crustal elaborado pelo regime tectônico compressivo edificador do cinturão Itacaiúnas. Essa duplicação crustal, em estilo cavalgante imbricado na área trabalhada, seria responsável pela geração do calor cisalhante causador da anatexia crustal sincolisional, semiconfinada às bases ou às interfácies das diversas megafácies cavalgantes.

A distribuição geográfico-espacial da unidade Plaquê é indicativa do expressivo magmatismo granítico produzido e reflete, sobremaneira, evidências indiretas de uma intensa e extensa fusão parcial sincisalimento como conseqüência de um alto grau de espessamento crustal.

A análise dos granitos estratóides Plaquê, em diferentes escalas de observação, com integração multidisciplinar, mostra que o caráter sincinemático é produto interativo do metamorfismo sincisalante em regime compressional relacionado à orogenia continental e espessamento crustal em fase sincolisional.

Estudos geoquímicos dirigidos poderiam dar suporte a essas evidências pela comparação com grupos composicionais, algo bem estabelecidos e discriminantes dos ambientes tectônicos e áreas-fonte.

As observações mesomicroestruturais indicam claramente uma relação isocronológica entre o metamorfismo e a deformação, em que a assembléia mineral, tipificando uma fácies anfibolito inferior ou metamórfica de médio grau, sofre as mais variadas taxas deformacionais, envolvendo a unidade Plaquê na série protomilonito-milonito-ultramilonito. Em adição, o mecanismo deformacional e o processo cristalização-recristalização ocorreram sob condições dinâmicas ou sincinemáticas, como se depreende dos efeitos de tensões internas dos grãos minerais, não obstante uma circunstancial ação blastomilonítica, com tendência à eliminação da textura milonítica sob condições algo estáticas.

O caráter progressivo e heterogêneo da deformação (fotomicrografia II.3.8a) imprimiu um igualmente progressivo efeito nas tensões internas dos grãos minerais, com realce para o quartzo, que mostra microestruturas deformacionais, recuperativas e recrystalizantes na seqüência protomilonito-milonito-ultramilonito impressa na unidade Plaquê. Nesse sentido, extinção ondulante, bandas de deformação, subgrãos, poligonização e novos grãos são as feições microestruturais observadas, respectivamente, nos grãos de quartzo, em paralelo a uma conspícua granulometria diretamente proporcional ao acréscimo na intensidade de deformação.

O granito estratóide Plaquê, em estágio deformacional milonítico, mostra que os grãos de quartzo sofreram um significativo achatamento, cuja extrema ductilidade favoreceu o desenvolvimento de cristais em forma de *ribbon*. Estes são constituídos por agregados policristalinos que mostram processos de recuperação-recristalização dinâmica e arquitetam a foliação S_m .

O plagioclásio albitico ocorre como porfiroclastos ou ocelos globulares reliquias sem efeitos visíveis de recristalização e com pouca deformação interna, mesmo nos granitóides mais intensamente deformados. A microclina micropertítica é uma fase mineral modalmente significativa, apresentando como característica microestrutural mais marcante a ocorrência de agregados completamente recristalizados e neocristalizados com alta triclinicidade (fotomicrografia II.3.16) e totalmente límpidos, inalterados e sem inclusões de minerais matriciais. De forma generalizada, os agregados de microclina micropertítica constituem neogrãos, sem vestígios de grãos reliquias, atingindo dimensões com tendência a emprestar, a algumas variedades, um caráter blastomilonítico.

Biotita, ocasionalmente alterada a clorita, e muscovita primária constituem uma associação micácea algo freqüente nos granitos estratóides Plaquê. Mostram uma freqüente neocristalização, agregados dispostos em padrão *decussate* e a formação de níveis bem-alinhados e segregados, constituindo planos de cisalhamento discerníveis em escala mesomicroscópica. Nos tipos mais fortemente deformados, as neômicas mostram-se mais desenvolvidas dimensionalmente e elaboram uma superfície planar anastomótica contornando grãos de quartzo e feldspato.

O inter-relacionamento das feições microestruturais observadas, com o desenvolvimento de uma pervasiva anisotropia planar, é indicativo de uma deformação plástica acompanhada por cominuição e recristalização sincinemática dos grãos minerais, particularmente nos tipos que atingiram o estágio milonítico. A foliação milonítica S_m na deformação progressiva heterogênea tem padrão anastomosado, exibindo localmente o desenvolvimento de bandas de cisalhamento S_s , como uma segunda estrutura planar em baixo ângulo com a foliação milonítica. Essas duas estruturas planares são penetrativas e contínuas, apresentam um *trend* E-W concordante com o *trend* da foliação regional, e resultam da deformação tectônica sincisalamento e sincristalina com extensiva recristalização-neomineralização (blastomilonitização) associada. De um modo geral, a dominante foliação milonítica é arquitetada pelo forte achatamento dos grãos de quartzo, forte alinhamento preferencial das palhetas de biotita e/ou muscovita, contornando fenoclastos de microclina e plagioclásio e paralelizados aos expressivos *ribbons* de quartzo. O acréscimo no grau de anisotropia planar (S_m) é diretamente proporcional à produção de agregados quartzosos progressivamente mais ribonados.

A alongação dos grãos de quartzo com deformação interna e de algumas palhetas de biotita e muscovita sugere um mecanismo de deformação dominado por deslizamento intragranular acompanhado por intensivo e extensivo processo de recristalização/neomineralização sincisalamento, simultâneo ao desenvolvimento da foliação. À medida que os agregados de quartzo foram modificando sua forma inerente ao estágio protomilonítico, transformando-se para grãos em *ribbon* (fotomicrografia II.3.15), inerente ao estágio milonítico, a deformação na matriz quartzofeldspática – fortemente cominuída – foi acomodada por deslizamento intergranular como um mecanismo adicional.

A interação das observações em escalas macro, meso e microscópica denuncia que os granitóides foliados da unidade Plaquê materializam tectonitos "SL" produzidos dentro de uma trama anastomosada internamente relacionada a zonas de cisalhamento dúctil, elaboradas pela tectogênese Itacaiúnas. Uma lineação de estiramento mineral é projetada no plano da foliação milonítica (S_m) e exibe direção geral NE-SW, mergulhando, em média, 60° para SW e com um *rake* aproximado de 50°. Essa postura espacial é persistente nas diferentes estações geológicas ou pontos de ocorrência dos granitos estratóides Plaquê, reforçando uma coerência cinemática regionalizada indicativa de uma direção de transporte tectônico de massas rochosas de SW para NE, incorporando movimentação oblíqua. A rigor, a lineação de estiramento é representada pela alongação boudinada, ou não, dos grãos de quartzo e feldspato bastonado, e pela alongação de agregados biotíticos e/ou hornblêndicos.

3.6 Grupo Grão-Pará

As rochas metabasálticas têm sua composição dominada por plagioclásio (sericito-epidotizado em alguns locais), hornblenda-actinolita, algum diopsídio reliquiar, uma matriz microcristalina e subordinados grãos de quartzo e titanita. As fases minerais majoritárias e essenciais exibem um arranjo mútuo blastofítico e/ou intergranular algo preservado. Coronas de actinolita em torno de cristais reliquias de diopsídio denunciam, ocasionalmente, processo de transformação mineralógica e recristalização metamórfica sob condições de desequilíbrio. São comuns os processos de alteração hidrotermal com formação secundária de clorita, carbonato, calcedônia e epidoto como fases minerais dispersas pela rocha e/ou preenchendo cavidades vesiculares.

As metavulcânicas félsicas são dominadas por quartzo, feldspato, minerais ferromagnesianos alterados e abundante matriz microcristalina a granofílica com textura bastoporfírica e representam tipos petrográficos que variam de metarriolitos a metadacitos.

A assembléia mineral dos metavulcanitos componentes da formação Parauapebas indica condições metamórficas que variam de fácies xisto-verde baixo a xisto-verde alto.

O componente metassedimentar do grupo Grão-Pará é representado por metarenitos conglomeráticos e litoarcozianos basais que gradam para uma seqüência metapelítica de natureza margosa-manganesífera de caráter rítmico. Os metarenitos são representados, quase que invariavelmente, por uma associação quartzo-fragmento de rocha-matriz sericítica em arranjo textural variável de clástico por deposição a incipiente xistossidade, indicando processos de reordenamento textural e recristalização metamórfica compatível com o anquimetamorfismo da fácies xisto-verde baixo.

O metamorfismo e a deformação dos litótipos da unidade Grão-Pará estão inseridos e relacionados a uma zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo em regime de transcorrência com sentido de movimentação sinistral, e sendo parte componente da tectônica oblíqua que marca o cinturão Itacaiúnas, na região. As observações geológicas e a interpretação dos dados preexistentes e coletados no curso do mapeamento são sugestivas de que o metamorfis-

mo e a deformação dos litótipos do grupo Grão-Pará são resultantes da fase transpressiva envolvendo movimentação de massa em estilo ascensional divergente e configuração estrutural ou geométrica em flor positiva. São de difícil caracterização os possíveis efeitos metamórficos e deformacionais das movimentações estruturais convergentes e divergentes.

No curso da movimentação transcorrente, os processos deformacionais foram progressivos e heterogêneos, imprimindo diferentes graus de anisotropia estrutural com geração de estruturas foliadas, lenticularizadas e imbricadas, como se observa no garimpo do Sossego, em que zonas miloníticas ou de concentração máxima da deformação circundam *mesopods* metarriolíticos. Nessa região, os processos deformacionais e metamórficos hidrotermais (interação fluido-rocha) tiveram influência decisiva na remobilização e reconcentração do ouro como mineralização significativa.

Capítulo 4

Arranjo Estratigráfico

por
Orlando José Barros de Araújo

A restauração das relações estratigráficas entre unidades litológicas que compõem regiões que experimentaram evolução polifásica de movimentos cinemáticos passa necessariamente por uma análise multidisciplinar. As limitações naturais impostas pelos objetivos e escala deste trabalho, a exemplo do tamanho da área investigada, não permitiram o aprofundamento dessa análise, em particular, nas unidades que integram o terreno granito-*greenstone* do sul do estado do Pará. Por outro lado, a caracterização das províncias e regimes tectônicos principais, assim como o entendimento dos domínios e sistemas estruturais, além da definição da natureza das diversas unidades litológicas, proporcionaram a elaboração do quadro estratigráfico mostrado na tabela II.4.1.

As unidades litológicas mais antigas são representadas pelos complexos Xingu e Pium e pelo gnaiss Estrela. O complexo Xingu enfeixa gnaisses tonalíticos a granodioríticos mais ou menos migmatizados, com frações de rochas supracrustais e de granitóides. A natureza desses conjuntos litológicos ainda não está devidamente entendida, mas já se visualiza um quadro no qual parte das supracrustais e dos granitóides poderia ser derivada de terrenos granito-*greenstone* antigos. O complexo Pium compreende essencialmente rochas granolíticas ortoderivadas que são interpretadas como porções da crosta inferior soerguidas ao longo de zonas de cisalhamento, com caráter de cavalgamento, no final do Arqueano. O gnaiss Estrela constitui uma janela do complexo Xingu em meio às supracrustais do grupo Grão-Pará. Como as relações que se verificam entre as unidades rochosas dos complexos Xingu e Pium são tectônicas, e na ausência de informações geocronológicas e litológicas mais detalhadas, para efeito de simplificação do quadro estratigráfico atribui-se, no momento, a mesma idade aos dois complexos.

Sobre os complexos gnáissico-granitóides instalaram-se as seqüências vulcanossedimentares do terreno granito-*greenstone* atribuídas aos grupos Tucumã e Sapucaia. Sabe-se que tais unidades evoluíram a partir da atuação de um

megassistema transcorrente e que a restauração da movimentação cinemática transpressiva implica a visualização de pequenas bacias preenchidas por produtos vulcânicos e sedimentares. À fase distensiva associam-se os granitóides da unidade Rio Maria.

A organização dos produtos litostratigráficos torna-se mais clara em direção ao final do Arqueano, com a implantação do cinturão Itacaiúnas em regime oblíquo. Os complexos gnáissico-granitóides e os produtos litológicos do par granito-*greenstone* foram parcialmente retrabalhados, granitos estratóides foram gerados e emplaçados, e ao longo dos sistemas transcorrentes serra dos Carajás e Cinzento formaram-se bacias que acolheram os grupos Grão-Pará e Rio Novo, respectivamente. O grupo Grão-Pará inclui, da base para o topo, as formações Parauapebas, Carajás e Águas Claras. Nessa ótica, a formação Águas Claras não pode ser correlacionada à formação Rio Fresco. A esse evento termotectônico associam-se os granitos estratóides Plaqué, que comparecem sistematicamente sob a forma de estratos ao longo das zonas de concentração de deformação. Não pode ser descartada a interpretação que considera um diacronismo entre essas unidades, mas os dados disponíveis não permitem demonstrá-la no momento.

No final do Arqueano, início do Proterozóico, instalou-se a bacia que recebeu o supergrupo baixo Araguaia, representado na área investigada pelo grupo Tocantins. Trata-se de uma seqüência pelítica, com intercalações de psamitos, interpretada como produto de um ciclo transgressivo incompleto (Costa et al., 1988).

Os produtos litológicos do Proterozóico são representados por corpos máficos (tipo Santa Inês), ultramáficos (Vermelho, Cateté etc.) e graníticos (Central, Cigano, Seringa etc.), além de derrames ácidos a intermediários de ocorrência restrita na área. Tais unidades são reunidas no supergrupo Uatumã.

As unidades fanerozóicas incluem diques de diabásio, coberturas lateríticas ferruginosas e aluminosas, e coberturas colúvio-elúvio-aluvionares.

COBERTURAS RECENTES	QUATERNÁRIO		Qa	
	TERCIÁRIO		T1a	
	MESOZÓICO	REGIME DISTENSIVO / PLUTONISMO BÁSICO		Mz y z

NÍVEL CRUSTAL	MÉDIO	SUPERIOR	REGIME DISTENSIVO / PLUTONISMO ÁCIDO, BÁSICO E ULTRABÁSICO	
	INFERIOR	MÉDIO	PI ₁	PI _y PM₃

NÍVEL CRUSTAL	NÍVEL CRUSTAL	TERRENO GRANITO "GREENSTONE" DO SUL DO PARÁ	CINTURÃO ITACAIUNAS		CINTURÃO ARAGUAIA	
		REGIME DIRECIONAL	REGIME COMPRESSIVO	OBLÍQUO	REGIME COMPRESSIVO OBLÍQUO	
		SEQUÊNCIA SUPRACRUSTAL	SUÍTE GRANITÓIDE	DOMÍNIO IMBRICADO	DOMÍNIO TRANSCORRENTE	DOMÍNIO IMBRICADO
				SISTEMA S. DOS CARAJÁS	SISTEMA CINZENTO	
	SUPERIOR	AS _{tu}	AS _{sa}	AS _{sp}	AS _{rn}	Pl _{to}
	MÉDIO		AS ₂	AS _{ge}		
	INFERIOR		AS _{pi}			

.....	Discordância		Trancorrência entre sistemas estruturais
////	Intrusão em fase distensiva		Limite transicional entre duas províncias geotectônicas
↑ ↓	Posição cronológica possível	† Superposição de domínio transcorrente sobre domínio imbricado	Cavalgamento oblíquo entre duas províncias geotectônicas

TAB. II.4.01 - ARRANJO ESPACIAL / TEMPORAL / CRUSTAL DAS UNIDADES

Capítulo 5 Geofísica

por
João Batista Freitas Andrade

5.1 Introdução

A folha serra dos Carajás foi coberta por aerogeofísica entre os anos de 1975 e 1976 pelo Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), com os seguintes parâmetros de vôo: 2km entre as linhas, de direção N-S, 150m de altura média e 1 segundo de intervalo entre cada medida.

A interpretação geofísica qualitativa desta folha se fez sobre os mapas de campo magnético total, radiométricos de contagem total, tório e urânio, gerados originalmente pelo PGBC. Além destes, foram também utilizados mapas transformados de gradiente vertical com redução ao pólo e de continuação para cima (1.000m), calculados a partir dos dados do PGBC.

Através do mapa magnético caracterizaram-se diversos domínios e subdomínios, que foram correlacionados com feições radiométricas, estruturais, imagens de radar e satélites e informações geológicas (figura II.5.1). Os contornos dos corpos de natureza ácida foram sugeridos preferencialmente a partir dos mapas radiométricos, visto que eles apresentam-se bastante difusos nos produtos aeromagnéticos.

Na apresentação deste trabalho incluem-se os mapas magnético de campo total e radiométrico de contagem total, que foram regeados com aplicação de técnicas de processamento de dados, diferentes daquelas empregadas pelo PGBC.

5.2 Interpretação qualitativa

5.2.1 Domínios geofísicos

Objetivando facilitar a localização das ilustrações, a figura II.5.2, mostra o posicionamento, por vezes superposto, das feições magnéticas e radiométricas mais características dos respectivos domínios.

Domínio M1

É caracterizado por apresentar uma feição planar de relevo magnético acidentado, exibindo um marcante contraste entre seu gradiente horizontal e aquele dos domínios encaixantes.

Normalmente, é constituído por anomalias elípticas e alongadas, de direção E-W, provenientes de rochas com alta susceptibilidade magnética. Em algumas anomalias, os eixos magnéticos apresentam variações de postura para NW-SE ou NE-SW, podendo evidenciar tanto a presença de falhamentos como uma tectônica regional dúctil de padrão anastomosado.

A forte intensidade magnética dessas anomalias está tanto associada às formações ferríferas como às rochas metabásicas pertencentes à seqüência vulcanossedimentar do grupo Grão-Pará. O fato desses litótipos estarem quase sempre muito próximos uns dos outros torna difícil suas individualizações através da magnetometria; no entanto, pôde-se observar que as formações ferríferas exibem maior intensidade magnética que as rochas metabásicas, apresentando valores na ordem de 5.000nT a 12.000nT contra 1.000nT a 4.000nT.

A leste da serra do Rabo ocorrem alinhamentos magnéticos, que se bifurcam em direção à serra Norte e em direção à serra Sul. No ramo direcionado para a serra Norte os alinhamentos indicam a presença de um falhamento NW-SE de grande dimensão. Na serra Sul, deslocamentos de eixos magnéticos e alinhamentos mostram evidências de um falhamento quase paralelo ao da serra Norte. Essa bifurcação compõe parte de uma estrutura em flor positiva (Araújo et al., 1988), em cujo interior predominam rochas fracamente magnéticas (metasedimentos e rochas intrusivas graníticas) e, nas bordas, rochas fortemente magnéticas (rochas metabásicas e formações ferríferas) pertencentes ao grupo Grão-Pará (figura II.5.3).

As rochas desse domínio são pobres em radioelementos, apresentando radioatividade inferior a 650cps (choques por segundo), 7.0 eTh (equivalente tório = ppm) e 2.5 eU (equivalente urânio = ppm), respectivamente, para os canais de contagem total, tório e urânio.

Domínio M12

Ocorre no canto nordeste da folha, representado, fundamentalmente, por litótipos do grupo Rio Novo. Estende-se para NNW e afunila-se para SE, fazendo contato com rochas do complexo Xingu a SE e SW. Magneticamente,



FEIÇÕES LINEARES		FEIÇÕES PLANARES		INTENSIDADES MAGNÉTICAS		NÍVEIS RADIOMÉTRICOS	
	Lineamentos ou alinhamentos.		Limite entre domínios magnéticos.	ma = muito alta (>500 nT)		I	650 cps
	Faturas, falhas, cisalhamentos.		Provável limite entre domínios magnéticos.	a = alta (1000 - 5000nT)		II	1000 cps
			Contatos radiométricos.	m = média (500 - 1000 nT)		III	1000 a 2000 cps
				b = baixa (100 - 500 nT)		IV	1500 a 4500 cps
				mb = muito baixa (<100 nT)			Isodinâmica intensidade magnética total.
							Valor decrescente.

Fig. II.5.1 – Mapa integrado de interpretação aeromagnética e aerorradiométrica da folha Serra dos Carajás (SB.22-Z-A).

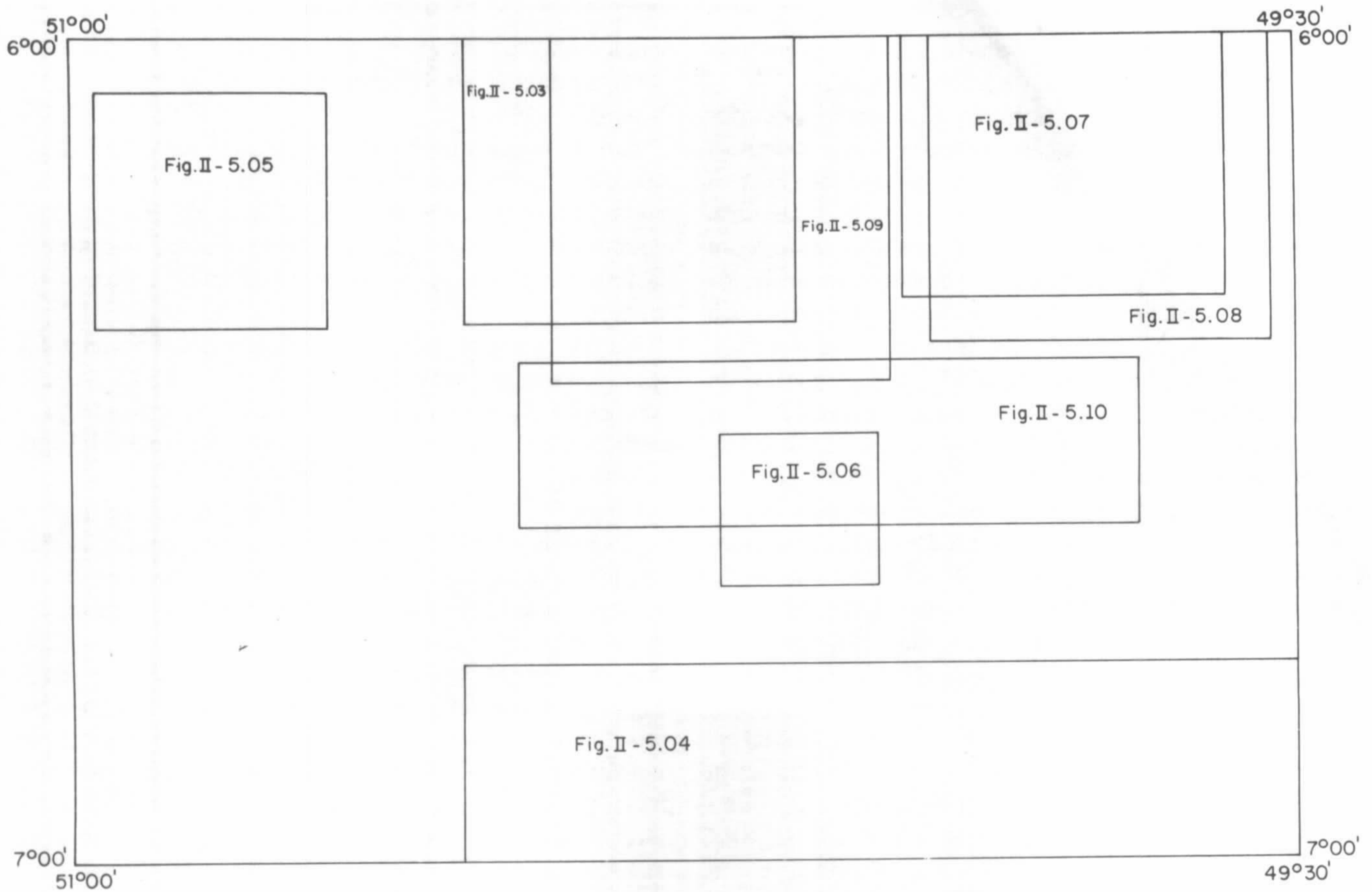


Fig. II.5.2 – Localização das ilustrações que detalham as principais feições aerogeofísicas.

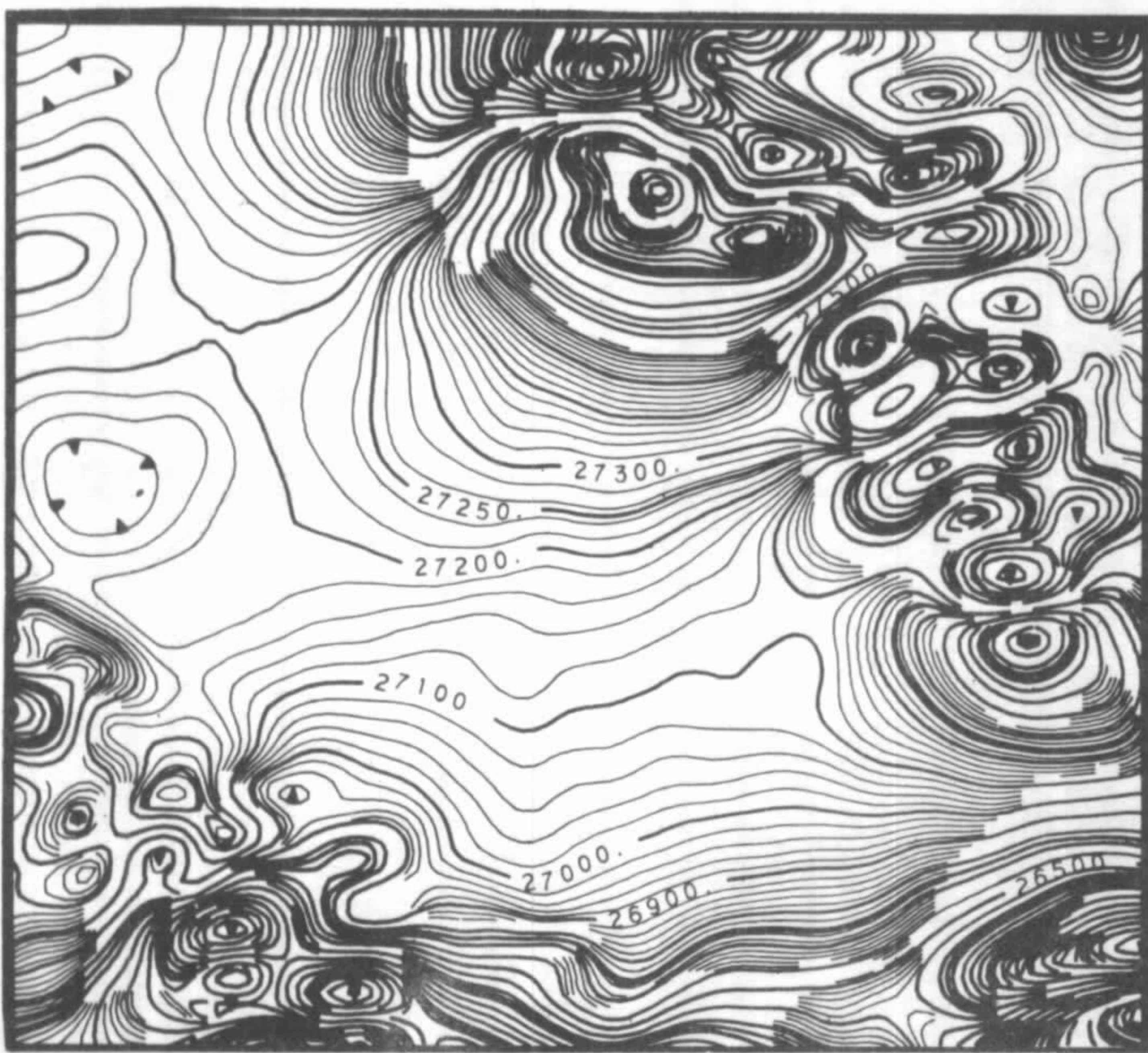


Fig. II.5.3 – Feição magnética do domínio M1, associada a rochas do grupo Grão-Pará.

apresenta anomalias de relevo mais suave e de menor intensidade que M1, enquanto que os baixos níveis radiométricos são assemelhados.

Domínio M13

Ocorre em discreta faixa no canto sudeste da folha, que se estende para W (folha São Félix do Xingu), mantendo contato com o granito da serra da Seringa. Exibe textura magnética planar de médio relevo, associada à fração máfica do *greenstone-belt* Tucumã. Textura magnética semelhante é observada também na parte noroeste da folha, podendo ser atribuída da mesma forma a porções metamáficas sem controle de campo. As intensidades radiométricas dos dois subdomínios são similares, com baixos níveis de radiação total.

Domínio M2

Esse domínio representa rochas essencialmente máficas e ultramáficas com ou sem metamorfismo. Apresenta-se com anomalias circulares, elípticas e alongadas, formando pares positivos e negativos bem-definidos. Anomalias associadas a diques básicos mostram adensamento nas isodinâmicas, que se alongam em determinadas direções. Os diques também podem ser caracterizados por dipolos

alinhados. Esses corpos encontram-se distribuídos em toda a folha, sempre condicionados a fraturamentos.

Radiometricamente, o domínio é caracterizado por apresentar valores de radiação total inferiores a 500cps.

Na faixa central da folha, encontram-se alguns corpos alongados, possivelmente constituídos de máficas e/ou ultramáficas encaixadas em zona de cisalhamento, com direção-geral E-W, exibindo fraturamentos secundários NW-SE e NE-SW. No canto sudeste, na serra do Parauapebas, associadas a metaultramáficas e metamáficas do grupo Sapucaia, ocorrem anomalias de formas alongadas e elípticas, cujos eixos principais têm direção predominante E-W, deslocados, localmente, para NE-SW possivelmente devido à presença de falhamentos (figura II.5.4). As porções aflorantes dessas rochas têm radiação total inferior a 250cps. Alinhamentos magnéticos paralelos, com esporádicas anomalias de menor intensidade, indicam a continuidade do corpo magnético para NW-SE com dimensões menores e a presença de outros corpos situados a SSW, obedecendo à mesma direção.

A W da folha, ao norte da serra da Seringa, encontra-se uma anomalia de polaridade invertida, devido a um possível paleomagnetismo, proveniente de rocha ultramáfica condicionada ao sistema de fraturas NE-SW. Sua extremidade NE, provavelmente aflorante, é um baixo radiométrico inferior a 500cps. Mais ao norte, próximo ao rio Cateté, dirigindo-se para NE em direção ao rio Itacaiúnas, nota-se também, condicionado ao mesmo sistema de fraturamentos, um possível corpo básico ou ultrabásico cortando rochas graníticas, interrompido por falhamentos NW-SE. A possibilidade de afloramentos do corpo é maior nas extremidades da zona de fraqueza.

Diversos diques básicos também podem ser observados através de alinhamentos magnéticos, principalmente na direção NE-SW, cortando rochas mais ácidas, tais como o granito da serra da Seringa e o gnaiss Estrela.

Dentro do contexto metassedimentar do grupo Grão-Pará (formação Águas Claras), a ocorrência desse domínio magnético pode ser atribuída a porções metabásicas (formação Parauapebas) do grupo Grão-Pará, len-

ticularizadas durante o regime transpressivo (Araújo et al., 1988), ainda que ocasionalmente não-aflorantes.

Domínio M3

É o de maior distribuição geográfica na folha, caracterizando-se por uma feição planar de relevo magnético médio a baixo, estando associado principalmente a rochas metamórficas dos complexos Xingu e Pium, e granitóides da unidade Plaqué e a pequenos corpos graníticos intrusivos.

Na faixa central da folha, os alinhamentos magnéticos apresentam-se adensados na direção E-W, face à existência de corpos máficos e ultramáficos estirados, encaixados em rochas do complexo Xingu, dentro do cinturão Itacaiúnas.

Na parte sul da folha, as feições magnéticas tornam-se mais visíveis devido à ausência de anomalias fortes que perturbam as linhas de força das rochas do domínio deformando sua textura. As isodinâmicas apresentam-se alinhadas principalmente na direção E-W, com um relevo suave e interceptadas por alinhamentos NE-SW e NW-SE originados por falhas. A radiometria nesse contexto mostra uma diminuição de radioelementos, principalmente em relação à porção central da área, onde é mais comum a presença de lentes de granitóides da unidade Plaqué. Na porção sul, o predomínio de rochas composicionalmente mais sódicas deve explicar a diminuição de intensidade dos níveis radiométricos.

Inseridos nesse domínio ocorrem outros menores, denominados de M31, M32, M33 e M34.

O domínio M31 ocorre nas partes centro-leste, noroeste e centro-oeste da folha, com anomalias alongadas, de grande comprimento de onda e pequena amplitude, associadas normalmente a rochas metamórficas da fácies granulito (piriclasitos, enderbitos e charnoquitos) pertencentes ao complexo Pium. Apresentam radiação total inferior a 500cps nas porções máficas, chegando até 1.500cps nas porções mais ácidas.

No corpo existente a noroeste da folha, o domínio é delimitado por isodinâmicas que formam uma auréola magnética elipsoidal, exibindo no interior uma anomalia alongada na direção E-W, provavelmente associada à porção mais máfica do conjunto granulítico (figura II.5.5).

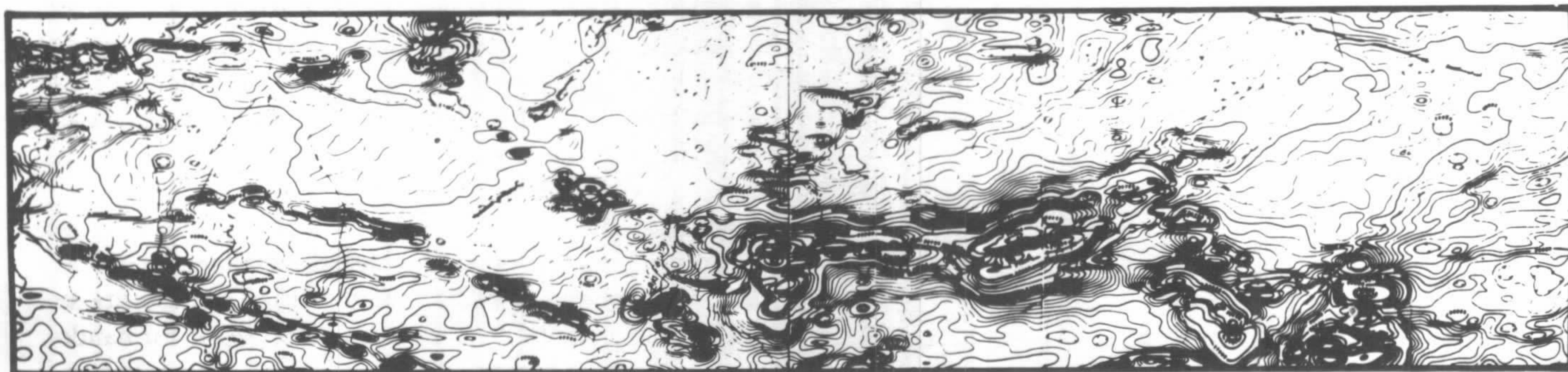


Fig. II.5.4 - Feição magnética das rochas metamáficas e metaultramáficas do grupo Sapucaia.

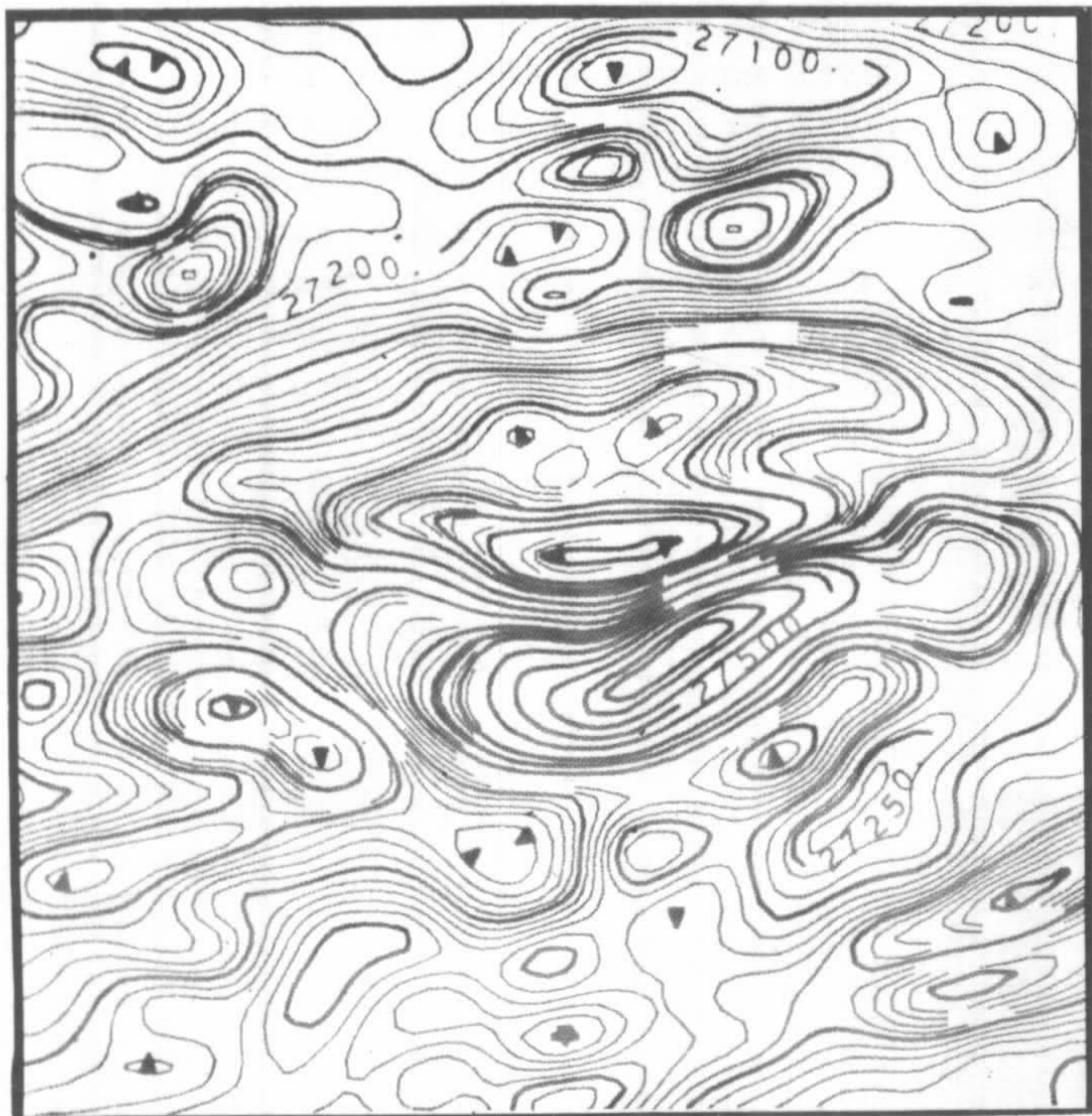


Fig. II.5.5 – Feição magnética do complexo Plum, exibindo rochas granolíticas ácidas envolvendo uma porção básica

Nas partes centro-leste e centro-oeste, o domínio situa-se na faixa mais central do cinturão Itacaiúnas, dentro dos limites da folha, e as anomalias, face ao efeito tectônico, apresentam-se em formas alongadas, com inflexões e aspecto sigmoidal (figura II.5.6).

O domínio M32 situa-se no canto nordeste da folha e exibe uma feição planar de baixo relevo magnético formando alinhamentos na direção NE-SW (figuras II.5.7 e II.5.8). Representa a maior porção do gnaiss Estrela, de composição granítica a granodiorítica, cortado por diques básicos que preenchem fraturamentos de direção NE-SW. Radiometricamente, esse granitóide tem formato elíptico, com eixos de 12 e 35km e apresenta valores de contagem total de 1.500 a 5.000cps. Seus contatos a oeste e sudeste são nítidos alinhamentos, interpretados como falhas. O nível de radiação de tório desse granitóide deformado, entre 20 e 75 eTh, é superior até mesmo ao dos granitos intrusivos anorogênicos da folha. Acredita-se que pelo menos parte desse conjunto possa ter sido colocado através de um mecanismo de intrusão, provavelmente de idade arqueana.

O domínio M33 é encontrado na porção sudoeste da folha, em área onde predominam rochas de composição granítica (granito da serra da Seringa), com características magnéticas semelhantes às do domínio M32, todavia atenuadas. Ocorrem variações internas na textura

magnética e alinhamentos magnéticos associados a diques básicos mais incipientes. Esse corpo tem radiação total variando entre 650 e 1.500cps. Sua delimitação é mais facilitada no mapa de tório. O granito da serra da Seringa, pelas variações radiométricas e magnéticas exibidas, parece ser um plúton heterogêneo com 50km de diâmetro, exibindo porções de composição menos potássica a intermediária. Na parte leste do corpo a imagem de radar mostra uma estrutura circular com cerca de 10km de diâmetro, no centro do qual se identifica um corpo menor. Esse corpo menor, relacionado à anomalia magnética do domínio M2 e a níveis de radiação total em torno de 500cps, é representado por rochas de natureza básica. Esse granito exibe ainda intenso fraturamento NE-SW, com freqüentes preenchimentos de material básico, conforme o mapa magnético.

O domínio M34 está associado a corpos da suíte granítica anorogênica, fracamente magnéticos, que se encontram encaixados em várias unidades geológicas, principalmente nos complexos Xingu e Plum. Radiometricamente, apresentam-se com radiação total entre 1.500 e 4.500cps, exibindo forma circular com diâmetro médio de 5km. No canto sudoeste da folha, em contato com o corpo granítico da serra da Seringa e o complexo Xingu, ocorre uma anomalia magnética associada a um corpo granítico, sugerindo uma projeção subflorante no sentido nordeste.

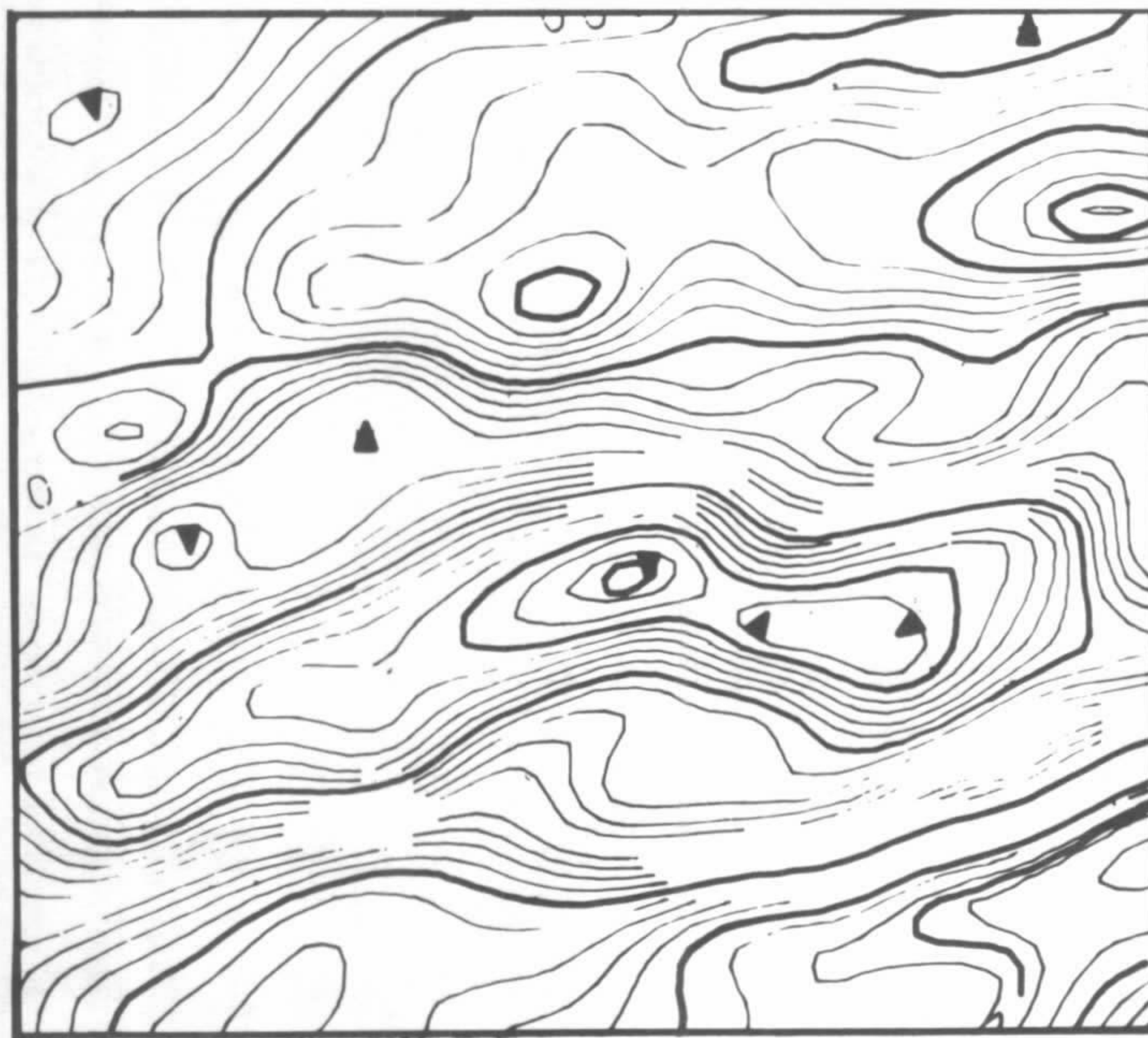


Fig. II.5.6 – Feição magnética associada a granolitos do complexo Plum, exibindo um aspecto sigmoidal face a efeitos tectônicos.

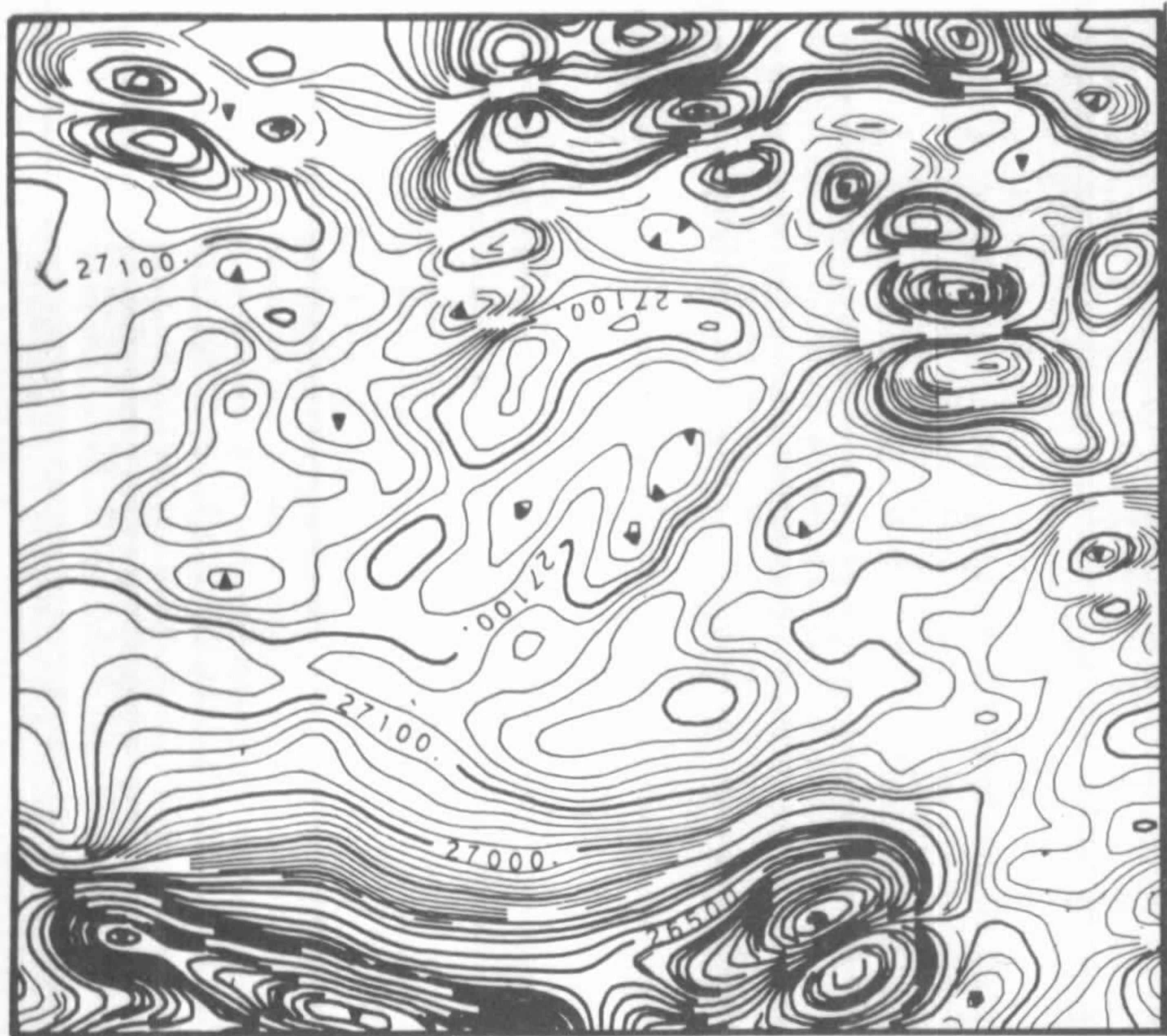


Fig. II.5.7 - Feição magnética do gnaiss Estrela exibindo alinhamentos NE-SW associados a diques básicos.

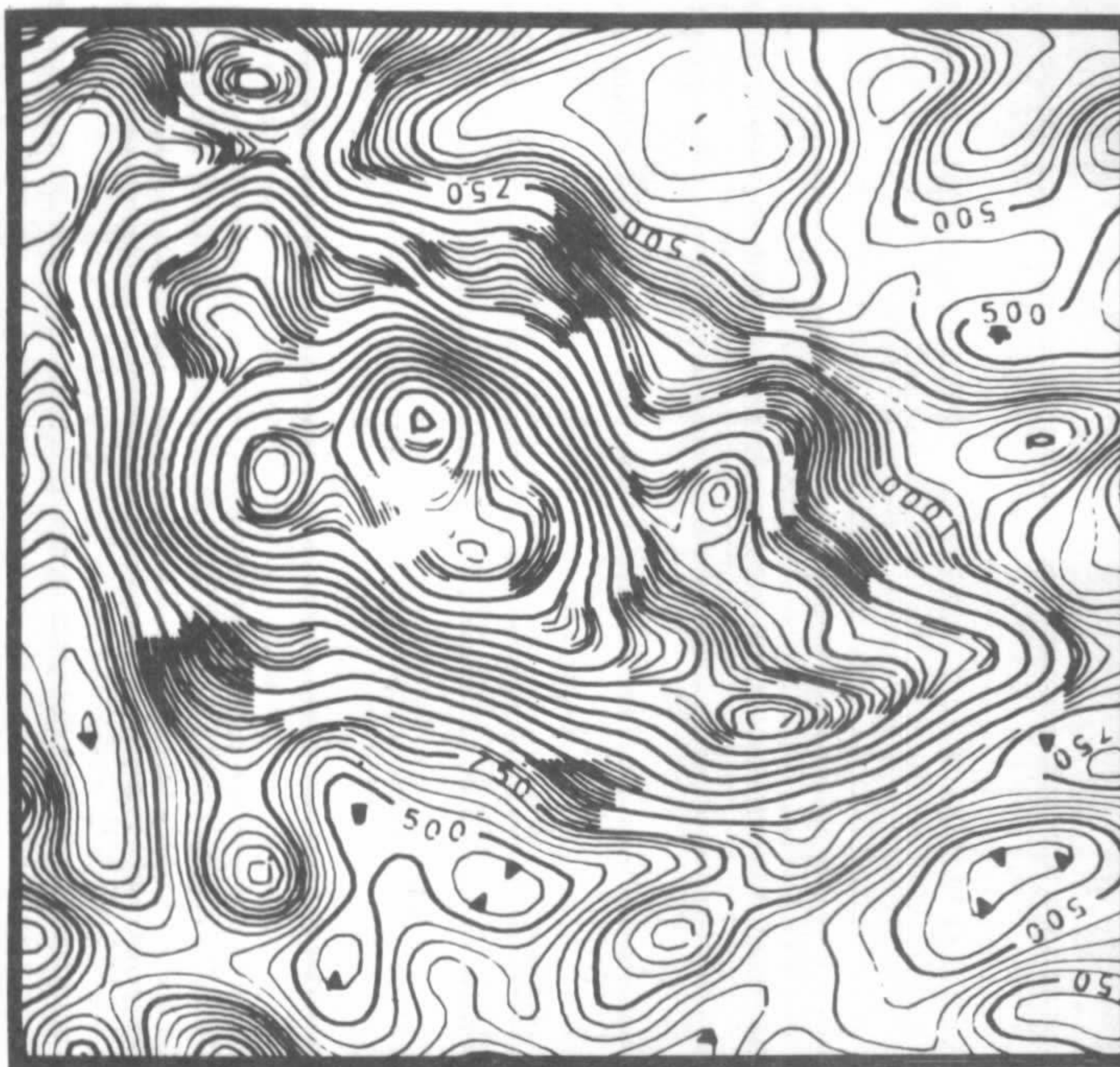


Fig. II.5.8 - Feição radiométrica de contagem total do gnaiss Estrela.

Domínio M4

É caracterizado por rochas fracamente magnéticas, com relevo suave e isodinâmicas alinhadas para E-W. Encontra-se na parte norte da folha, em porções de metassedimentos do grupo Grão-Pará, entre as serras Norte e Sul e no flanco nordeste da serra do Rabo, estendendo-se em direção à serra Norte. Encaixado nos metassedimentos, ocorre o batólito granítico da serra dos Carajás, de forma alongada N-S, com diâmetros de 10 e 20km, caracterizado principalmente pela radiometria, onde apresenta valores de radiação total entre 1.000 e 2.000cps (figura II.5.9).

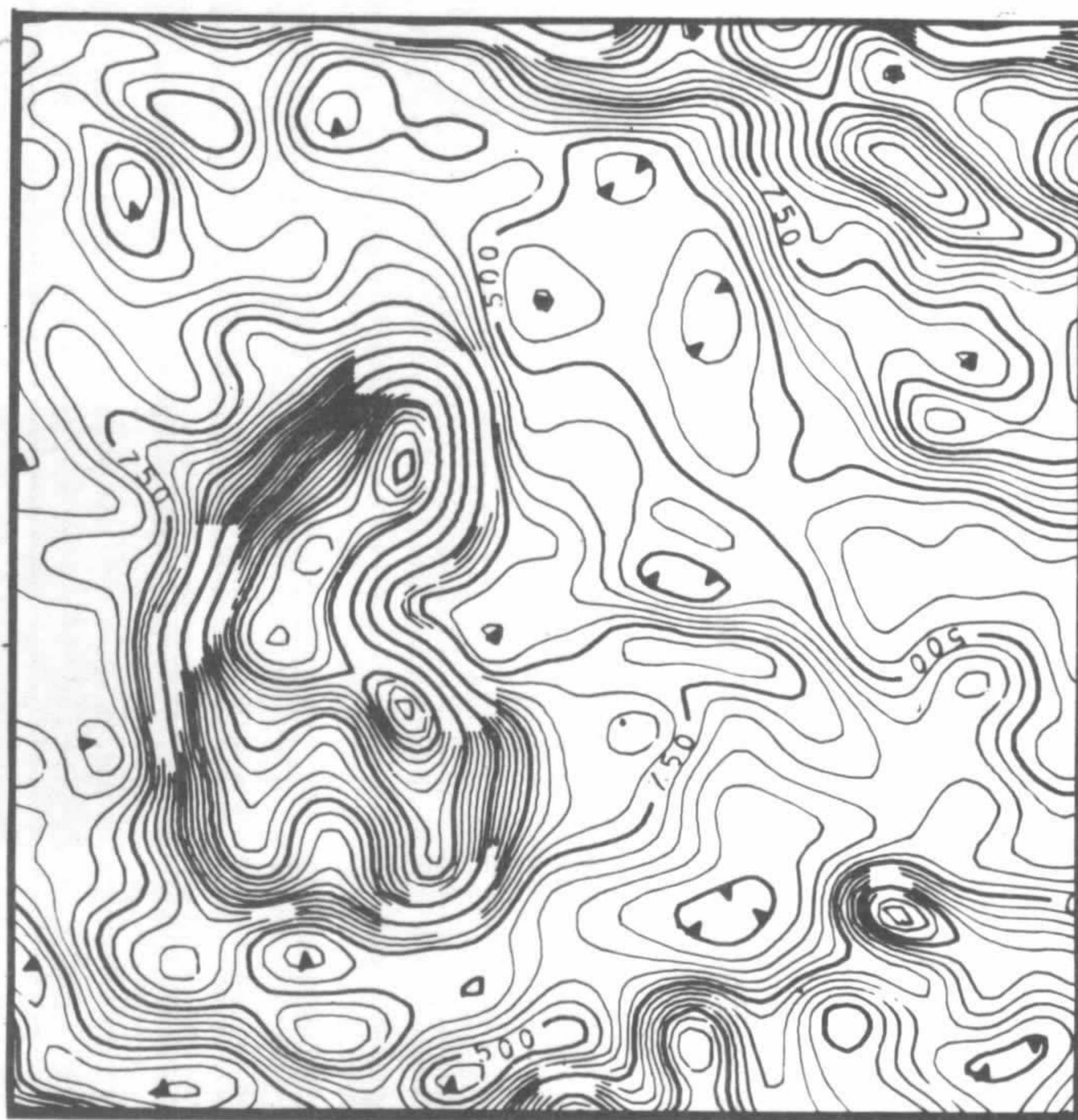


Fig. II.5.9 - Feição radiométrica de contagem total do corpo granítico da serra dos Carajás.

5.3 Aspectos estruturais, magnéticos e radiométricos

Os contrastes de susceptibilidade magnética e de teores de radioelementos evidenciam interessantes feições estruturais. Através dos alinhamentos magnéticos e radiométricos e/ou deslocamentos dos eixos das respectivas anomalias, constata-se a presença de três direções preferenciais: E-W, NE-SW e NW-SE. Os alinhamentos E-W encontram-se com maior frequência na parte central da folha, definindo importantes zonas de cisalhamento. Estas são caracterizadas por alinhamentos magnéticos e radiométricos, os quais não coincidem espacialmente, já que os primeiros, normalmente, são devidos a maiores ou

menores concentrações de minerais magnéticos, via de regra em rochas intermediárias a básicas e/ou ultrabásicas, enquanto os segundos são produzidos por rochas ácidas (granitos estratóides Plaquê) lenticularizadas. Alguns desses corpos, estirados na direção E-W, mostram interrupções e deslocamentos para N-S, a indicar falhas posteriores, de direção NE-SW ou NW-SE. Os fraturamentos NE-SW apresentam freqüentemente feições associadas a preenchimento por material básico (anomalia magnética), e possivelmente também ácido (anomalia radiométrica), enquanto nos fraturamentos NW-SE o preenchimento é incipiente.

Dois importantes alinhamentos, com expressão radiométrica e magnética de direção NE-SW e NW-SE, podem ser observados respectivamente nas partes centro-leste, seguindo em direção à serra do Rabo até atingir a porção sudeste do gnaiss Estrela, e centro-oeste, cortando o flanco noroeste da serra Arqueada, ultrapassando os granolitos da porção noroeste da folha. Radiometricamente, estão associados a rochas ácidas estiradas ou alongadas em zonas de falha, seccionando os alinhamentos E-W da faixa central. Magneticamente, o alinhamento NW-SE, na parte centro-oeste, mostra evidências de possíveis cisalhamentos através de deformações nas anomalias, indicando rejeitos cujas partes a nordeste e sudeste da faixa cisalhada sugerem esforços respectivamente nos sentidos NW e SE. Efeitos dessa

movimentação tectônica podem ser constatados inclusive nas rochas granolíticas situadas na porção noroeste da folha. O alinhamento NE-SW, da parte centro-leste, apresenta dipolos alinhados, indicativos de falha com preenchimento de material básico.

Horizontes magnéticos na serra dos Carajás (grupo Grão-Pará) caracterizam grandes falhas na direção NW-SE e outras de menor porte, NE-SW, como também sugerem mergulhos para SSW e NNE, respectivamente, a norte e a sul da estrutura de Carajás.

Nas partes central e noroeste da folha, isorradadas compreendendo intervalos radiométricos de 1.000 a 2.000cps, 15 a 25 eTh e 2.5 a 8.0 eU, respectivamente para os canais de contagem total, tório e urânio, exibem corpos com aspecto lenticularizado orientados segundo a direção E-W, pertencentes à unidade Plaquê (figura II.5.10). O mesmo se verifica com os corpos máficos e ultramáficos na parte central, sendo que estes estão representados por baixos radiométricos com valores inferiores a 650cps, 7.0 eTh e 2.5 eU, respectivamente, para os canais de contagem total, tório e urânio.

De um modo geral, pôde-se observar nesta folha que as isorradadas na parte noroeste da folha, englobando o grupo Grão-Pará, gnaiss Estrela e parte do complexo Xingu, tendem a orientar-se para NW-SE, enquanto no restante da folha a direção predominante é para E-W.

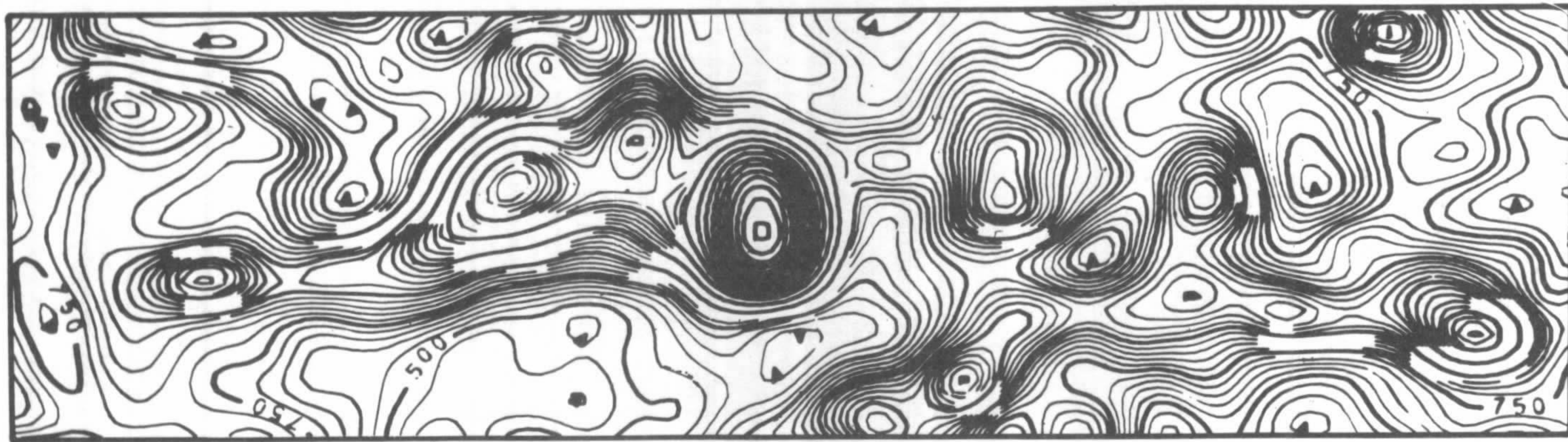


Fig. II.5.10 - Feição radiométrica de contagem total dos granitos estratóides Plaquê, estirados concordantemente com o trend geral do cisalhamento Itacaiúnas; ao centro, granito anorogênico.

Capítulo 6 Geoquímica

por

Xafi da Silva Jorge João, Tomaz de Aquino Massoud Lobato e
Magda Terezinha Guimarães Marques (subitem 6.1),
Raimundo José Portella Brim e Eric Santos Araújo (subitem 6.2)

6.1 Litogeoquímica-petroquímica

Objetivando uma visualização panorâmica das características litogeoquímicas para apoio dos estudos petrológicos e metalogenéticos, foram consideradas as unidades cronolitostratigráficas que mostram maior significância geológica e espacial, a nível da escala proposta. Nesse sentido, as unidades complexo Pium, complexo Xingu, gnaiss Estrela, grupo Sapucaia, granito estratóide Plaquê e suíte granítica anorogênica foram alvos de análises. Ao longo do capítulo são mostrados os diagramas discriminantes e classificatórios utilizados, aplicáveis aos diferentes conjuntos rochosos.

Com vistas a alcançar condições ideais para os trabalhos analíticos e confiabilidade maior aos estudos interpretativos, cuidados especiais foram tomados, tanto nas etapas de amostragem como de relação de amostras a serem analisadas. Desse modo, rochas sem ou com o mínimo de alteração química foram selecionadas, tanto em nível macro como micro, permitindo a seguinte densidade de amostragem aleatória: sete amostras do grupo Sapucaia, 14 do gnaiss Estrela, 16 de granolitos básicos e 29 de granolitos ácidos do complexo Pium, 19 do complexo Xingu, 20 da suíte anorogênica e 23 da granitos estratóides Plaquê.

Após seleção e preparação, as amostras foram encaminhadas para análises químicas nos laboratórios da CPRM e da GEOSOL, onde se avaliaram os conteúdos de óxidos maiores, elementos-traço e terras-raras.

Outras importantes unidades, como os grupos Grão-Pará, Tucumã, Rio Novo e granodiorito Rio Maria, não foram incluídas no estudo litogeoquímico, ou por haverem sido extensivamente estudadas em trabalhos anteriores ou por insuficiência de significância estatística e qualitativa do material amostrado.

6.1.1 Complexo Pium

Compreende uma seqüência catamamórfica, tipicamente bimodal, em que os termos básico e ácido ocorrem

em íntimo relacionamento espacial, e alçados tectonicamente, em regime de cisalhamento dúctil, quando da movimentação contracional marcadora do cinturão Itacaiúnas. As concentrações químicas dos elementos maiores e a abundância de alguns elementos-traço estão contidas nas tabelas II.6.1 e II.6.2, relativas aos granolitos básicos (piriclasitos) e ácidos (charnoquitos, enderbitos e granoblastitos), respectivamente.

Os diagramas ternários Q-Ab-Or (figura II.6.1) e Ab-An-Or (figura II.6.2) normativos de Shaw (1972) foram utilizados, pelo seu caráter discriminante, como tentativa de reconhecimento do protólito. A análise do posicionamento dos pontos representativos dos granolitos ácidos do complexo Pium é sugestiva de uma origem ígnea. A distribuição dos pontos figurativos das rochas granolíticas ácidas Pium, no diagrama AFM (figura II.6.3) revela que o magmatismo ácido tem caráter calcialcalino, seguindo o *trend* da série hiperstênica de Kuno (1968). Os granolitos básicos (piriclasitos) têm características de uma associação predominantemente toleítica, com alguns espécimes com uma linhagem calcialcalina, conforme se observa nos diagramas $\text{Na}_2\text{O} \times \text{K}_2\text{O}$ de Kuno (in: Teixeira, 1982) (figura II.6.4), $\text{FeO}/\text{MgO} \times \text{FeO}$ (figura II.6.5) e AFM (Barker & Arth, 1976) (figura II.6.6).

A linhagem calcialcalino-toleítica dos piriclasitos revela uma ambiência tectônica continental, em função da distribuição dos piriclasitos no diagrama $\text{TiO}_2\text{-K}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ (Pearce et al., 1975) (figura II.6.7), tendo como controle maior os baixos teores de TiO_2 (média de 1,1%) e mais altos valores de K_2O (média de 0,85%). A natureza calcialcalina pobre em ferro e a tendência toleítica sugerem um ambiente tectônico variando de arco vulcânico a margem continental ativa, como diferentes estágios tectônicos.

Torna-se sugestivo, a julgar pela distribuição dos piriclasitos, em diagrama $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (Le Bas et al., 1986) (figura II.6.8), a existência de ligeiras modificações químicas, com o protólito basáltico evoluindo, localmente, para composições andesito-basálticas.

050

Tabela II.6.1 – Composição Química das Rochas Granolíticas Básicas do Complexo Pium.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	Co	Cr	Cu	Ni	V
OA-83A	51,60	15,30	4,90	7,80	0,15	6,50	7,80	2,70	0,36	0,99	0,20	98,30	50,00	200,00	150,00	70,00	200,00
OA-83B	54,00	18,90	2,40	5,50	0,10	6,80	7,80	3,00	0,24	0,45	0,09	99,28	50,00	500,00	150,00	150,00	100,00
OA-81	54,30	17,00	3,00	5,70	0,10	6,00	9,00	3,00	0,36	0,72	0,12	99,30	50,00	200,00	150,00	100,00	100,00
OA-80	54,10	15,30	3,30	7,50	0,13	5,90	7,50	2,80	0,48	1,50	0,25	98,76	70,00	100,00	200,00	150,00	100,00
OA-79	55,20	14,20	2,20	8,80	0,15	5,90	7,20	3,20	1,10	1,40	0,43	99,78	70,00	200,00	200,00	150,00	100,00
OA-78	52,10	15,10	2,50	8,80	0,15	6,80	8,10	3,10	0,77	1,40	0,42	99,24	70,00	200,00	150,00	200,00	200,00
OA-77	55,80	14,20	3,60	8,00	0,13	4,30	7,00	3,20	0,85	1,40	0,46	98,94	70,00	20,00	100,00	50,00	300,00
OA-42	53,30	16,10	4,30	5,60	0,13	6,70	7,00	3,90	1,20	0,99	0,39	99,61	50,00	300,00	200,00	200,00	200,00
OA-43A	54,00	16,10	5,30	6,10	0,10	6,00	6,60	3,10	0,73	0,99	0,24	99,26	100,00	200,00	150,00	200,00	150,00
OA-44	55,80	14,20	3,20	8,10	0,13	5,80	7,30	2,80	0,36	0,99	0,36	99,04	100,00	150,00	150,00	150,00	200,00
OA-45	56,20	14,60	3,20	7,60	0,13	5,00	7,00	3,10	0,97	1,40	0,43	99,63	70,00	70,00	100,00	100,00	200,00
OA-45A	56,50	14,20	3,10	7,50	0,13	5,50	7,00	3,10	0,85	1,40	0,38	99,66	100,00	70,00	200,00	200,00	200,00
OA-47B	59,30	14,20	3,00	5,80	0,13	4,00	5,30	3,50	2,30	0,99	0,42	98,94	70,00	30,00	100,00	50,00	100,00
OA-47E	52,40	14,10	4,50	5,20	0,21	8,10	9,00	3,60	0,85	0,90	0,29	99,15	70,00	500,00	15,00	100,00	200,00
OA-84A	58,30	13,20	4,20	6,80	0,13	3,40	6,30	3,10	1,80	1,60	0,51	99,34	70,00	15,00	150,00	50,00	200,00
OA-72	53,50	18,00	2,10	6,60	0,15	6,40	7,80	3,40	0,41	0,50	0,10	98,96	100,00	200,00	200,00	150,00	100,00

Tabela II.6.2 – Composição Química das Rochas Granólficas Ácidas do Complexo Plum.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	Ba	Rb	Sr	Y	La	Zr
OA-48C	71,10	15,30	1,50	1,10	0,05	0,66	3,60	3,90	0,73	0,42	0,10	98,46	520,00	59,00	440,00	10,00	20,00	99,00
OA-47D	69,20	16,50	1,50	0,95	0,05	0,66	2,80	4,60	1,20	0,29	0,11	97,86	940,00	38,00	470,00	10,00	20,00	109,00
OA-47A	67,40	15,10	1,40	2,10	0,05	3,20	3,90	3,80	1,20	0,42	0,08	98,65	420,00	59,00	370,00	24,00	20,00	125,00
OA-46B	63,60	14,60	4,10	4,10	0,08	2,10	3,90	3,40	1,50	1,10	0,30	98,78	880,00	71,00	280,00	37,00	30,00	340,00
OA-43B	64,50	13,20	3,60	4,10	0,08	2,00	4,60	3,20	2,70	0,86	0,31	99,15	1800,00	90,00	280,00	34,00	100,00	546,00
OA-76	65,50	16,10	2,30	2,30	0,05	2,40	3,40	3,80	2,20	0,50	0,20	98,75	1260,00	171,00	510,00	21,00	100,00	167,00
OA-48D	68,50	16,60	1,90	1,30	0,05	0,83	3,60	4,30	0,73	0,36	0,14	98,31	560,00	47,00	520,00	12,00	30,00	120,00
OA-73C	71,10	14,20	1,10	0,72	0,05	0,33	1,70	3,40	5,00	0,25	0,11	97,96	1600,00	206,00	250,00	23,00	100,00	325,00
OA-71A	65,20	14,20	4,10	2,90	0,05	2,50	4,10	3,90	0,73	0,68	0,23	98,59	460,00	69,00	630,00	23,00	20,00	118,00
OA-48A	68,90	16,10	1,60	1,40	0,05	1,50	4,10	4,30	0,61	0,33	0,11	99,00	520,00	20,00	440,00	10,00	20,00	119,00
OA-156B	73,90	14,20	0,56	0,14	0,03	0,05	0,70	4,30	5,30	0,23	0,09	99,50	940,00	302,00	126,00	10,00	70,00	100,00
OA-158B	64,30	15,10	1,80	3,60	0,08	3,80	5,00	4,30	0,60	0,52	0,22	99,32	1120,00	43,00	702,00	15,00	50,00	100,00
OA-159	69,60	16,10	1,60	1,00	0,03	0,48	3,10	4,30	1,40	0,29	0,11	98,01	500,00	69,00	347,00	10,00	50,00	70,00
OA-160B	72,10	14,20	1,50	0,93	0,03	0,66	3,60	4,30	1,60	0,23	0,08	99,23	1000,00	60,00	492,00	10,00	30,00	50,00
OA-161A	68,70	15,10	2,40	1,50	0,05	1,50	3,10	4,30	2,10	0,33	0,18	99,26	2050,00	60,00	667,00	10,00	50,00	50,00
OA-164B	72,50	15,10	0,84	0,24	0,03	0,15	2,20	4,90	2,90	0,08	0,03	98,97	800,00	60,00	513,00	10,00	20,00	50,00
OA-165	72,50	14,20	1,80	0,39	0,03	0,18	1,40	3,90	4,60	0,12	0,03	99,15	2200,00	148,00	231,00	10,00	70,00	50,00
OA-167A	57,60	14,20	3,10	4,60	0,14	5,60	6,60	4,00	2,20	0,73	0,42	99,19	2600,00	60,00	791,00	10,00	20,00	70,00
OA-168D	73,10	14,20	0,69	0,39	0,03	0,18	1,30	4,20	4,60	0,08	0,07	98,84	1950,00	525,00	241,00	10,00	20,00	20,00
OA-171B	71,80	14,70	1,30	1,00	0,05	0,63	2,70	4,60	2,00	0,29	0,09	99,16	620,00	119,00	290,00	10,00	20,00	70,00

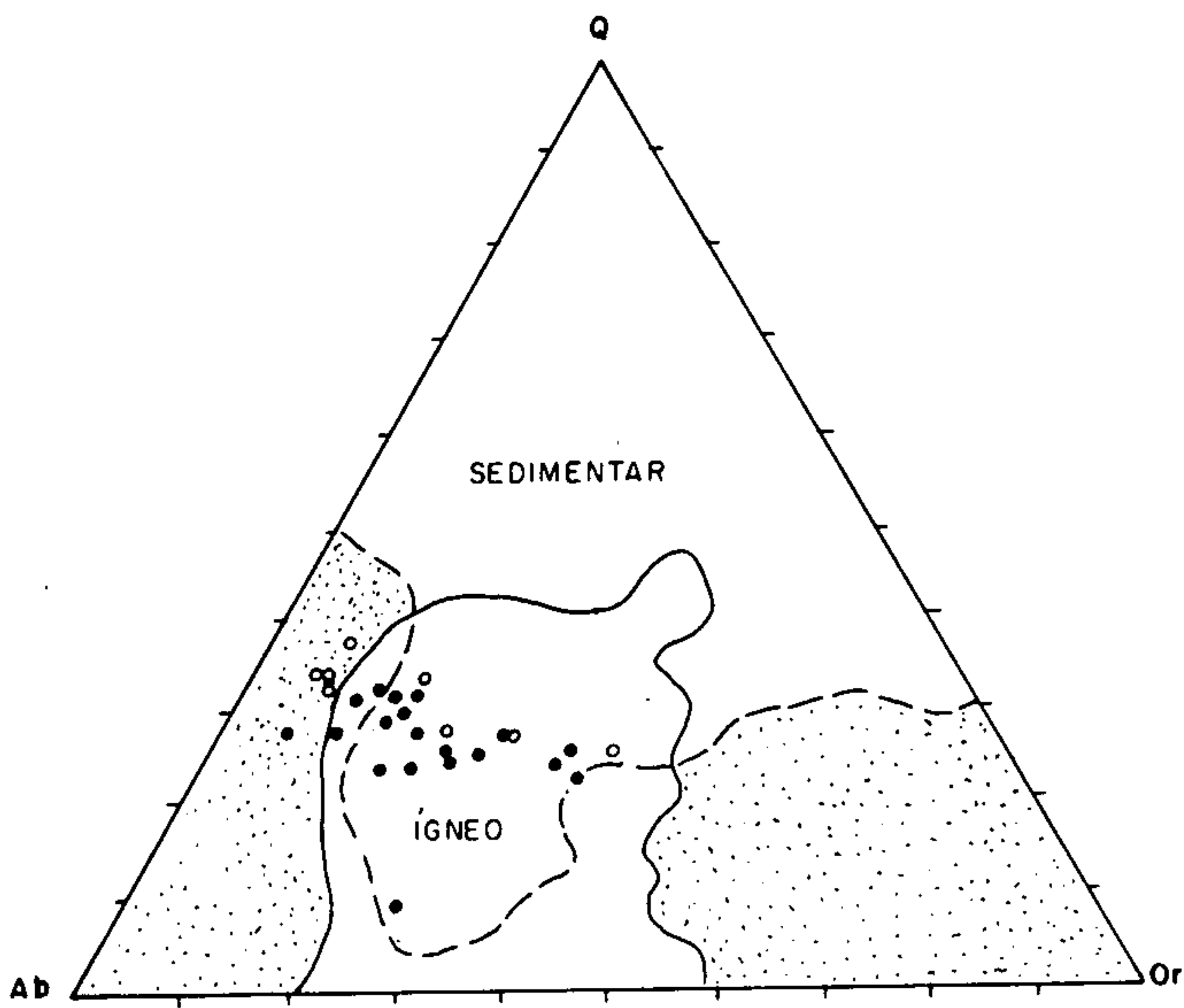


Fig. II.6.1 – Diagrama ternário Q-Ab-Or normativo, mostrando o posicionamento dos granolitos básicos (o) e ácidos (•) do complexo Piom. Os limites dos campos composicionais das rochas ígneas (linha sólida) e sedimentares (linha tracejada) são de Shaw (1972). Área pontilhada livre.

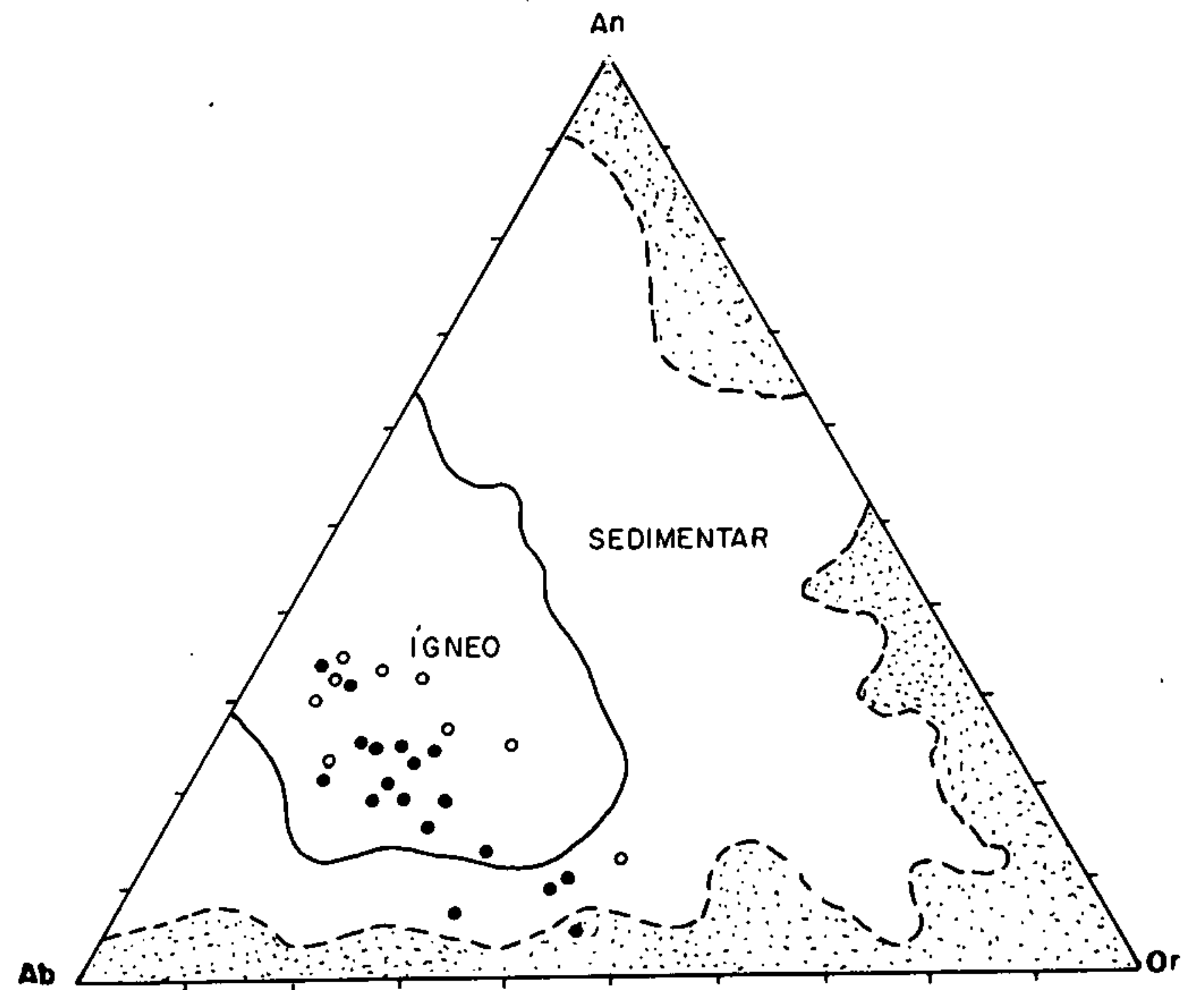


Fig. II.6.2 – Diagrama ternário Ab-An-Or normativo, mostrando a distribuição dos pontos representativos das rochas granolíticas básicas (o) e ácidas (•) do complexo Piom. Os limites dos campos composicionais das rochas ígneas (linha sólida) e sedimentares (linha tracejada) são de Shaw (1972). Área pontilhada livre.

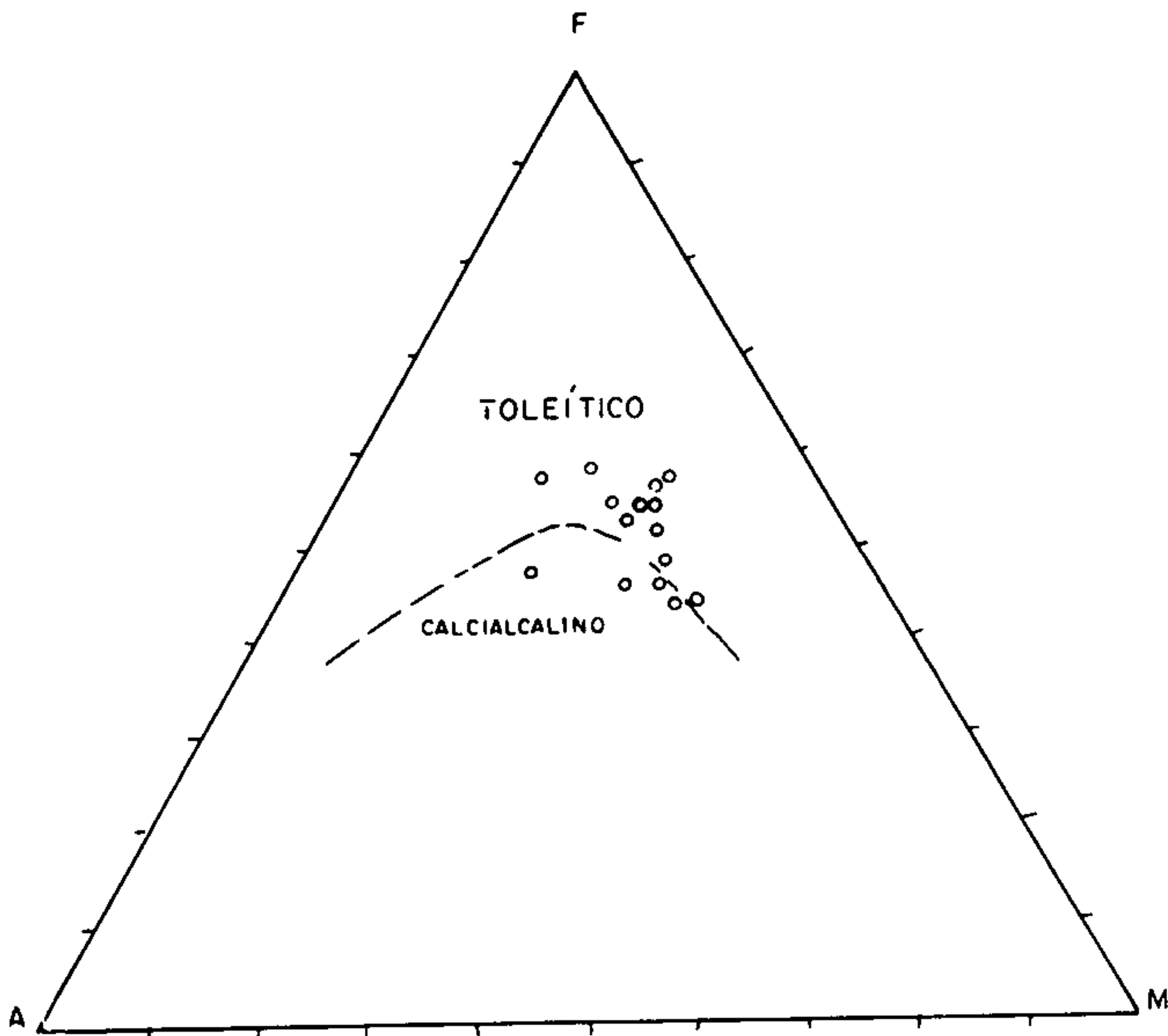


Fig. II.6.3 – Diagrama AFM (Kuno, 1968), em que estão plotados os pontos figurativos dos granolitos básicos do complexo Piom.

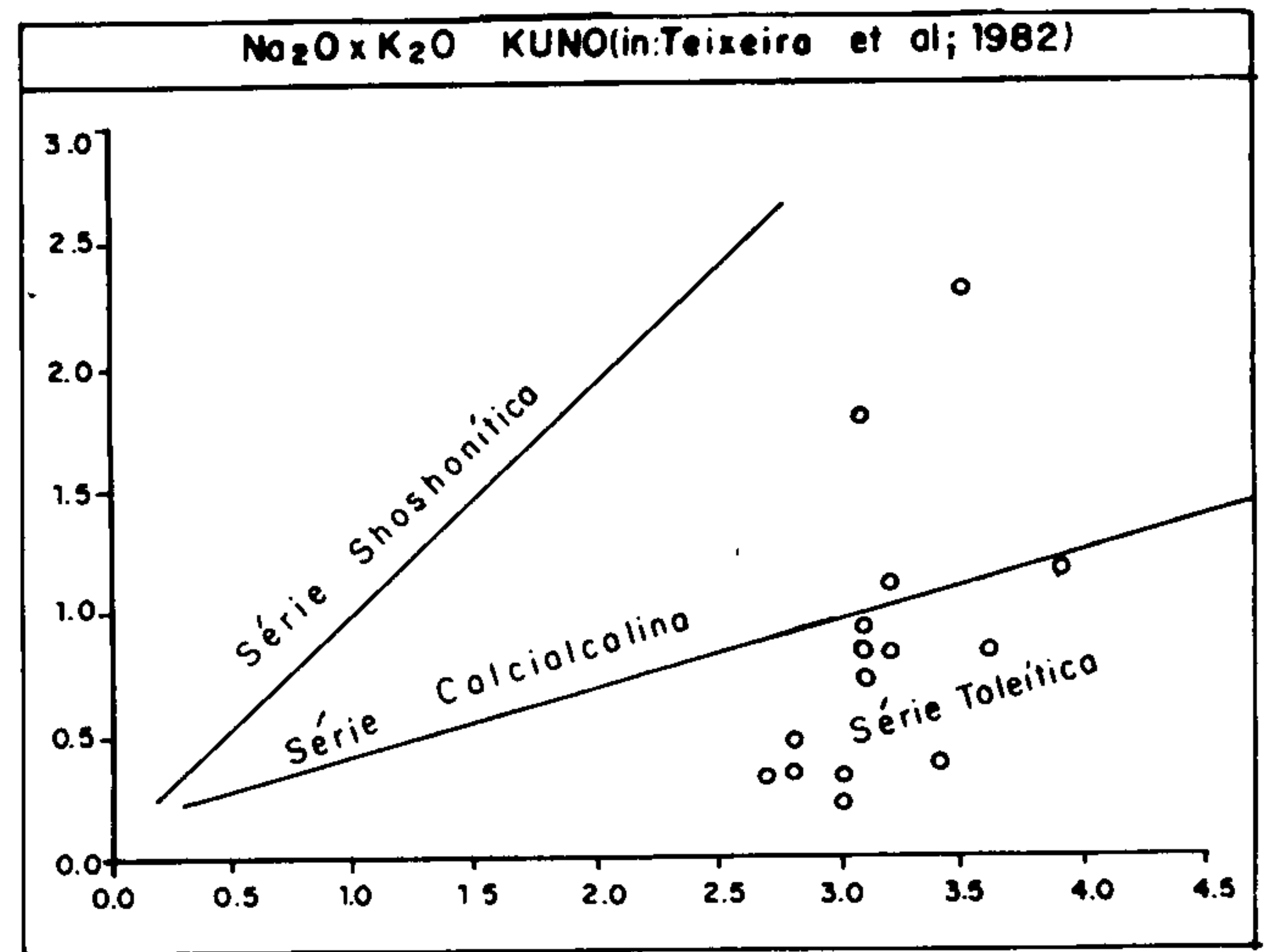


Fig. II.6.4 – Diagrama $\text{Na}_2\text{O} \times \text{K}_2\text{O}$ de Kuno (1965), mostrando a distribuição dos granolitos básicos do complexo Piom.

6.1.2 Complexo Xingu/gnaiss Estrela

Representam duas unidades arqueanas afetadas pelo cisalhamento do cinturão Itacaiúnas e exibem características geológicas infra-estruturais com mecanismos de deformação e alçamento tectônico distintos. Materializam resultados de movimentações essencialmente contracionais e direcionais, respectivamente, inter-relacionadas à mesma cinemática do cinturão, sendo identificadas e individualizadas no curso do mapeamento, atribuindo-se às duas unidades uma preliminar cronoliticorrelação.

Uma visualização geral do panorama litogeoquímico mostra, comparativamente, o conteúdo e a caracterização composicional das duas unidades pela utilização dos dados químicos disponíveis (tabelas II.6.3 e II.6.4) e seu tratamento interpretativo projetado em diagramas de variação. O diagrama ternário modal QAP de Streckeisen (1973), modificado por Lameyre & Bowden (1987) (figura II.6.9) mostra, claramente, uma forte distinção composicional em que a unidade Estrela ocupa preferencialmente o domínio dos granitóides da série aluminopotássica, coincidente com o campo sienogranítico. O complexo Xingu mostra uma mais ampla dispersão composicional de suas rochas, variando da série ou linhagem calcialcalina granodiorito-monzonítica e coincidente com os campos adamelito-granodiorito, com evoluções subordinadas à série aluminopotássica e a composições sienograníticas.

A natureza essencialmente potássica para as rochas do gnaiss Estrela e predominantemente sódica com maiores percentuais em cálcio para as rochas do complexo Xingu, reforça a nítida discriminação composicional entre essas duas unidades, como mostrado no diagrama K-C-N de Condie & Hunter (1976) (figura II.6.10). Existem algumas restrições para diagramas de variação de óxidos maiores como tentativa de separação dos diferentes grupos ou séries graníticas. Esse fato pode ser observado quando da utilização do diagrama AFM (figura II.6.11) em que, adicionalmente à clara separação entre as duas unidades, há um forte alinhamento dos pontos representativos do gnaiss Estrela, indicando um enriquecimento em ferro e, conseqüentemente, seguem um *trend* toleítico.

Considerando que uma das características das rochas alcalinas é também o seu enriquecimento em ferro, passa a ser criada uma confusão classificatória quando da aplicação do diagrama AFM, na medida em que a série toleítica das rochas graníticas deveria ser restrita às composições ausentes de feldspato potássico (plagiogranitos). Na figura II.6.11, os pontos figurativos do complexo Xingu, em sua maioria, estão no campo alcalino (14 amostras), apenas quatro caem no campo calcialcalino e uma no campo toleítico.

As observações de campo e as investigações petrográficas mostram ausência de fases minerais comuns relacionadas a seqüências metassedimentares, bem como de fragmentos ou xenólitos que indicassem uma

contribuição protolítica sedimentar. Como linha de evidência adicional para a ortoderivação das unidades Xingu e Estrela, os seus pontos representativos foram plotados em diagrama ternário Q-Ab-Or normativo (Shaw, 1972) (figura II.6.12), sendo indicativa uma origem ígnea. As tabelas II.6.3 e II.6.4 mostram as composições químicas dos óxidos maiores (%) e de alguns elementos-traço (ppm) para as rochas do complexo Xingu e gnaiss Estrela.

Uma análise comparativa em termos de valores absolutos mostra fortes diferenças composicionais entre essas unidades. São bastante destacados os mais altos percentuais médios em MgO (2,50%), CaO (3,74%) e Na₂O (4,09%) e os mais baixos teores em SiO₂ (66,9%) e K₂O (2,37%) para o complexo Xingu, quando comparados com a média de SiO₂ (71,25%), MgO (0,25%), CaO (1,58%), Na₂O (2,90%) e K₂O (3,91%) das rochas pertencentes ao gnaiss Estrela. Essas composições contrastantes são detectadas, igualmente, pela análise dos valores absolutos de alguns elementos-traço, com realce para os mais altos valores em Sr (média de 487ppm) e mais baixas concentrações em La (média de 42ppm), Zr (média de 129ppm) e Y (média de 12ppm) do complexo Xingu, quando comparados com os valores médios de Sr (60ppm), La (194ppm) e Y (90ppm) obtidos para as rochas do gnaiss Estrela.

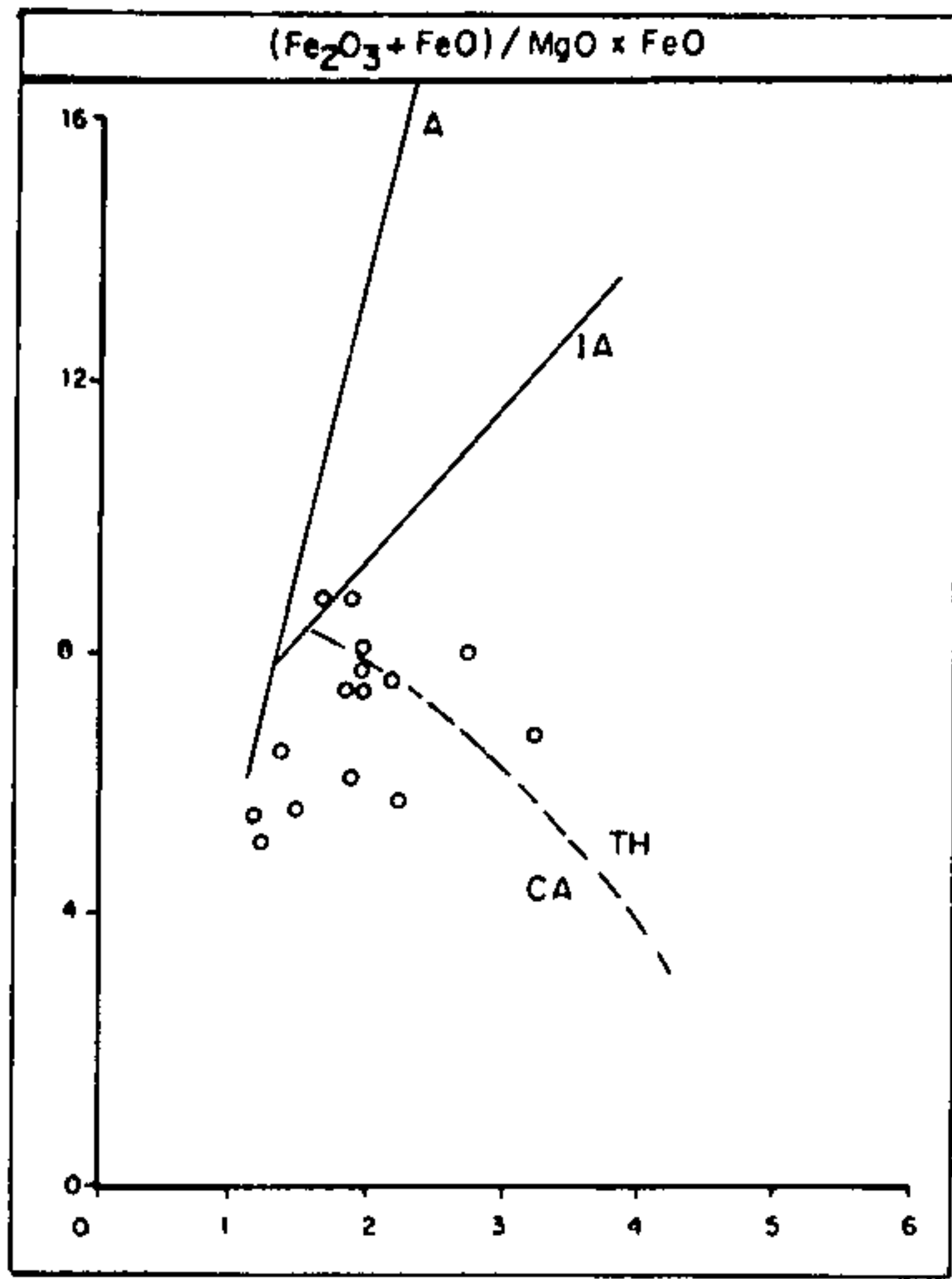
O diagrama binário K₂O x Na₂O (figura II.6.13) reflete os diferentes índices petrogenéticos com o complexo Xingu (< 1) e o gnaiss Estrela (> 1) como dois conjuntos bem-distintos composicionalmente, sugestivos de uma evolução crustal química multiestádica.

A análise litogeoquímica global, envolvendo óxidos maiores e elementos-traço, mostra que os fortes contrastes composicionais sob diferentes parâmetros sugere uma maior reflexão geológica quando da tentativa de cronoliticorrelação entre as duas unidades.

6.1.3 Grupo Sapucaia

Os metaultramafitos da unidade Sapucaia estão metamorfizados em fácies xisto-verde, com uma paragênese geralmente dominada por actinolita + tremolita + clorita + talco + antigorita ± antofilita ± carbonato, e mostrando, ocasionalmente, olivina e piroxênio como fases minerais reliquias. Os processos de hidratação e carbonatização não foram intensos, admitindo-se que as mais importantes características geoquímicas tenham sido preservadas e que os dados analíticos obtidos reflitam o panorama geoquímico inicial.

A tabela II.6.5 mostra a concentração em elementos maiores e elementos-traço para a seqüência metavulcano-ultramáfica da unidade Sapucaia, a partir da qual foram elaborados diagramas ternários discriminantes, bem como possibilitou uma análise comparativa de alguns elementos em termos de valores absolutos.



TH - TOLEÍTOS CONTINENTAIS
 A - TOLEÍTOS ABISSAIS
 IA - TOLEÍTOS DE ARCOS DE ILHA
 CA - BASALTOS CALCIALCALINOS

Fig. II.6.5 - Diagrama FeOt/MgO x FeO para os granolitos básicos do complexo Pium. Os campos correspondentes aos toleítos continentais (TH), toleítos abissais (A), toleítos de arcos-de-ilha (IA) e basaltos calcialcalinos (CA) são indicados (Miyashiro, 1975).

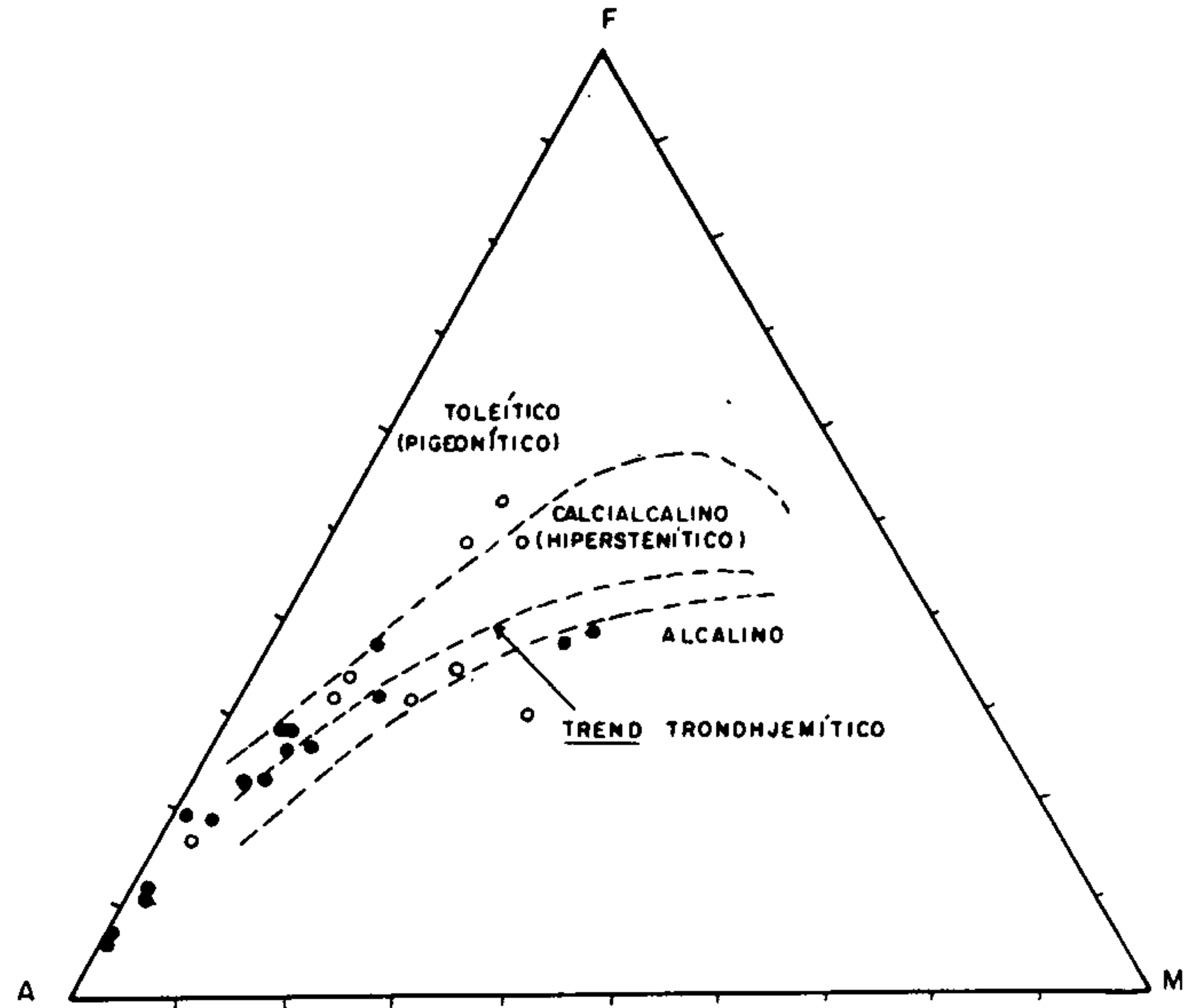


Fig. II.6.6 - Diagrama AFM (Barker & Arth, 1976), mostrando a distribuição dos pontos representativos dos granolitos ácidos do complexo Pium.

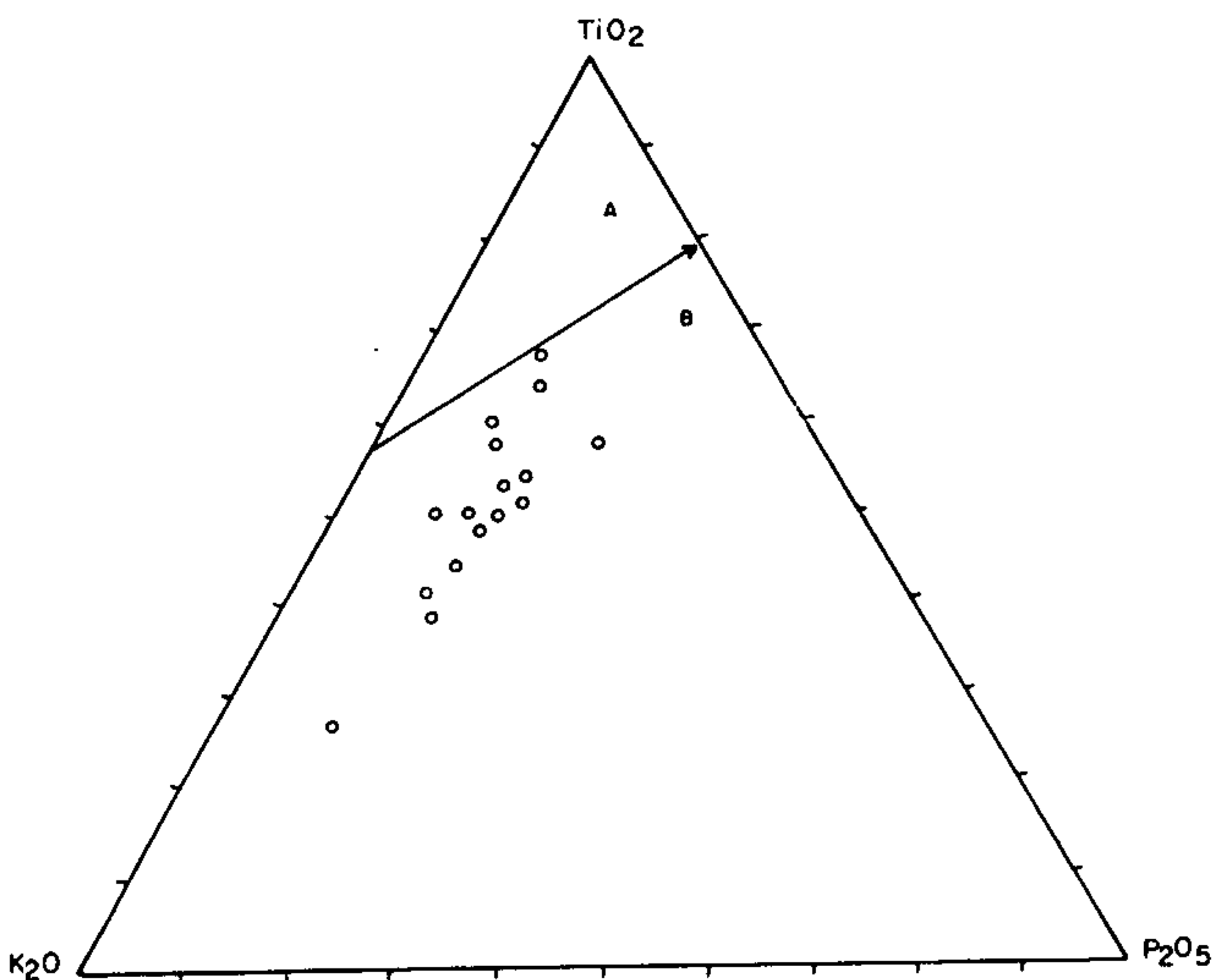
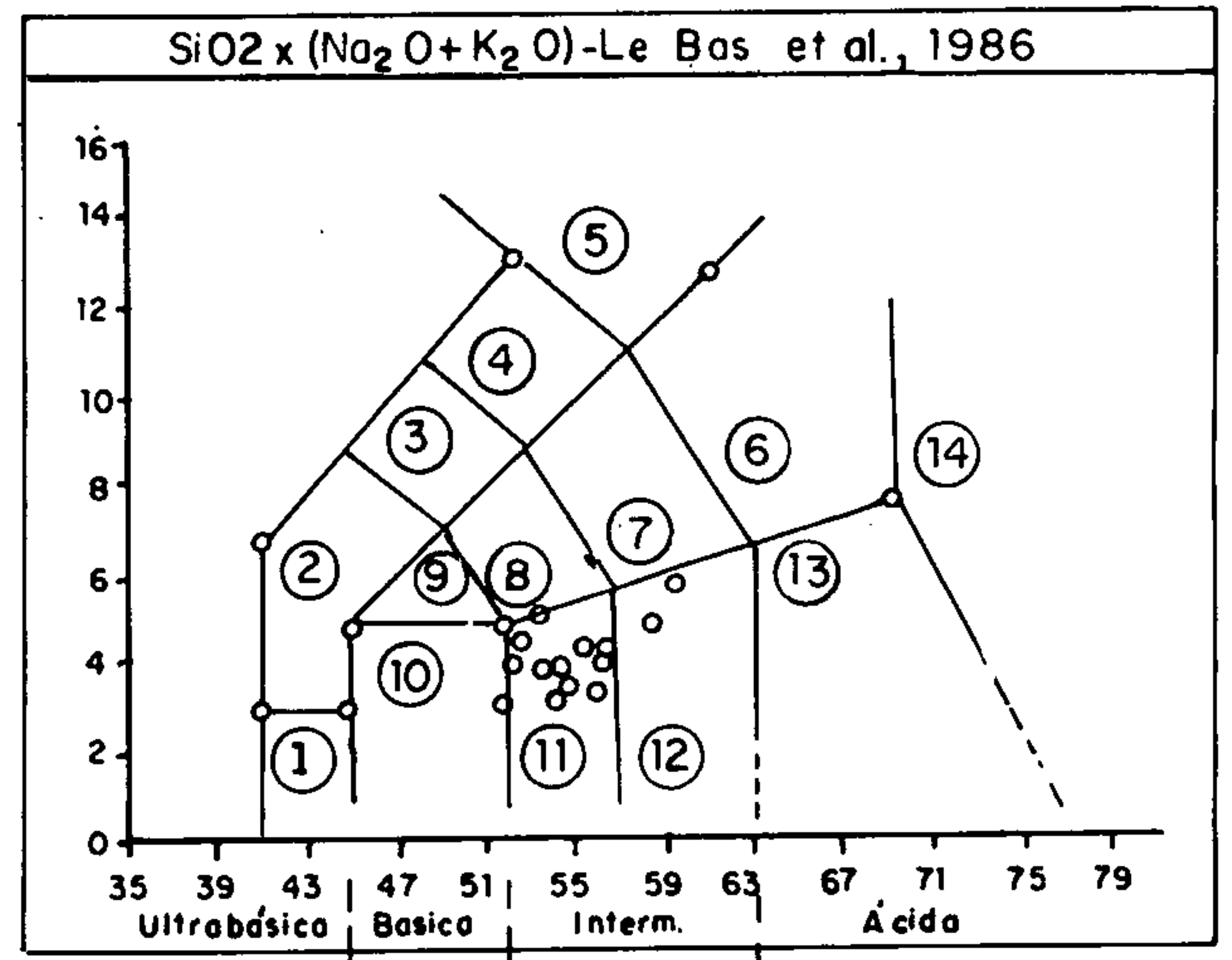


Fig. II.6.7 - Diagrama ternário TiO₂ - K₂O - P₂O₅ de Pearce et al. (1975), mostrando a distribuição dos granolitos básicos do complexo Pium. A - domínio oceânico, B - domínio continental.



1 - MICROBASALTO	8 - BASALTO-TRAQUIANDESITO
2 - TEFRITO-BASANITO	9 - TRAQUIBASALTO
3 - FONOLEFRITO	10 - BASALTO
4 - TEFRITO-FONOLITO	11 - ANDESITO BASÁLTICO
5 - FONOLITO	12 - ANDESITO
6 - TRAQUITO-TRAQUIDACITO	13 - DACITO
7 - TRAQUIANDESITO	14 - RIOLITO

Fig. II.6.8 - Diagrama SiO₂ x (Na₂O + K₂O) de Le Bas et al. (1986), mostrando o posicionamento dos granolitos básicos do complexo Pium.

Tabela II.6.3 – Características Químicas do Complexo Xingu.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	Ba	Rb	Sr	La	Zr	Y
RN-58B ✓	69,40	13,20	1,20	1,80	0,05	2,30	3,10	4,30	2,50	0,29	0,16	98,30	1500,00	125,00	667,00	50,00	50,00	11,00
RN-58C ✓	68,00	14,20	1,50	1,60	0,05	2,30	2,70	4,30	3,60	0,29	0,17	98,71	1080,00	184,00	619,00	50,00	50,00	10,00
RN-59 ✓	67,70	14,20	1,30	1,90	0,05	2,30	2,80	4,60	3,50	0,29	0,19	98,83	1260,00	124,00	586,00	70,00	100,00	10,00
OA-14 ✓	71,80	16,10	2,30	0,75	0,05	0,66	3,10	4,60	0,99	0,23	0,11	100,69	-	125,00	-	20,00	200,00	10,00
OA-10 ✓	71,50	16,10	1,80	1,00	0,05	0,66	2,80	4,30	0,74	0,23	0,10	99,28	-	66,00	-	20,00	70,00	10,00
OA-22 ✓	66,70	15,60	2,00	1,90	0,05	2,70	4,10	4,10	1,90	0,23	0,08	99,36	3600,00	209,00	300,00	20,00	100,00	10,00
RN-54 ✓	72,90	15,10	1,20	0,70	0,05	0,50	2,20	3,40	2,80	0,23	0,09	99,17	-	139,00	-	30,00	100,00	10,00
RN-58 ✓	68,30	15,10	1,90	1,40	0,05	2,50	3,10	3,90	1,60	0,23	0,12	98,20	3400,00	144,00	290,00	50,00	100,00	10,00
OA-100 ✓	72,80	15,10	1,10	0,66	0,05	0,33	2,10	4,60	2,50	0,23	0,07	99,54	-	160,00	-	30,00	100,00	15,00
OA-16A ✓	67,70	15,10	1,40	1,60	0,06	1,80	3,10	4,30	3,10	0,32	0,16	98,64	-	165,00	-	50,00	100,00	10,00
OA-21A ✓	66,50	15,10	1,60	2,10	0,05	2,50	3,60	4,30	2,50	0,36	0,12	98,73	-	272,00	-	30,00	50,00	15,00
OA-25A ✓	67,10	15,10	1,60	2,00	0,06	2,10	3,80	4,60	1,80	0,38	0,20	98,74	-	194,00	-	50,00	150,00	15,00
RN-39 ✓	59,70	16,10	2,30	3,90	0,10	5,00	4,20	3,60	2,40	0,52	0,22	98,04	-	148,00	-	50,00	150,00	15,00
RN-96 ✓	64,60	15,10	2,30	1,80	0,05	3,00	4,10	3,90	3,30	0,52	0,19	98,86	-	212,00	-	50,00	150,00	15,00
RN-122A ✓	64,00	14,20	3,10	4,10	0,10	1,30	4,10	3,60	2,80	1,50	0,33	99,13	-	119,00	-	70,00	700,00	30,00
RN-15 ✓	53,20	14,20	1,20	6,40	0,12	8,30	10,90	3,70	0,33	0,42	0,08	98,85	20,00	24,00	166,00	20,00	30,00	10,00
OA-17B ✓	66,20	13,20	1,40	2,70	0,09	3,50	3,40	3,80	2,80	0,37	0,19	97,65	660,00	152,00	511,00	70,00	100,00	15,00
RN-57 ✓	62,70	14,20	1,60	3,30	0,09	3,90	4,80	3,90	2,40	0,42	0,19	97,50	500,00	133,00	658,00	30,00	100,00	10,00
RN-58A ✓	71,00	13,20	1,20	1,80	0,05	2,00	3,10	4,00	3,50	0,29	0,14	100,28	880,00	178,00	591,00	50,00	50,00	10,00

Tabela II.6.4 – Características Químicas do Gnaiss Estrela.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	Ba	Rb	Sr	Y	La	Zr
OA-194A ✓	70,10	13,20	2,30	2,90	0,05	0,23	1,70	3,40	4,80	0,33	0,15	99,16	920,00	175,00	98,00	-	700,00	-
OA-196 ✓	73,40	13,20	1,40	0,96	0,05	0,13	0,77	4,00	5,00	0,08	0,06	99,05	360,00	298,00	71,00	-	50,00	-
OA-88 ✓	70,50	11,80	2,70	4,30	0,05	0,21	2,20	2,40	3,60	0,54	0,11	98,41	1650,00	115,00	41,00	97,00	150,00	547,00
OA-90 ✓	72,20	11,30	2,60	3,40	0,05	0,15	1,70	1,90	4,60	0,50	0,09	98,49	1600,00	118,00	27,00	92,00	100,00	670,00
OA-91A ✓	70,20	11,30	3,10	4,70	0,08	0,17	2,20	2,70	3,40	0,54	0,14	98,53	1500,00	87,00	65,00	95,00	200,00	571,00
OA-91B ✓	71,50	12,30	3,80	2,10	0,10	0,30	1,60	3,10	3,30	0,45	0,07	98,62	1350,00	125,00	130,00	101,00	100,00	705,00
OA-91D ✓	73,50	14,20	1,10	1,10	0,05	0,25	1,70	4,30	2,80	0,33	0,05	99,38	680,00	150,00	180,00	95,00	70,00	265,00
OA-112A ✓	72,50	12,30	2,10	4,30	0,05	0,18	3,10	2,30	3,60	0,50	0,07	101,00	760,00	90,00	27,00	95,00	100,00	654,00
OA-109B ✓	71,60	14,20	1,50	2,00	0,05	0,21	1,30	3,80	3,40	0,25	0,05	98,36	440,00	349,00	22,00	104,00	150,00	320,00
OA-111 ✓	59,90	12,30	4,80	2,10	0,05	0,30	0,56	2,30	4,40	0,50	0,08	87,29	1400,00	137,00	37,00	96,00	200,00	674,00
OA-110B ✓	72,20	16,10	3,60	8,10	0,13	0,66	1,30	0,19	7,30	0,17	0,08	109,83	660,00	234,00	34,00	46,00	70,00	197,00
OA-110A ✓	72,50	13,20	2,20	2,10	0,05	0,33	1,10	3,20	4,10	0,25	0,07	99,10	780,00	215,00	32,00	107,00	300,00	363,00
OA-108B ✓	75,00	13,20	1,50	2,90	0,05	0,27	1,20	3,50	3,90	0,25	0,05	101,82	500,00	371,00	24,00	84,00	500,00	225,00
OA-112B ✓	75,00	11,80	2,00	3,50	0,05	0,13	1,70	3,60	0,60	0,50	0,08	98,96	240,00	40,00	38,00	80,00	30,00	712,00

Tabela II.6.5 – Composição Química dos Metaultramafitos do Grupo Sapucaia.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	CaO/Al ₂ O ₃	Cu	Co	Ni	Cr	V
RN-10 ✓	40,50	3,80	7,00	4,40	0,18	30,60	3,10	0,05	0,05	0,17	0,09	89,94	0,81	70,00	100,00	1650,00	2500,00	60,00
RN-01 ✓	47,90	14,20	6,50	6,80	0,14	8,00	11,20	1,60	0,72	0,90	0,10	98,06	0,79	30,00	45,00	105,00	300,00	300,00
RN-71D	43,60	6,80	5,30	6,90	0,18	24,20	6,70	0,16	0,05	0,50	0,10	94,49	0,98	10,00	85,00	1075,00	2000,00	140,00
OA-85A ✓	35,80	1,40	3,10	8,10	0,13	35,60	0,70	0,05	0,05	0,13	0,09	85,15	0,50	5,00	110,00	1925,00	2450,00	20,00
OA-13B ✓	50,70	3,80	10,40	2,00	0,22	20,10	9,50	0,22	0,05	0,50	0,10	97,59	2,50	100,00	90,00	975,00	1700,00	100,00
OA-12 ✓	54,10	3,90	3,00	5,50	0,10	25,00	3,50	0,05	0,05	0,33	0,09	95,62	0,89	15,00	75,00	1675,00	1375,00	20,00
RN-62 ✓	45,90	7,30	6,00	6,20	0,21	20,60	7,90	0,22	0,10	0,42	0,10	94,95	1,08	150,00	95,00	1225,00	2000,00	140,00

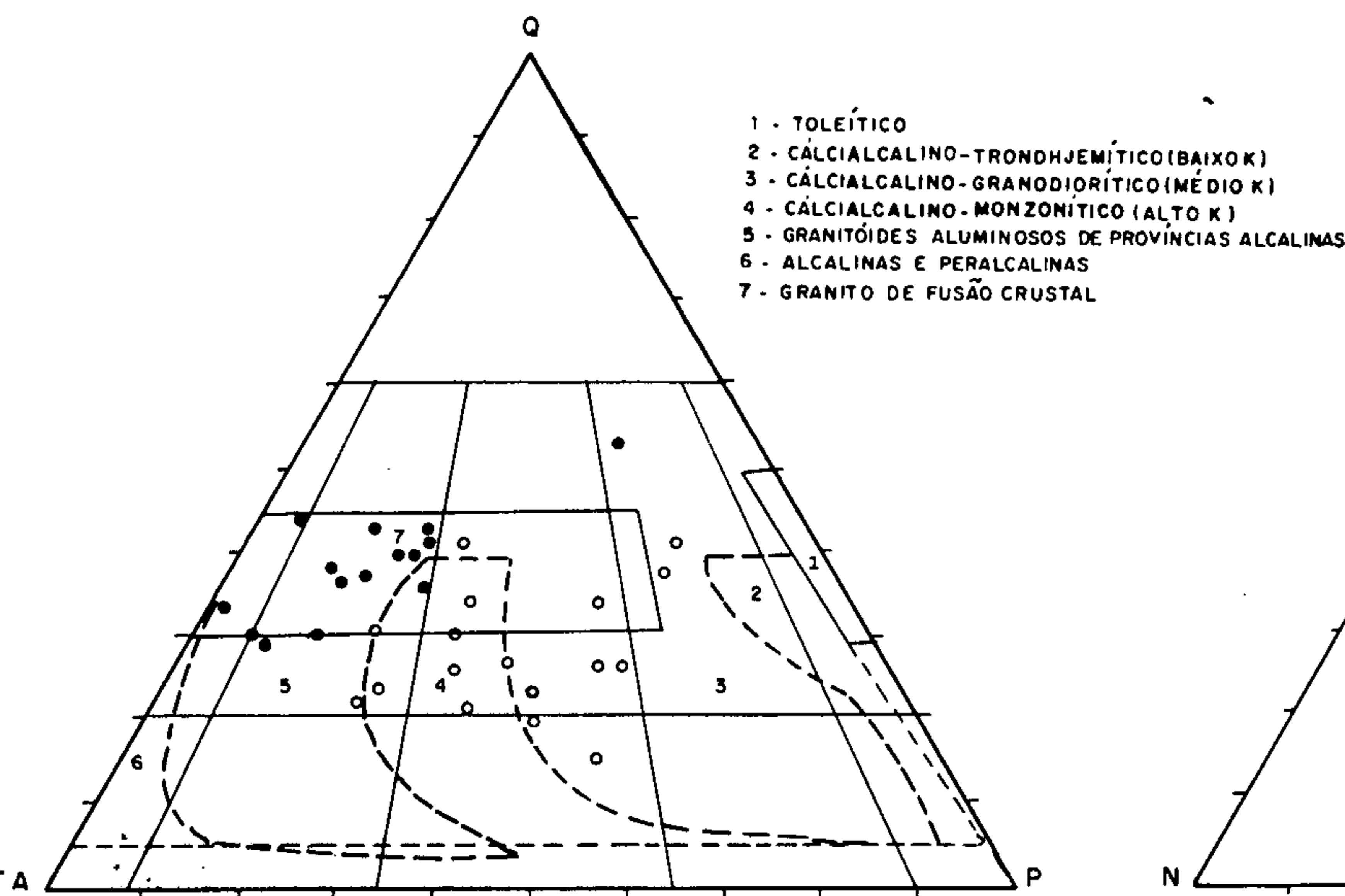


Fig. II.6.9 - Diagrama modal QAP de Streckeisen, com a classificação das linhagens graníticas, adaptado de Lameyre & Bowden (1982), mostrando o posicionamento das rochas do complexo Xingu (o) e gnaiss Estrela (•).

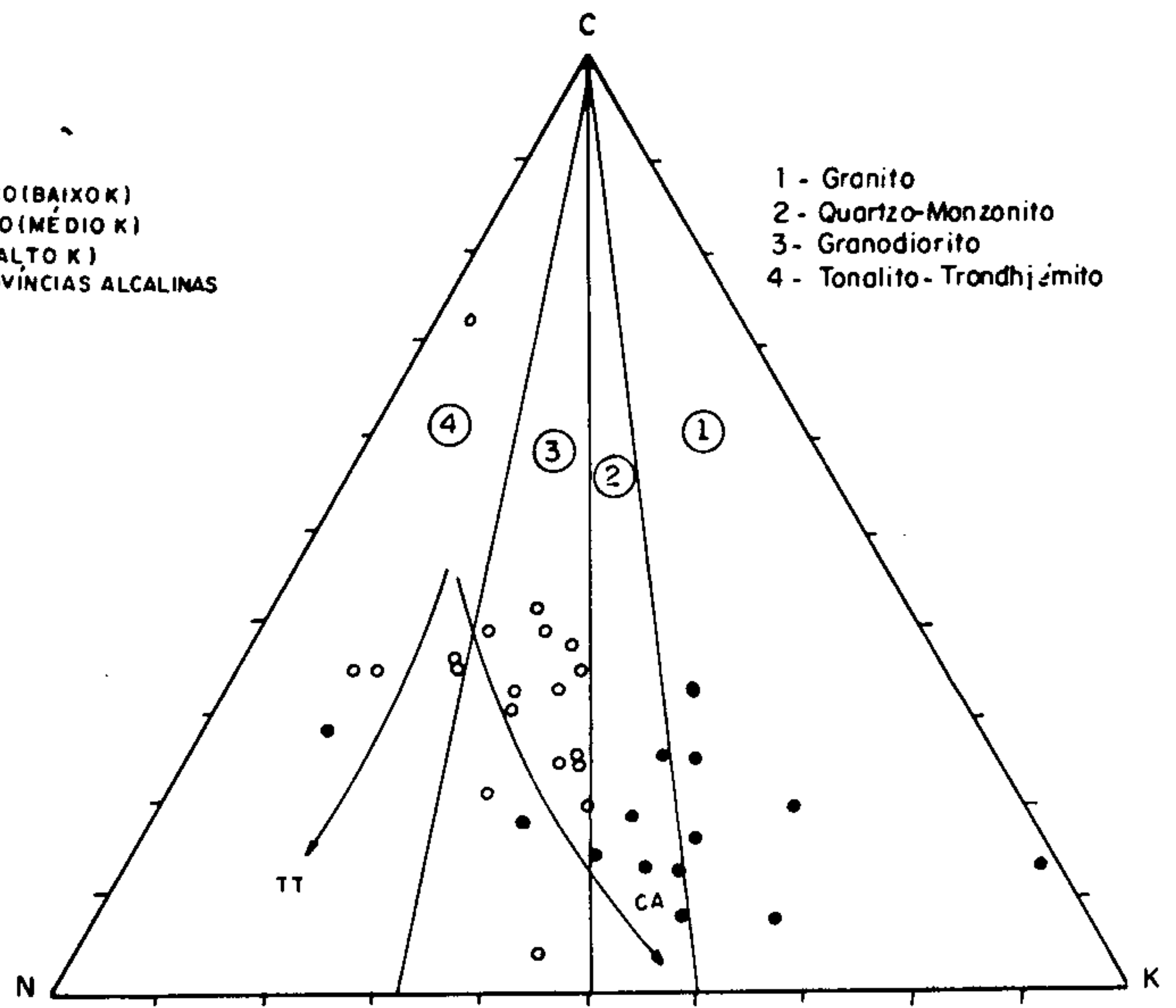


Fig. II.6.10 - Diagrama ternário K-C-N (Condie & Hunter, 1976) em que estão plotados os pontos representativos do complexo Xingu (o) e gnaiss Estrela (•). As linhas sólidas delimitam os campos composicionais.

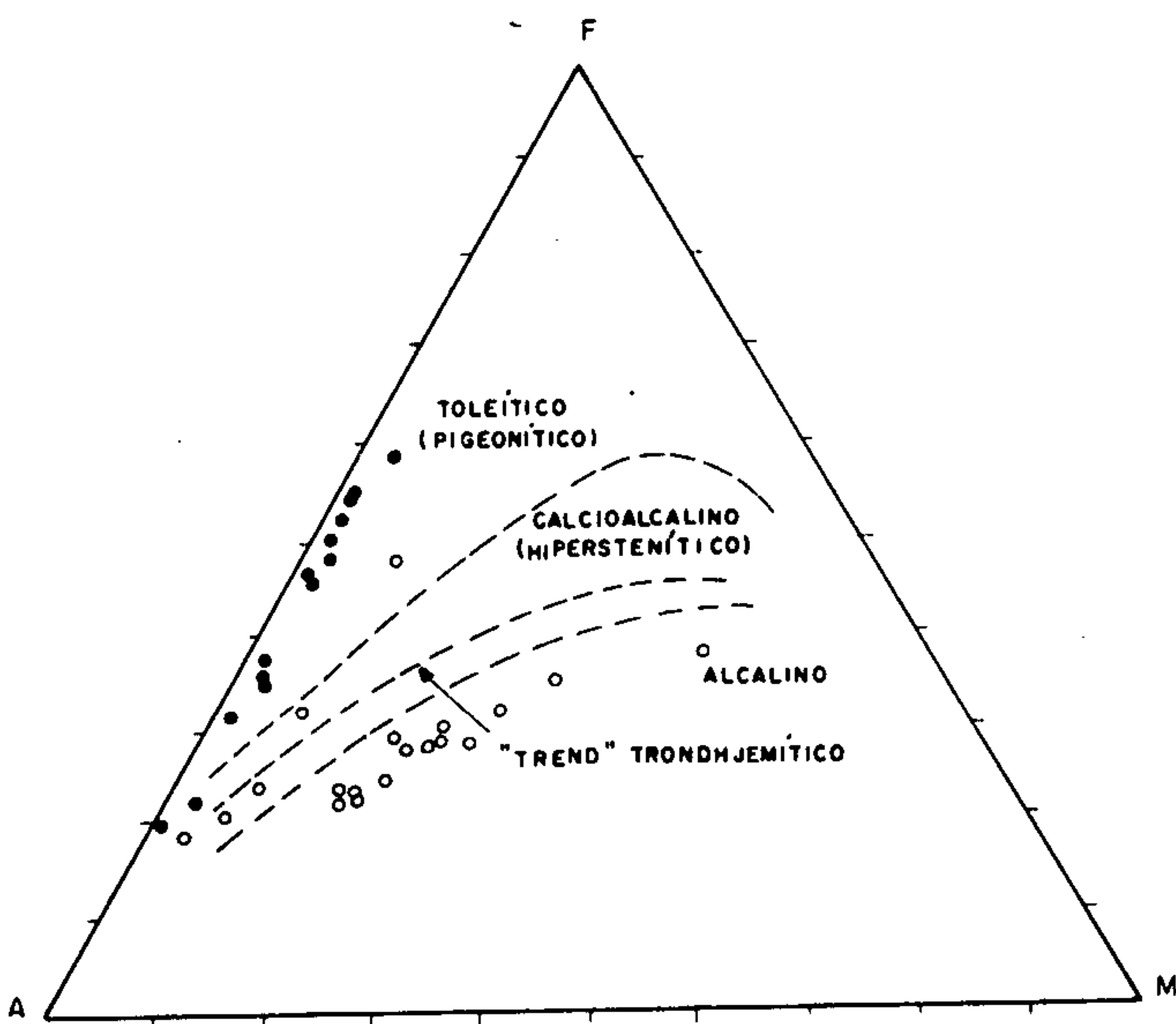


Fig. II.6.11 - Diagrama ternário AFM, segundo Barker & Arth (1976), mostram os trends do Complexo Xingu (o) e gnaiss Estrela (•).

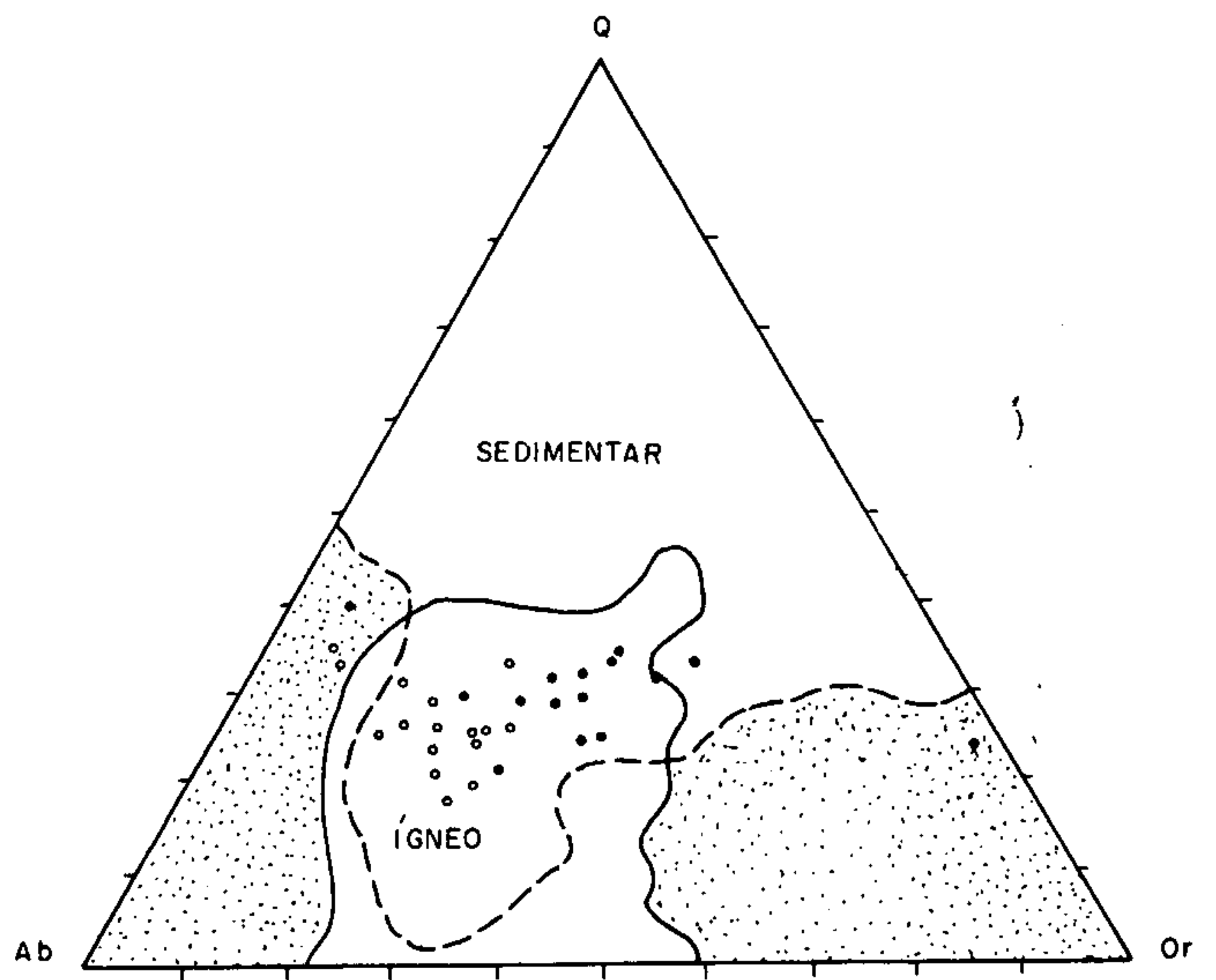


Fig. II.6.12 - Diagrama ternário Q-Ab-Or normativo em que estão plotados os pontos figurativos dos litótipos componentes do complexo Xingu (o) e do gnaiss Estrela (•). Os limites dos campos composicionais das rochas ígneas (linha sólida) e sedimentares (linha tracejada) são de Shaw (1972). Área pontilhada livre.

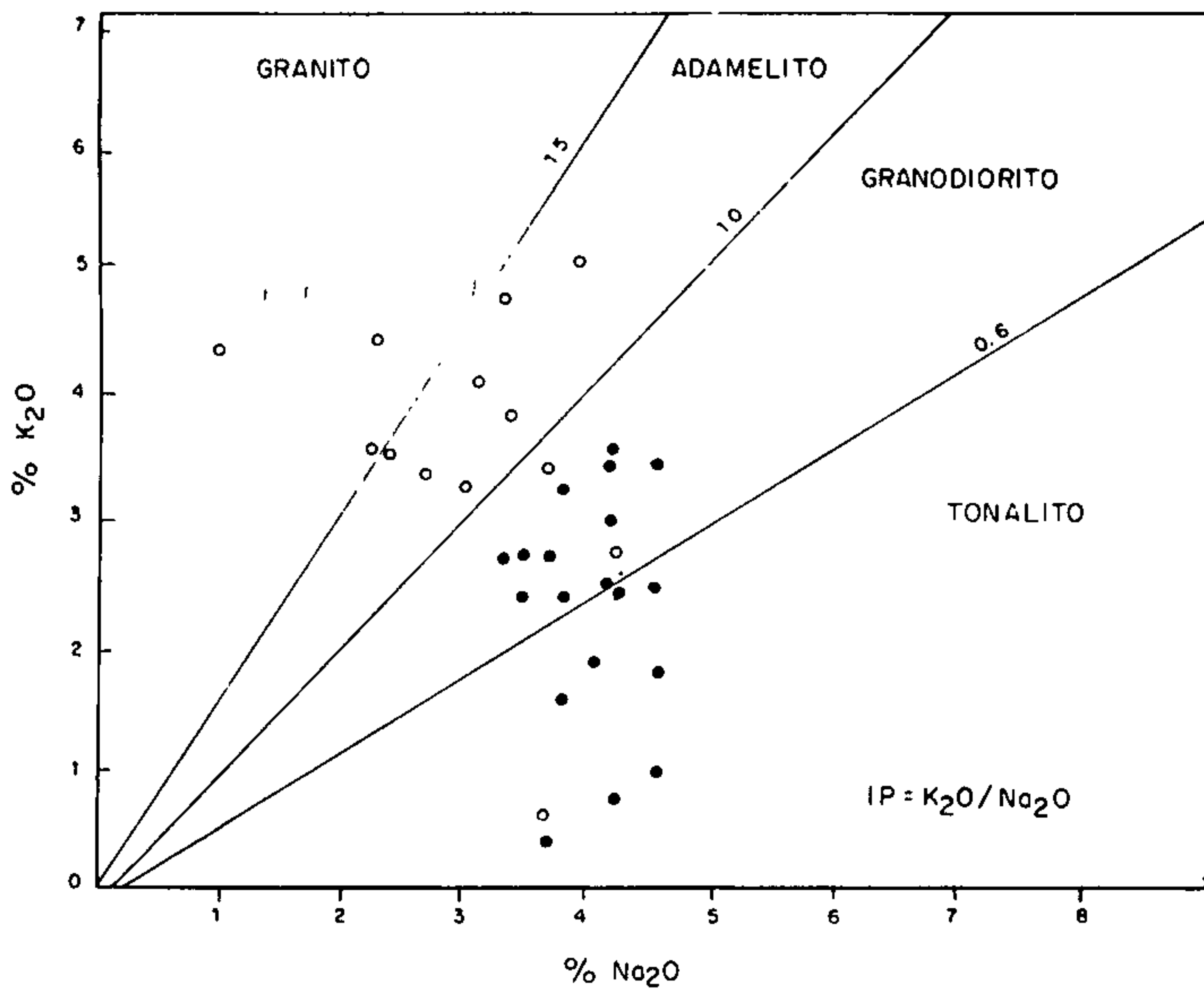


Fig. II.6.13 – Mostra a distribuição dos pontos representativos das unidades complexo Xingu (o) e gnaiss Estrela (*) no diagrama $K_2O \times Na_2O$. O índice petrogenético acentua as distorções composicionais entre as unidades Xingu (< 1) e Estrela (>). As linhas contínuas indicam diferentes índices petrogenéticos e definem campos composicionais.

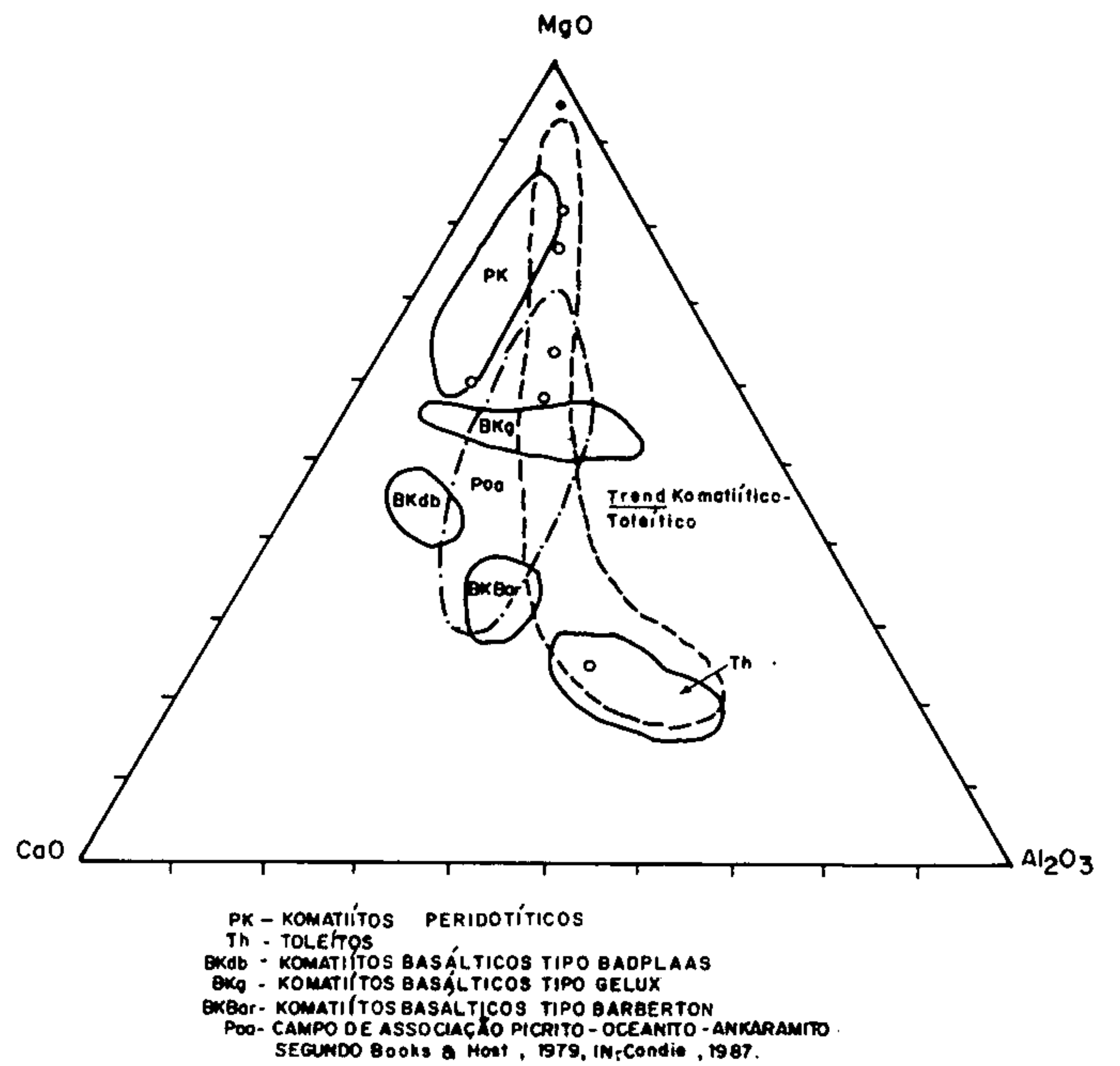


Fig. II.6.14 – Diagrama segundo Viljoen & Viljoen (1969) e Arndt et al. (1977) in: Condie (1981). Mostra o trend komatiítico dos metaultramáficos do grupo Sapucaia.

Os metaultramafitos analisados são partes componentes de uma seqüência supracrustal arqueana com caracterização geológica de um cinturão de rochas verdes retrabalhado em regime contracional, com mecanismo de deformação envolvendo cisalhamento dúctil. O caráter geoquímico e o arranjo textural denunciam uma natureza komatiítica para esses metaultramafitos. Não obstante o reduzido número de amostras, os diagramas MgO-CaO-Al₂O₃ (figura II.6.14) e FeO + Fe₂O₃ + TiO₂-Al₂O₃-MgO (figura II.6.15), demonstram que há tendência a um *continuum* composicional entre as rochas que compreendem a sucessão komatiítica na unidade Sapucaia. A figura II.6.14 mostra que as lavas ultramáficas têm razão CaO:Al₂O₃ próxima da unidade, com uma faixa de variação de 0,5 a 2,5 e se dispõem segundo um *trend* komatiítico, indicativo de uma evolução geoquímica controlada por fracionamento olivínico, indicativa de rochas cumulativas (MgO > 30%). A figura II.6.15 mostra que a sucessão komatiítica tem uma variação peridotito-basáltica sem um *gap* drástico reconhecido, sugerindo um processo de cristalização fracionada na evolução da série.

6.1.4 Granito estratóide Plaquê

A unidade Plaquê é representada por uma suíte granítica leucocrática, cuja forma mais comum de ocorrência é lenticular estratóide. A paragênese é dominada por quartzo + microclina + plagioclásio ± biotita ± muscovita em arranjo textural variável em função dos diferentes estágios miloníticos a que foi submetida.

Na interpretação e modelagem da megaestruturação regionalizada em escala crustal, os granitóides da unidade Plaquê são visualizados como produtos de anatexia ou fusão crustal superior gerados quando do estabelecimento do cinturão Itacaiúnas pelo calor friccional das megafatias rochosas em movimentação contracional.

As análises químicas para óxidos maiores e alguns elementos-traço foram obtidas para caracterização

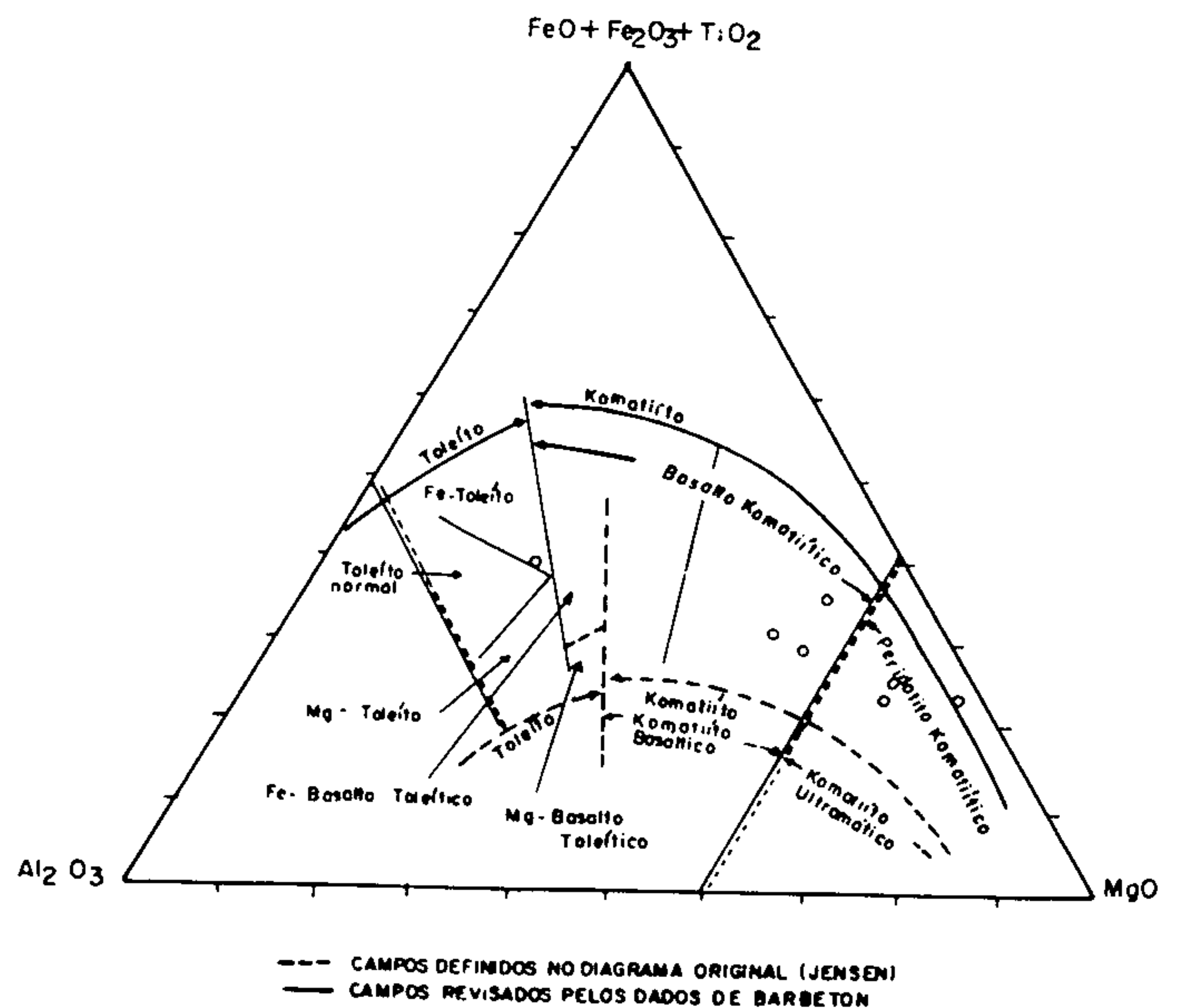


Fig. II.6.15 – Diagrama FeO + Fe₂O₃ + TiO₂ - Al₂O₃ - MgO dos komatiítos e rochas correlacionadas do grupo Onverwatch Barberton (Viljoen et al., 1982). Mostra o trend dos metaultramafitos do grupo Sapucaia.

litogeoquímica dos granitóides; suas concentrações estão contidas na tabela II.6.6. O diagrama ternário de Coleman (1977), controlado pelas proporções relativas de Ab-An-Or normativos (figura II.6.16) indica claramente uma dominância de tipos graníticos, encontrando posicionamento similar no diagrama modal QAP de Streckeisen (1973), modificado por Lameyre & Bowden (1982) (figura II.6.17) o qual mostra, adicionalmente, que os pontos representativos da unidade Plaqué seguem uma linhagem aluminosa com características de geração por fusão crustal.

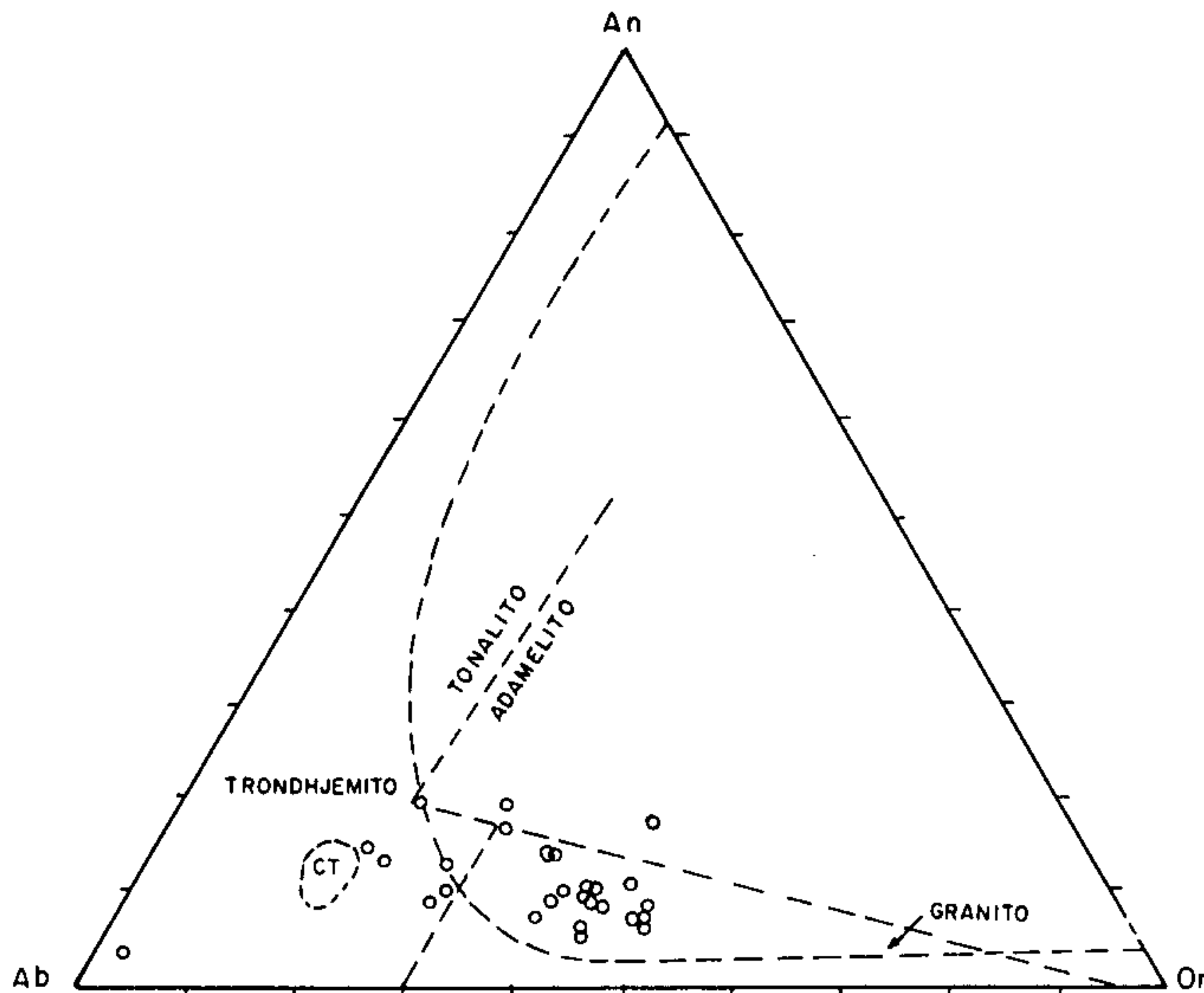


Fig. II.6.16 – Diagrama triangular Ab-An-Or normativos (Coleman, 1977), mostrando o posicionamento dos pontos que representam a unidade Plaqué.

O diagrama binário $\text{Na}_2\text{O} \times \text{K}_2\text{O}$ (figura II.6.18), mostra os diferentes campos composicionais da suíte granítica, separados por linhas arbitrárias, bem como é indicativo do índice petrogenético. A concentração dos pontos no domínio adamelítico reflete um índice petrogenético algo superior à unidade e inferior a 1.5. A dispersão composicional dos pontos do granito estratóide Plaqué deve refletir ligeiras diferenças na ambiência tectônica em relação aos estágios de colisão continental e suas conseqüências de contaminação crustal.

O diagrama triangular Na-K-Al (figura II.6.19) mostra a distribuição dos pontos figurativos da unidade Plaqué, uma linhagem hiperaluminosa a coríndon normativo. Essa linhagem é reforçada no diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ (figura II.6.20), onde os pontos plotados são ainda coincidentes com o campo de fácies a coríndon normativo. Pearce et al. (1984) elaboraram diagramas discriminantes pela utilização de elementos-traço de rochas graníticas, visando à sua caracterização ou classificação tectônica. Um desses diagramas é o que utiliza $\text{Rb} \times \text{Y} + \text{Nb}$ (figura II.6.21), no qual estão plotados os pontos da unidade Plaqué. Conclui-se que, apesar de uma expressiva

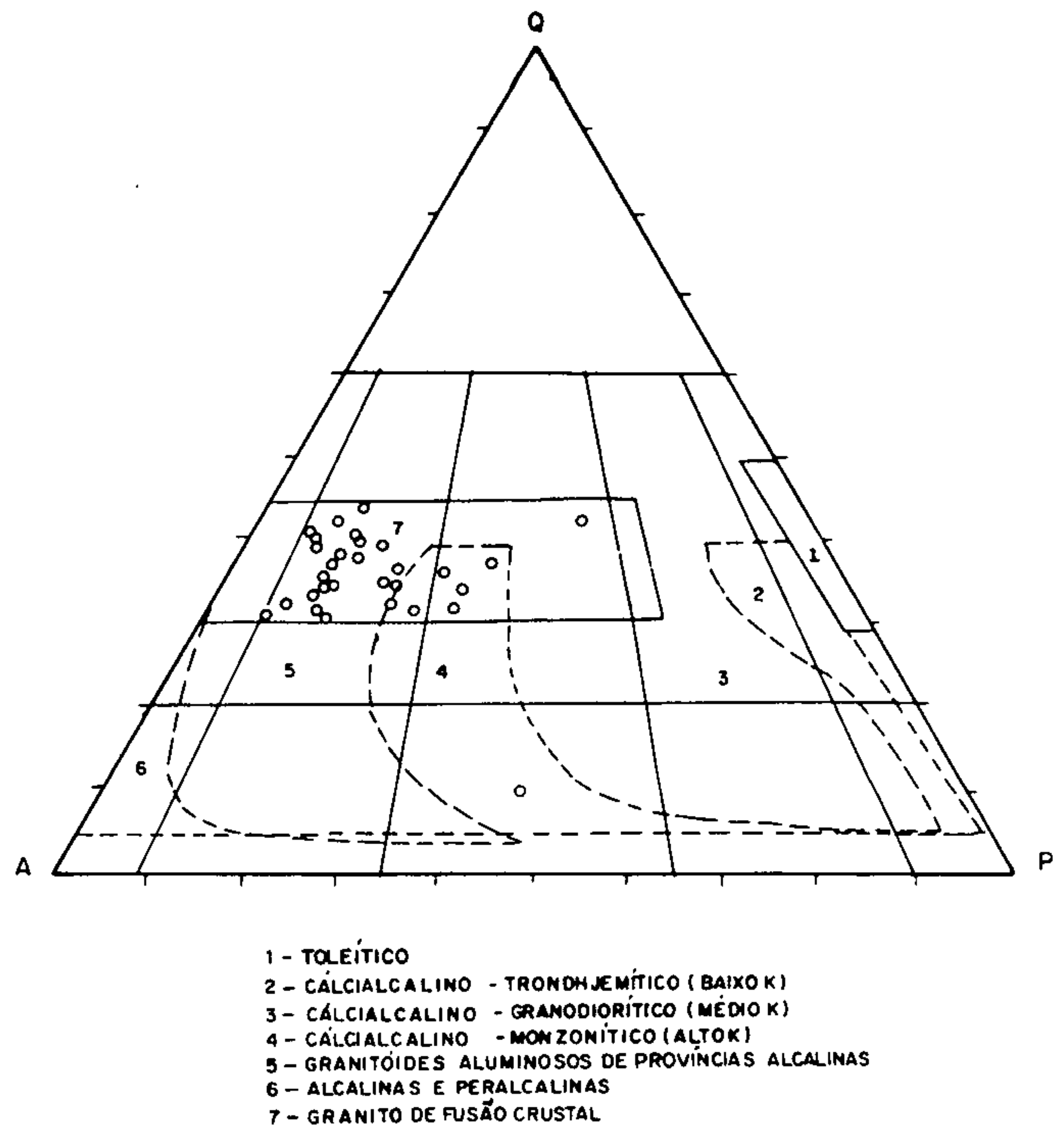


Fig. II.6.17 – Diagrama modal Q, A, P de Streckeisen, com a classificação dos grupamentos das séries graníticas, adaptado de Lameyre & Bowden (1982), onde está posicionada a unidade Plaqué.

distribuição no campo dos granitos de arco vulcânico, muitos pontos, no entanto, coincidem com o campo dos granitos sincolisionais, mostrando um moderado espalhamento ou superposição na ambiência tectônica, explicável pela natureza dinâmica do evento colisional, o qual evoluiu de estágios iniciais de subducção oceânica até estágios de estabilização continental, já que dois pontos coincidem com o campo dos granitos intraplaca.

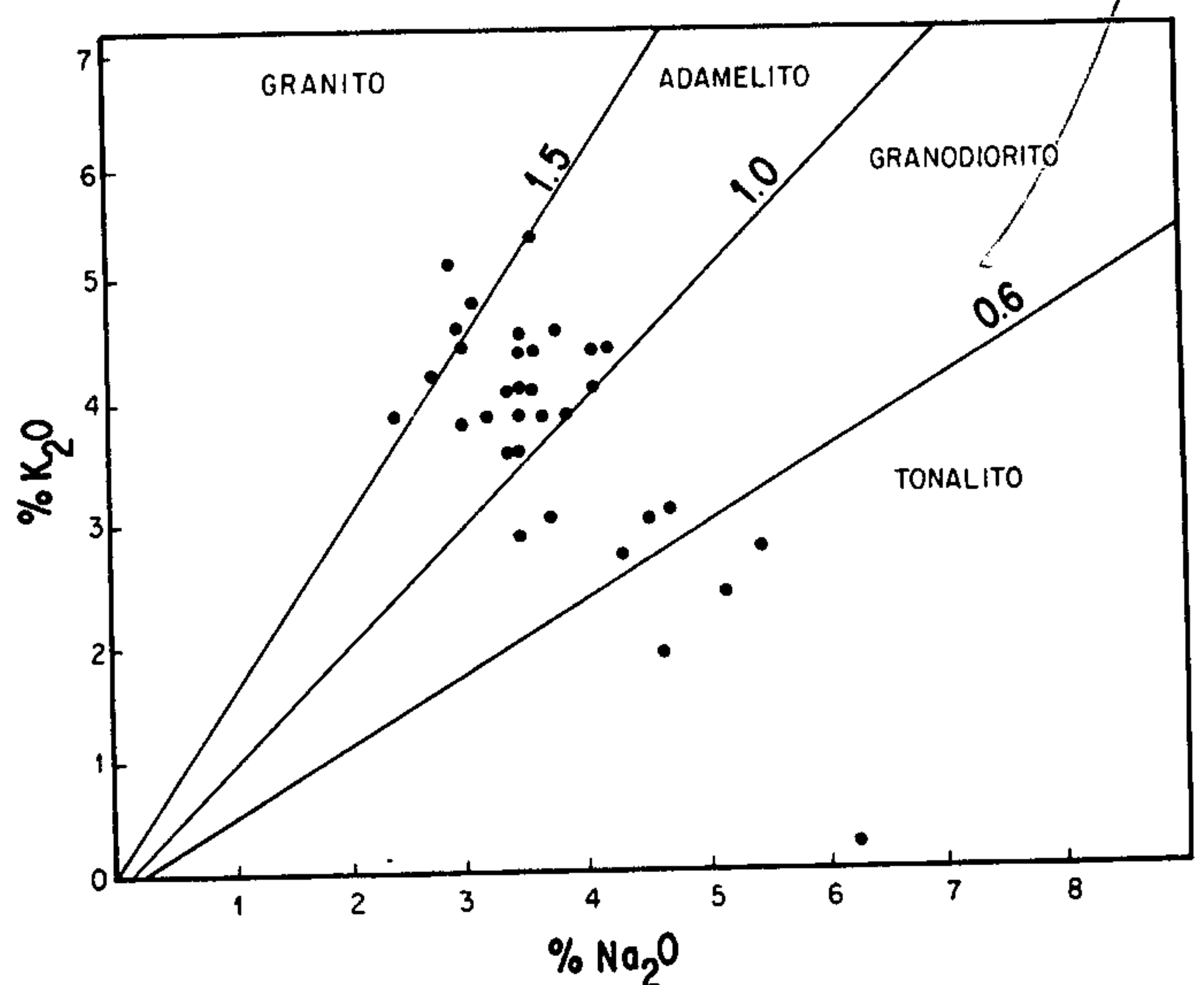


Fig. II.6.18 – Diagrama binário $\text{K}_2\text{O} \times \text{Na}_2\text{O}$ com a divisão dos campos composicionais e índices petrogenéticos, em que estão plotados os pontos representativos da unidade Plaqué.

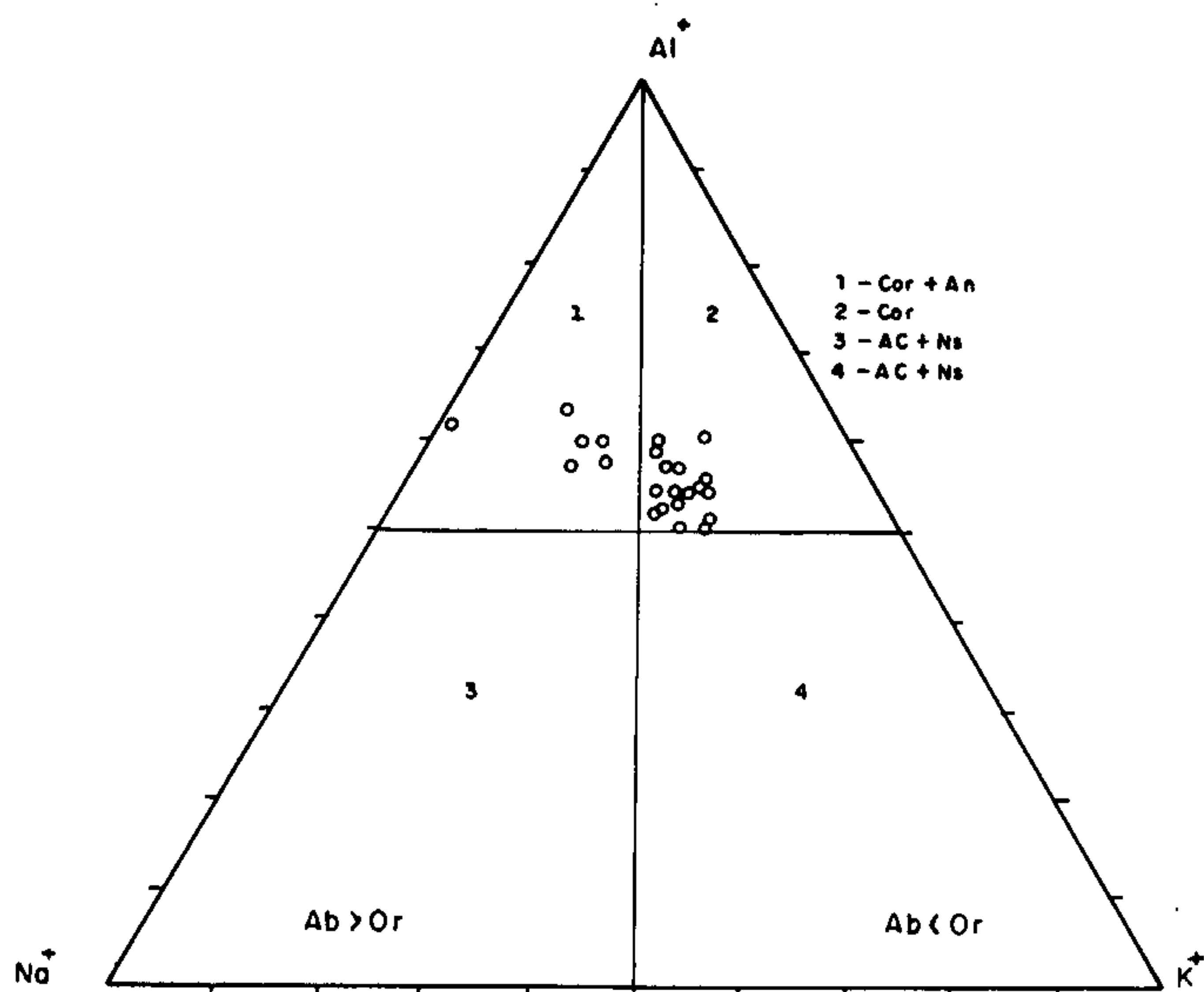


Fig. II.6.19 - Diagrama triangular Na-K-Al, mostrando os campos das fácies normativas e posicionamento dos pontos figurativos da unidade Plaquê.

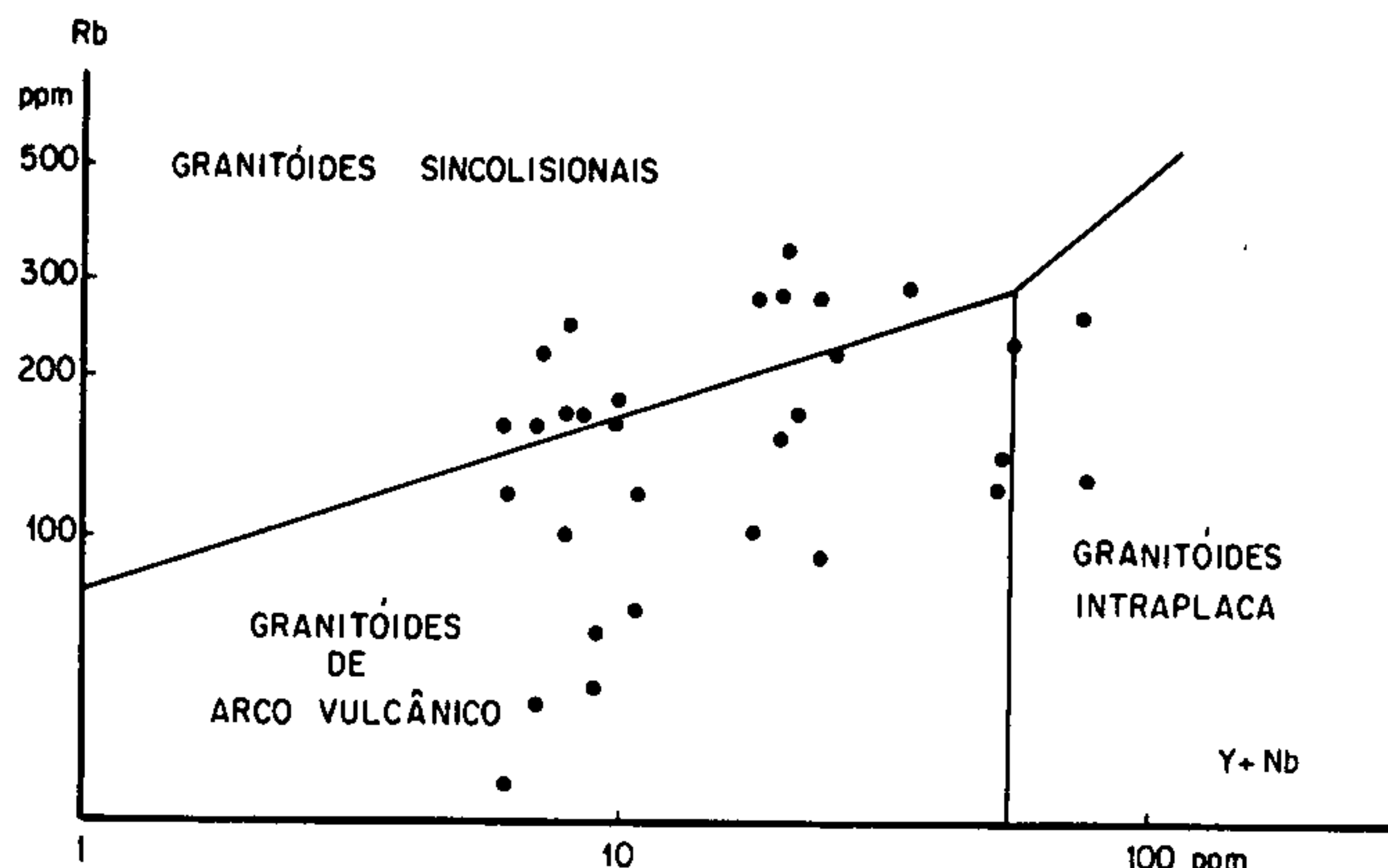


Fig. II.6.21 - Diagrama binário discriminante Rb x Y + Nb (Pearce et al. 1984), mostrando a caracterização tectônica da unidade Plaquê.

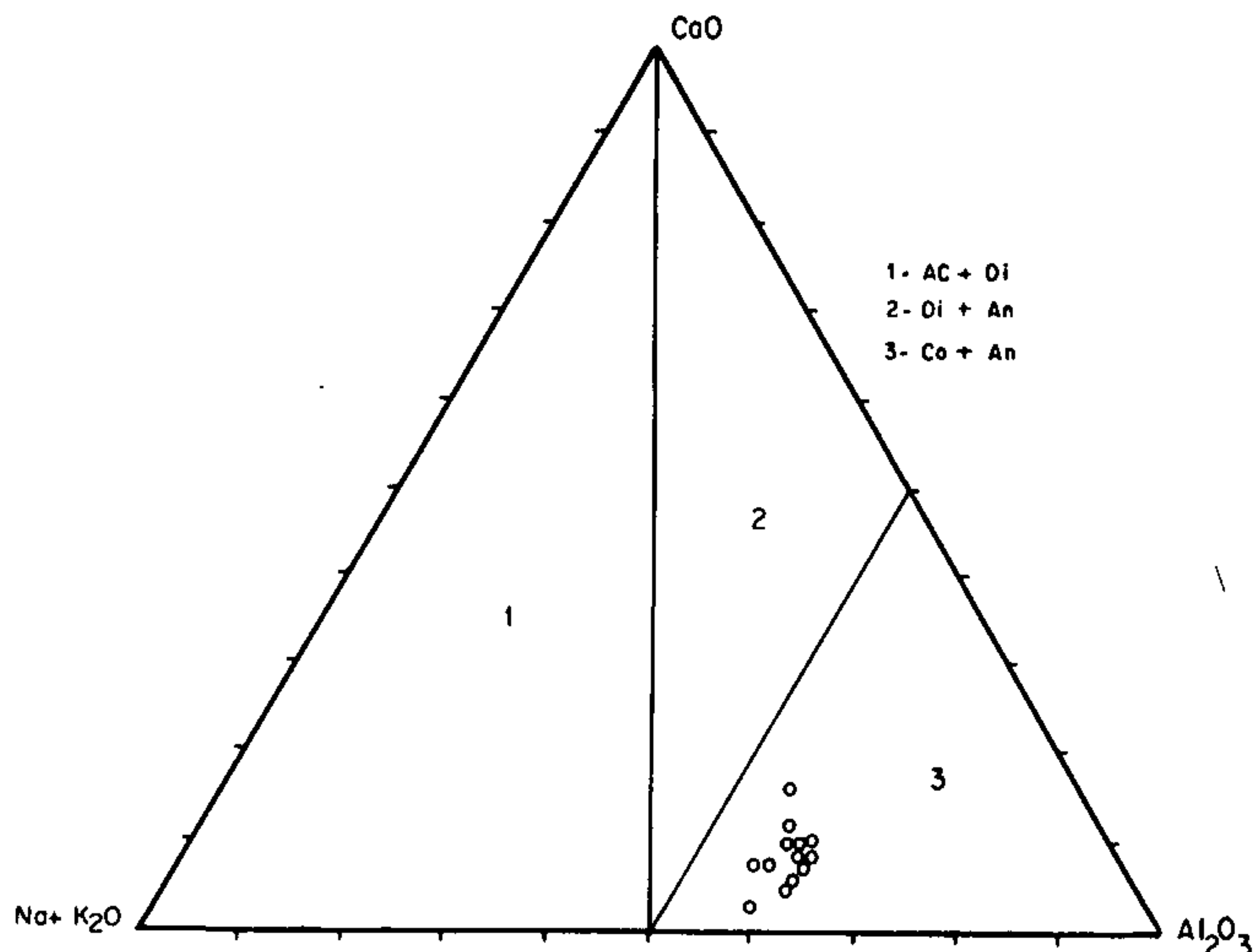


Fig. II.6.20 - Diagrama triangular Na₂O + K₂O - Al₂O₃ - CaO, mostrando o posicionamento dos pontos representativos da unidade Plaquê e delimitação dos campos das fácies normativas.

6.1.5 Suíte granítica anorogênica (granitos da serra da Seringa)

As variedades petrográficas componentes da suíte granítica anorogênica, em especial aquelas ocorrentes na serra da Seringa, representam uma conseqüência plutomagmática anorogênica, do regime distensivo do Proterozóico Médio, tendo como peculiaridade a marcante invariabilidade composicional químico-mineralógica e textural.

Para uma visualização do panorama litogeoquímico do conjunto, foram efetuadas análises químicas para óxidos de elementos maiores e alguns elementos-traço, cujas concentrações são mostradas na tabela II.6.7.

As proporções relativas de Ab-An-Or normativos, projetadas em diagrama triangular (Coleman, 1977), indicam que os granitóides da serra da Seringa são predominantemente de composição granítica a adamelítica (figura II.6.22). Essa natureza composicional é corroborada no diagrama de nomenclatura ou classificação químico-mineralógica para rochas ígneas (Debon & Le Fort, 1983) (figura II.6.23) baseado, principalmente, nos valores de concentrações dos óxidos maiores. Os altos teores em SiO₂ (média de 72,7%) e moderados em álcalis (médias de 2,9% de Na₂O, 3,8% de K₂O), os baixos teores em CaO (média de 1,7%) e MgO (média de 0,3%) e um índice petrogenético superior à unidade (figura II.6.24) são as características litogeoquímicas de maior destaque na referida suíte.

A classificação petrológica para a unidade obedeceu a uma terminologia descritiva dos granitos, pela utilização do diagrama QAP de Streckeisen (1973), adaptado por Lameyre & Bowden (1982) (figura II.6.25), para definição dos vários grupamentos das rochas graníticas relacionadas. O diagrama modal mostra diferentes grupamentos graníticos, bem como a divisão arbitrária - por linhas tracejadas - das diferentes associações magmáticas.

Os granito-adamelitos da unidade têm seu posicionamento no campo dos granitos de fusão crustal e se classificam como granito do tipo A, de Chappell & White (1974) (figura II.6.26) estabelecendo-se a evidência de consolidação de líquidos formados por fusão crustal intraplaca.

Tabela II.6.6 – Características Químicas dos Granitóides da Unidade Plaquê.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	Rb	Nb	Y	Ba	Sr	La	Zr
RN-126B ✓	73,30	12,30	1,50	2,30	0,05	0,22	1,50	3,90	3,90	0,37	0,09	99,43	124,00	10,00	50,00	1200,00	-	70,00	500,00
RN-126b1 ✓	74,50	11,30	2,50	1,70	0,05	0,20	1,50	3,40	3,60	0,42	0,07	99,24	143,00	10,00	50,00	1160,00	-	50,00	300,00
RN-127A ✓	74,20	13,20	1,20	0,53	0,05	0,32	1,00	3,60	5,30	0,21	0,07	99,68	289,00	10,00	15,00	900,00	-	200,00	150,00
OA-203 ✓	76,30	10,90	1,30	0,84	0,05	0,12	0,63	3,00	5,10	0,25	0,05	99,54	233,00	10,00	50,00	940,00	-	150,00	150,00
OA-204 ✓	72,10	12,30	1,60	2,30	0,05	0,32	1,70	3,60	4,10	0,52	0,24	98,83	167,00	10,00	30,00	1600,00	-	100,00	150,00
OA-206B ✓	71,90	12,30	0,61	2,60	0,05	0,45	1,80	3,80	4,60	0,52	0,18	98,81	130,00	10,00	70,00	2300,00	-	100,00	1000,00
RN-309 ✓	73,50	14,20	1,00	0,72	0,05	0,38	1,90	5,10	2,40	0,21	0,06	99,52	182,00	10,00	10,00	220,00	-	20,00	50,00
RN-310 ✓	73,90	13,80	0,84	0,74	0,05	0,23	1,20	4,20	4,40	0,21	0,06	99,63	287,00	10,00	10,00	800,00	-	70,00	100,00
RN-312 ✓	75,00	13,20	1,30	0,31	0,05	0,18	1,10	3,50	4,10	0,12	0,05	98,91	292,00	10,00	15,00	300,00	-	70,00	200,00
OA-216 ✓	72,60	13,70	1,20	0,72	0,05	0,36	1,50	4,10	4,40	0,29	0,11	99,03	250,00	10,00	10,00	1240,00	-	70,00	150,00
OA-85D ✓	76,60	12,30	1,30	0,33	0,05	0,27	0,87	3,10	4,80	0,17	0,05	99,84	-	10,00	10,00	-	-	30,00	100,00
OA-49A ✓	73,30	14,20	1,90	0,33	0,05	0,40	0,30	3,50	3,90	0,25	0,07	98,20	95,00	15,00	10,00	3500,00	245,00	15,00	200,00
OA-49B ✓	76,30	13,10	2,00	0,23	0,05	0,20	1,10	3,00	3,30	0,08	0,05	99,41	165,00	10,00	10,00	-	-	10,00	100,00
OA-75A ✓	73,30	14,20	1,70	0,66	0,05	0,55	0,98	4,10	4,10	0,25	0,06	99,95	155,00	10,00	15,00	3100,00	120,00	10,00	200,00
OA-27B ✓	73,20	15,60	0,74	0,28	0,05	0,23	1,80	4,70	3,10	0,17	0,05	99,92	60,00	10,00	10,00	3000,00	460,00	10,00	70,00
OA-40B ✓	75,30	13,20	1,40	0,56	0,05	0,30	1,30	3,00	4,40	0,21	0,05	99,77	78,00	10,00	10,00	2250,00	150,00	10,00	150,00
OA-40C ✓	74,40	14,20	1,10	0,43	0,05	0,20	1,10	3,50	4,60	0,17	0,05	99,80	103,00	10,00	15,00	2300,00	115,00	10,00	50,00
OA-28 ✓	75,30	13,70	1,30	0,36	0,05	0,20	1,10	3,50	4,40	0,17	0,05	100,13	82,00	10,00	10,00	2700,00	165,00	10,00	150,00
OA-250 ✓	71,00	16,10	1,50	0,79	0,05	0,60	2,00	3,80	3,90	0,17	0,13	100,04	66,00	10,00	10,00	-	-	10,00	300,00
OA-34B ✓	77,30	14,20	0,93	0,12	0,05	0,05	0,42	6,20	0,22	0,08	0,05	99,62	30,00	10,00	10,00	1950,00	75,00	10,00	150,00
OA-34C ✓	76,10	13,70	0,90	0,74	0,05	0,27	0,70	3,40	4,10	0,17	0,05	100,18	120,00	10,00	10,00	2000,00	115,00	10,00	150,00
OA-67B ✓	74,80	15,10	1,20	0,46	0,05	0,27	1,10	4,30	2,70	0,17	0,06	100,21	170,00	10,00	10,00	2850,00	390,00	10,00	100,00
OA-63D ✓	75,10	13,20	1,70	0,43	0,05	0,12	0,70	3,00	4,60	0,17	0,05	99,12	372,00	10,00	15,00	2200,00	100,00	10,00	200,00
OA-68A ✓	73,60	15,10	1,00	0,26	0,05	0,14	1,30	4,50	3,00	0,08	0,05	99,08	171,00	10,00	10,00	2800,00	370,00	10,00	100,00
RN-21 ✓	71,70	15,10	1,60	1,10	0,05	0,56	1,80	3,40	3,60	0,33	0,11	99,35	220,00	10,00	20,00	-	-	150,00	700,00
RN-79 ✓	72,30	16,10	1,50	0,28	0,05	0,31	1,80	4,60	1,90	0,17	0,05	99,06	119,00	10,00	10,00	3650,00	540,00	20,00	70,00
RN-03 ✓	62,00	17,50	2,80	1,30	0,05	2,20	4,20	5,40	2,80	0,45	0,19	98,89	98,00	10,00	10,00	5000,00	670,00	10,00	200,00
RN-61A ✓	68,50	14,20	3,30	3,00	0,05	2,50	2,10	2,40	3,90	0,49	0,22	98,66	167,00	10,00	10,00	4500,00	230,00	30,00	200,00
RN-81 ✓	68,50	15,10	1,50	1,70	0,05	1,50	2,40	3,50	2,90	0,27	0,16	98,58	226,00	10,00	10,00	4300,00	500,00	50,00	150,00
OA-08 ✓	73,20	12,80	2,90	0,96	0,05	0,23	1,00	2,70	4,20	0,27	0,09	98,40	265,00	10,00	70,00	3350,00	130,00	10,00	200,00
OA-19 ✓	73,80	13,20	1,60	0,84	0,05	0,33	1,30	3,20	3,90	0,22	0,09	98,53	296,00	15,00	20,00	3600,00	210,00	15,00	300,00
OA-51D ✓	71,30	15,60	1,60	0,66	0,05	0,99	2,20	3,70	3,10	0,23	0,12	99,55	165,00	10,00	10,00	-	-	10,00	150,00
RN-183 ✓	73,00	13,20	1,60	0,84	0,05	0,38	1,30	3,60	4,40	0,33	0,11	98,81	220,00	10,00	20,00	-	278,00	100,00	150,00

coord. f. 408

2
E

Tabela II.6.7 - Características Químicas do Granito da Serra da Seringa.

Amostras	Óxidos (% Peso)												Elementos-Traço (ppm)				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Total	Ba	Rb	Sr	Zr	U
OA-21B ✓	73,40	12,80	0,53	0,81	0,05	0,14	1,60	3,40	4,80	0,08	0,05	97,66	480,00	374,00	36,00	500,00	2,00
RN-26 ✓	71,90	12,80	2,10	2,10	0,05	0,41	2,00	3,00	3,60	0,90	0,22	99,08	1500,00	202,00	130,00	300,00	14,00
RN-27 ✓	70,20	12,80	2,10	2,90	0,05	0,50	2,10	3,60	3,30	0,90	0,21	98,66	1600,00	174,00	140,00	700,00	22,00
OA-60 ✓	69,90	14,20	1,50	2,10	0,05	0,41	2,40	3,20	3,50	0,50	0,13	97,89	1550,00	174,00	180,00	300,00	18,00
RN-74 ✓	69,70	12,50	2,10	3,40	0,08	0,58	2,40	3,00	3,50	1,10	0,24	98,60	1280,00	178,00	145,00	700,00	30,00
RN-30 ✓	71,20	12,30	2,70	2,60	0,08	0,50	2,10	3,00	3,50	0,99	0,22	99,19	1700,00	174,00	145,00	1000,00	12,00
RN-29 ✓	71,30	12,30	1,70	2,10	0,05	0,41	2,00	2,80	3,60	0,90	0,19	97,35	1450,00	251,00	130,00	150,00	18,00
RN-76 ✓	70,00	12,30	2,10	3,30	0,08	0,58	3,50	3,10	3,50	0,90	0,25	99,61	1450,00	182,00	145,00	700,00	20,00
RN-33 ✓	70,30	12,30	2,30	3,00	0,08	0,50	3,30	2,60	3,30	0,99	0,23	98,90	1500,00	169,00	130,00	700,00	22,00
OA-01 ✓	78,80	10,40	0,97	0,56	0,05	0,65	0,35	2,60	4,40	0,08	0,05	98,91	600,00	293,00	27,00	700,00	20,00
OA-03 ✓	71,80	12,30	2,50	3,10	0,08	0,58	2,00	2,80	3,40	0,68	0,21	99,45	1500,00	187,00	160,00	1000,00	8,00
OA-04 ✓	78,10	11,20	0,94	0,70	0,05	0,02	0,49	3,10	4,50	0,08	0,05	99,23	85,00	459,00	17,00	300,00	24,00
RN-28 ✓	69,60	12,30	3,00	3,30	0,08	0,66	2,00	2,80	3,40	0,95	0,24	98,33	1500,00	165,00	150,00	300,00	10,00
OA-55 ✓	77,60	10,40	2,10	0,75	0,05	0,06	0,42	2,80	4,10	0,25	0,05	98,58	580,00	261,00	20,00	1000,00	14,00
OA-58 ✓	74,30	12,30	1,50	1,50	0,05	0,17	1,50	3,00	4,40	0,42	0,10	99,24	1850,00	191,00	140,00	200,00	20,00
OA-57 ✓	74,60	13,20	1,80	0,86	0,05	0,15	1,10	3,10	4,10	0,42	0,07	99,45	2250,00	229,00	105,00	200,00	14,00
OA-02 ✓	71,20	12,10	4,30	2,70	0,05	0,41	1,90	3,10	3,50	0,54	0,17	99,97	1550,00	178,00	135,00	1000,00	26,00
RN-75 ✓	73,10	13,20	2,30	1,50	0,05	0,25	1,50	3,00	3,90	0,23	0,11	99,14	920,00	294,00	105,00	700,00	28,00
OA-11B ✓	77,00	12,30	1,50	1,10	0,05	0,05	0,84	2,70	4,30	0,13	0,05	100,02	560,00	415,00	50,00	300,00	20,00
RN-77 ✓	70,60	13,20	3,10	2,30	0,05	0,50	1,80	2,70	3,90	0,77	0,20	99,12	1280,00	219,00	130,00	500,00	22,00

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 - GRANITO | 7 - QUARTZOMONZODIORITO |
| 2 - ADAMELITO | 8 - QUARTZODIORITO (QZ. GABRO - QZ. ANORTOSITO) |
| 3 - GRANODIORITO | 9 - SIENITO |
| 4 - TONALITO (TRONDHJEMITO) | 10 - MONZONITO |
| 5 - QUARTZOS-SIENITO | 11 - MONZOGABRO (MONZODIORITO) |
| 6 - QUARTZOMONZONITO | 12 - GABRO (DIORITO - ANORTOSITO) |

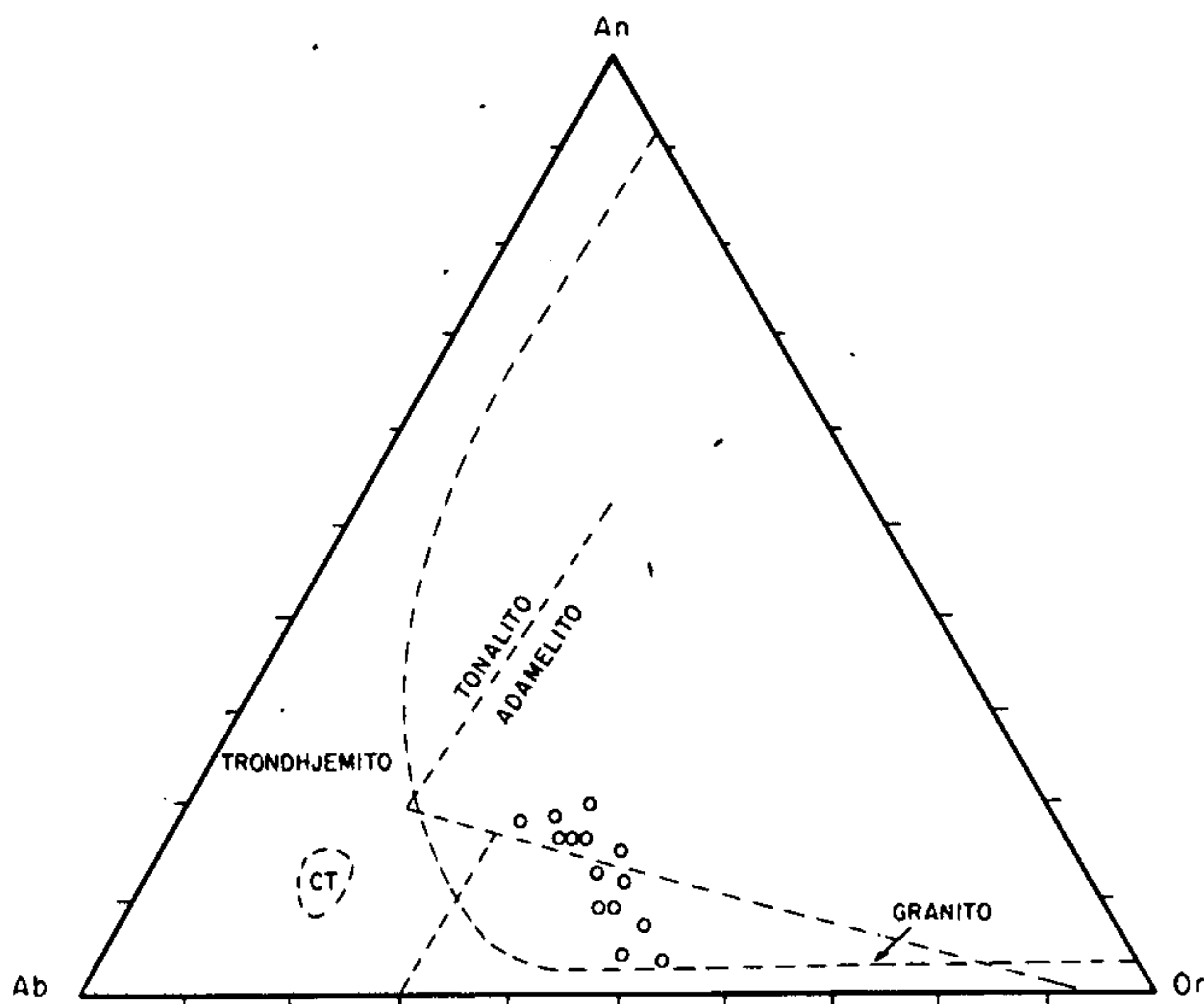


Fig. II.6.22 - Diagrama triangular Ab-An-Or normativos (Coleman, 1977), mostrando o posicionamento dos pontos que representam a unidade suíte anorogênica.

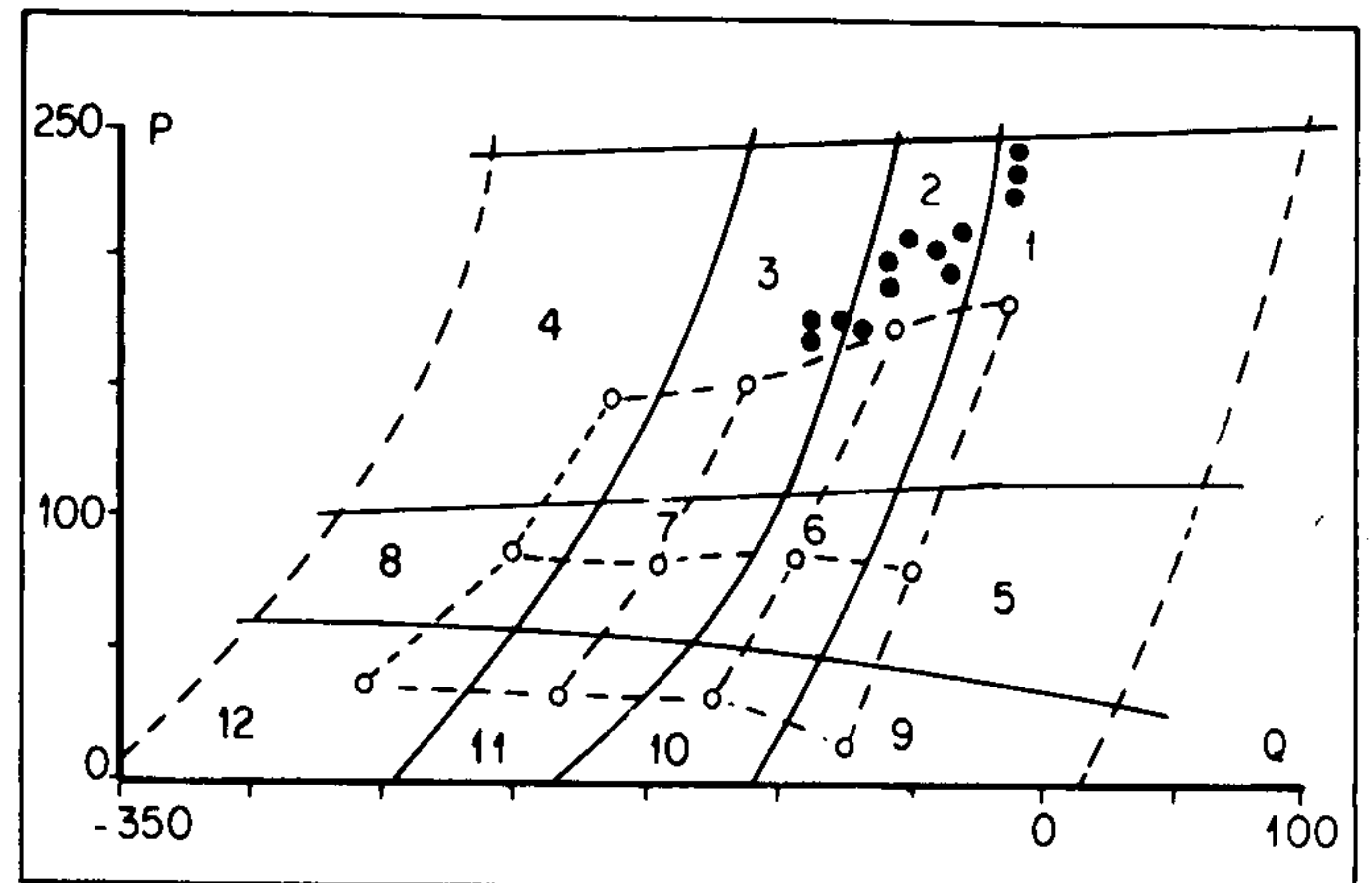


Fig. II.6.23 - Diagrama de nomenclatura Q-P, para classificação químico-mineralógica das rochas ígneas segundo Debon & Lo Fort (1983), no qual estão plotados os pontos representativos da suíte anorogênica.

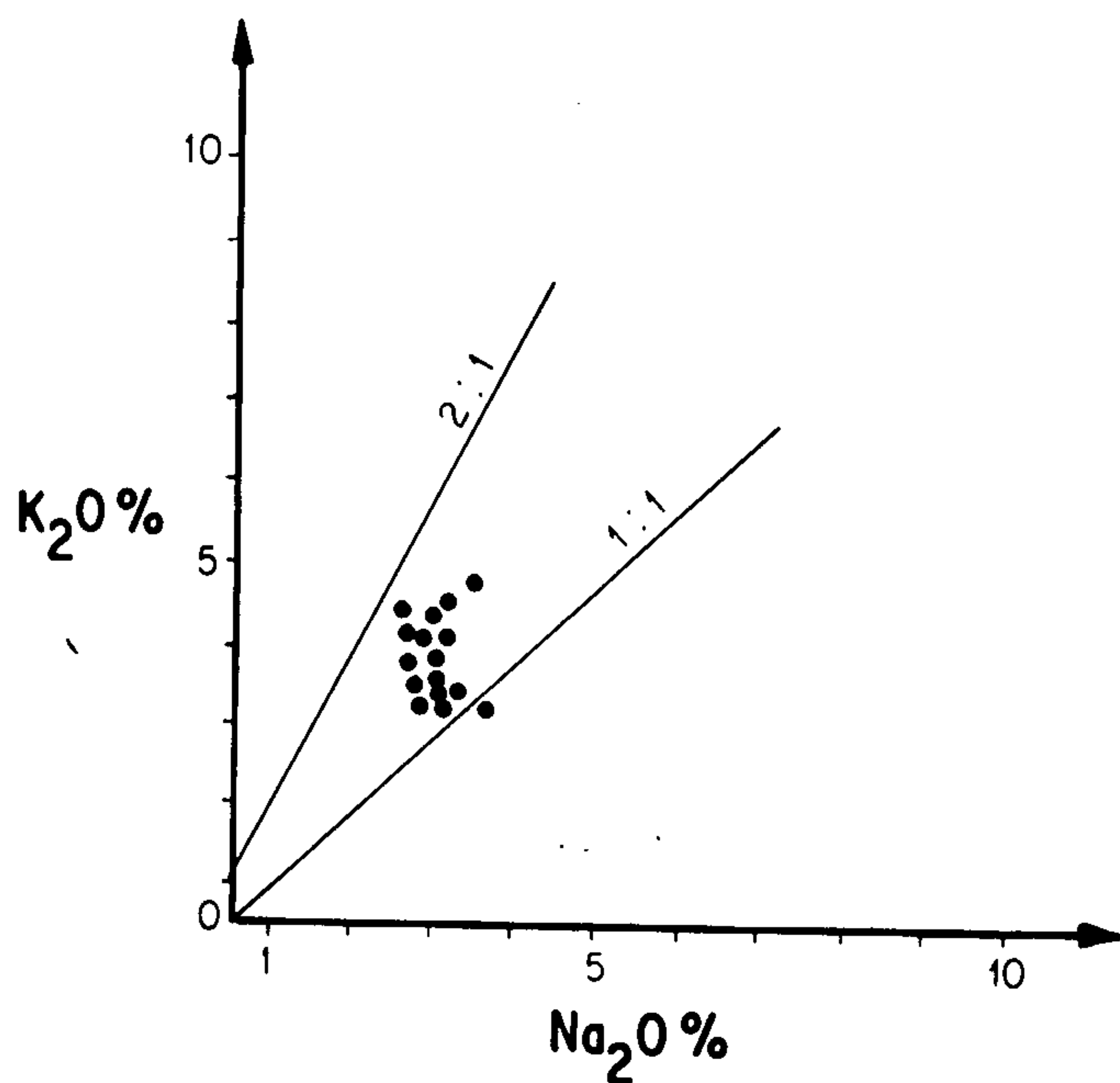
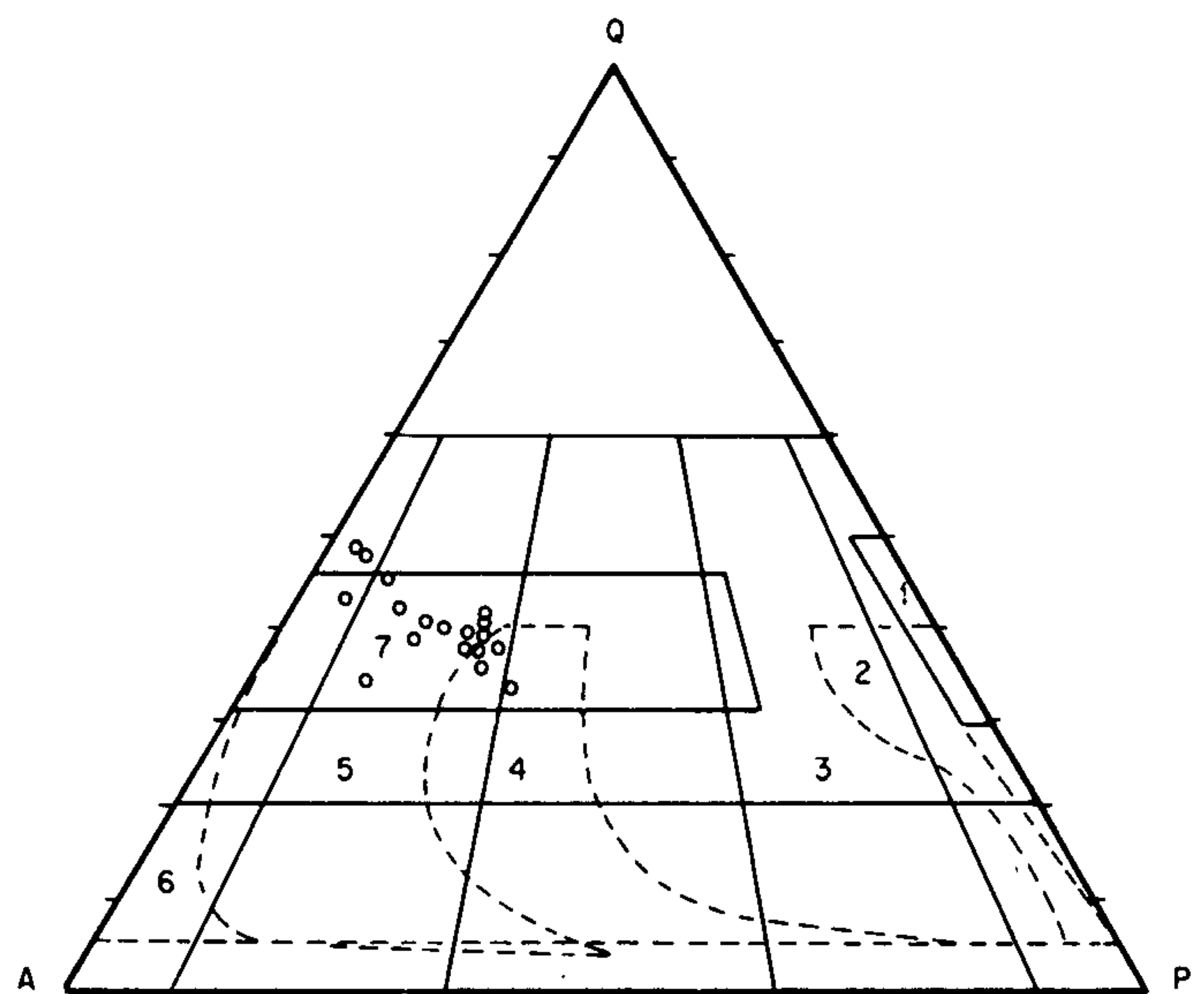


Fig. II.6.24 - Diagrama K₂O x Na₂O, com razões indicativas dos valores do índice petrogenético para a suíte anorogênica



- 1 - TOLEÍTICO
- 2 - CÁLCIALCALINO - TRONDHJEMÍTICO (BAIXO K)
- 3 - CÁLCIALCALINO - GRANODIORÍTICO (MÉDIO K)
- 4 - CÁLCIALCALINO - MONZONÍTICO (ALTO K)
- 5 - GRANITÓIDES ALUMINOSOS DE PROVINCIAS ALCALINAS
- 6 - ALCALINAS E PERALCALINAS
- 7 - GRANITO DE FUSÃO CRUSTAL

Fig. II.6.25 - Diagrama modal QAP de Streckisen, com a classificação dos grupamentos das séries graníticas, adaptado de Lameyre & Bowden (1982), onde está posicionada a suíte anorogênica.

razão Ba/Rb, com o Sr virtualmente estabilizado. Com base na amostragem realizada e nos dados analíticos disponíveis, o granito da serra da Seringa contém variações ou fácies com perspectiva metalogenética para elementos de filiação granitófila, sobretudo Sn.

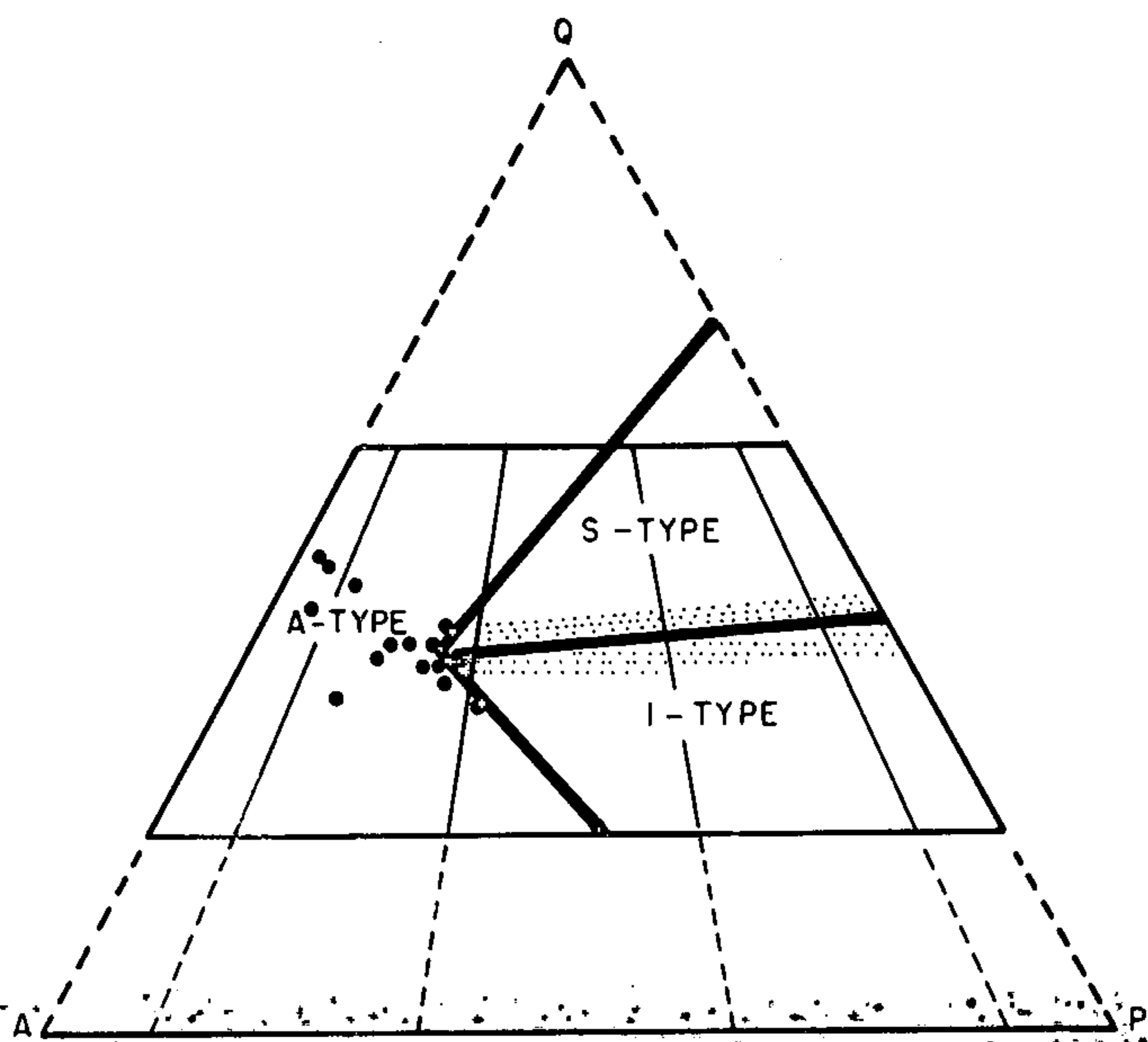


Fig. II.6.26 - Diagrama modal QAP de Streckeisen, com os três principais tipos de rochas graníticas: A, S e I, delineados por linhas sólidas, mostrando o posicionamento da suíte anorogênica. Diagrama adaptado por Chappell, in: Bowden & Kinnaud (1984).

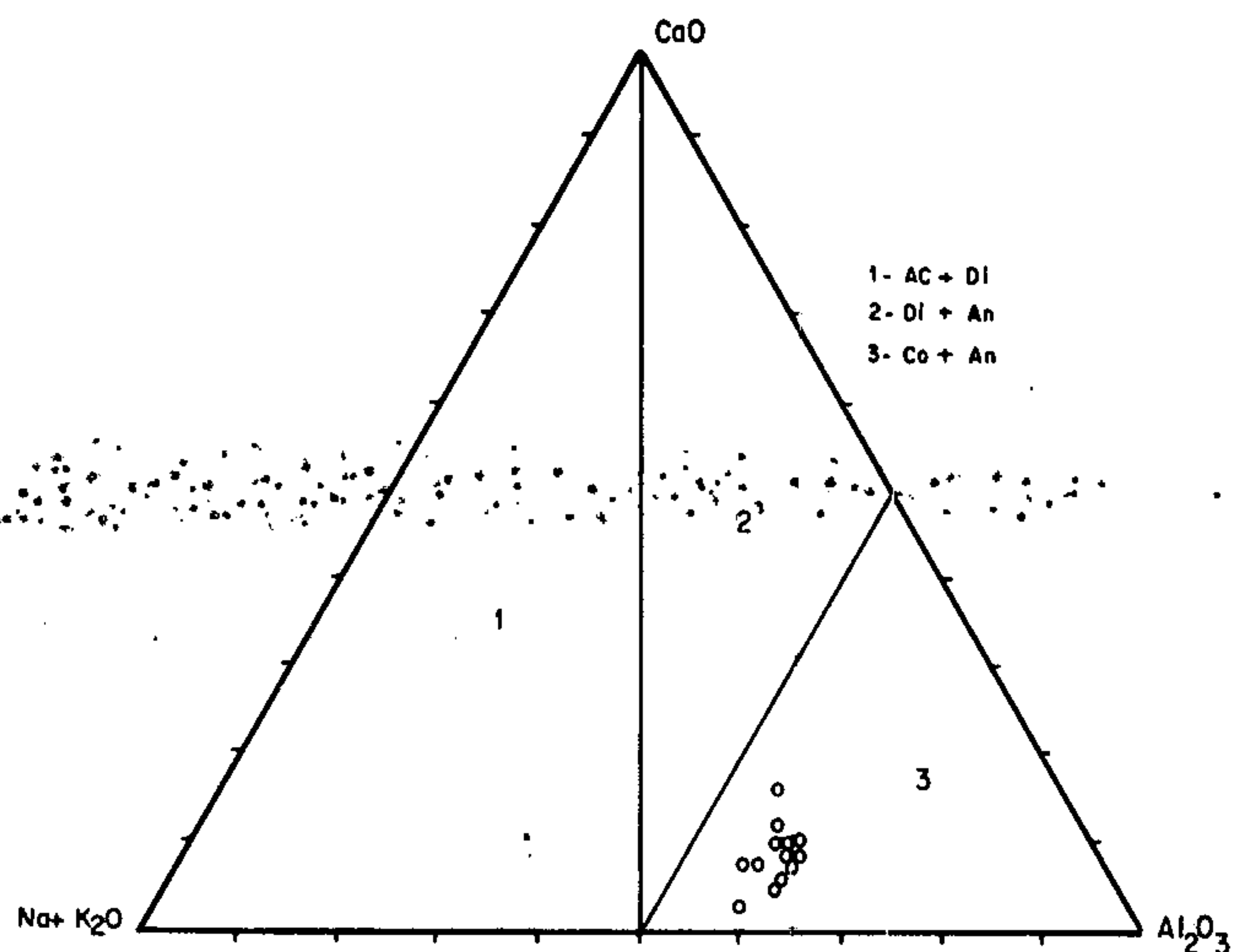


Fig. II.6.27 - Diagrama triangular $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$, mostrando o posicionamento dos pontos representativos da suíte anorogênica e a delimitação dos campos das fácies normativas.

A análise dos dados mineralógico-composicionais e químico-quantitativos mostra, claramente, evoluções magmáticas alcalina e peraluminosa, a primeira denunciada parageneticamente pela freqüente presença do par hornblenda hastingsítica-biotita nos diferentes tipos analisados.

O diagrama triangular $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ (figura II.6.27) mostra o posicionamento dos pontos representativos do granito da serra da Seringa confinado ao campo hiperaluminoso e coincidente com a fácies normativa $\text{Co} + \text{An}$. A linhagem peraluminosa é ainda corroborada quando se observa o diagrama ternário Na-K-Al (figura II.6.28), o qual mostra a separação em um campo com plagioclásio e outro com feldspato potássico dominante. O posicionamento dos pontos desse granito se relaciona ao domínio do feldspato potássico, indicando um percentual volumétrico maior em alcalifeldspato e uma variável dominância do K em relação ao Na, como é demonstrado pelo índice petrogenético superior à unidade.

El Bouseily & El Sokyary (1975) propõem uma classificação das rochas graníticas em vários grupos, em função do grau de fracionamento ou da extensão da diferenciação, estabelecendo *trends* fundamentados em uma relação ternária Rb-Ba-Sr, em que os diferentes estágios de diferenciação são controlados pelas razões Ba/Sr e Ba/Rb. A distribuição dos pontos representativos dessa suíte no diagrama ternário Rb-Ba-Sr (figura II.6.29) mostra que esses granitóides são predominantemente considerados "normais", com alguns poucos tipos indicando moderada a forte diferenciação em função das variações na

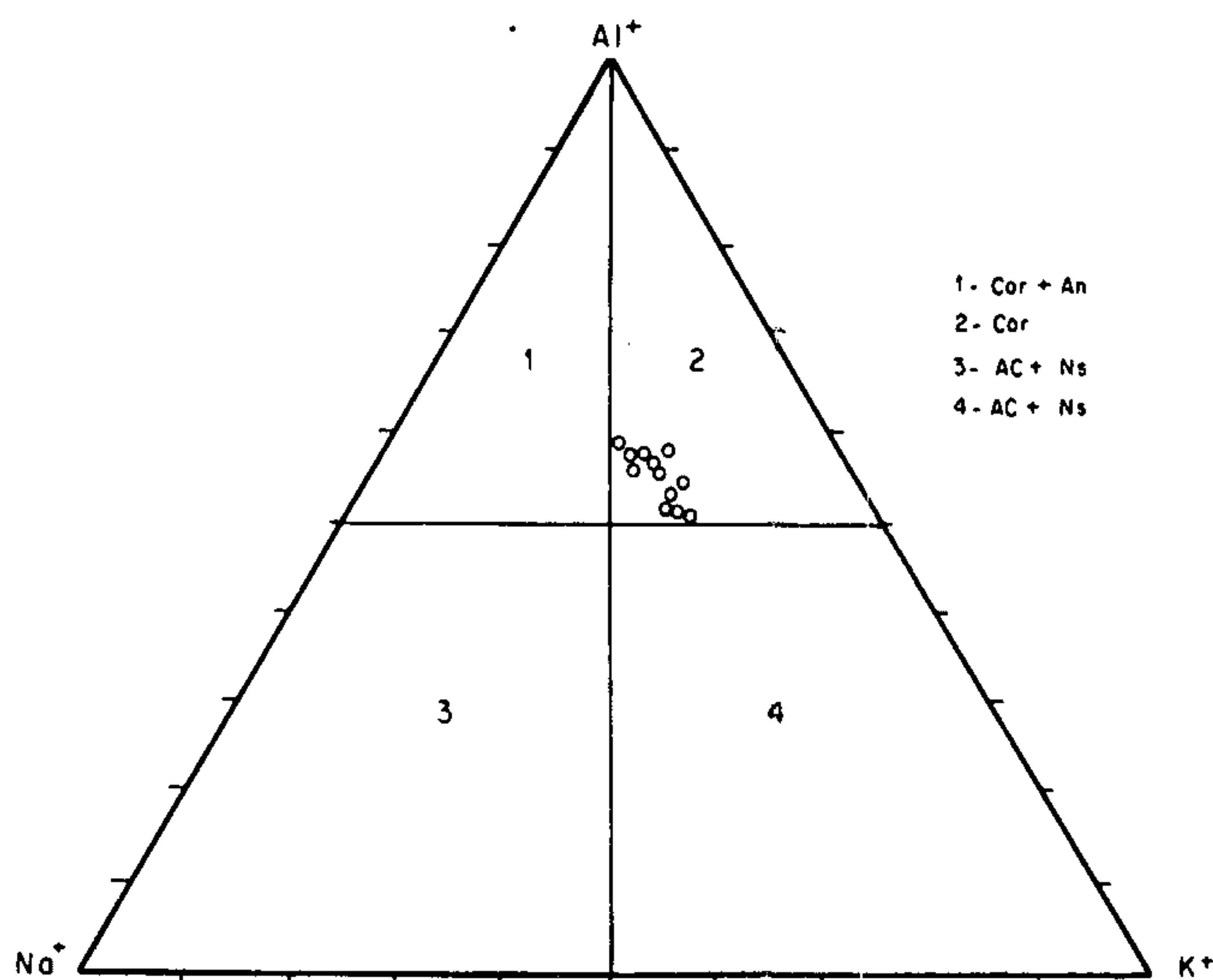


Fig. II.6.28 - Diagrama triangular Na-K-Al, mostrando os campos das fácies normativas e o posicionamento dos pontos figurativos da suíte anorogênica.

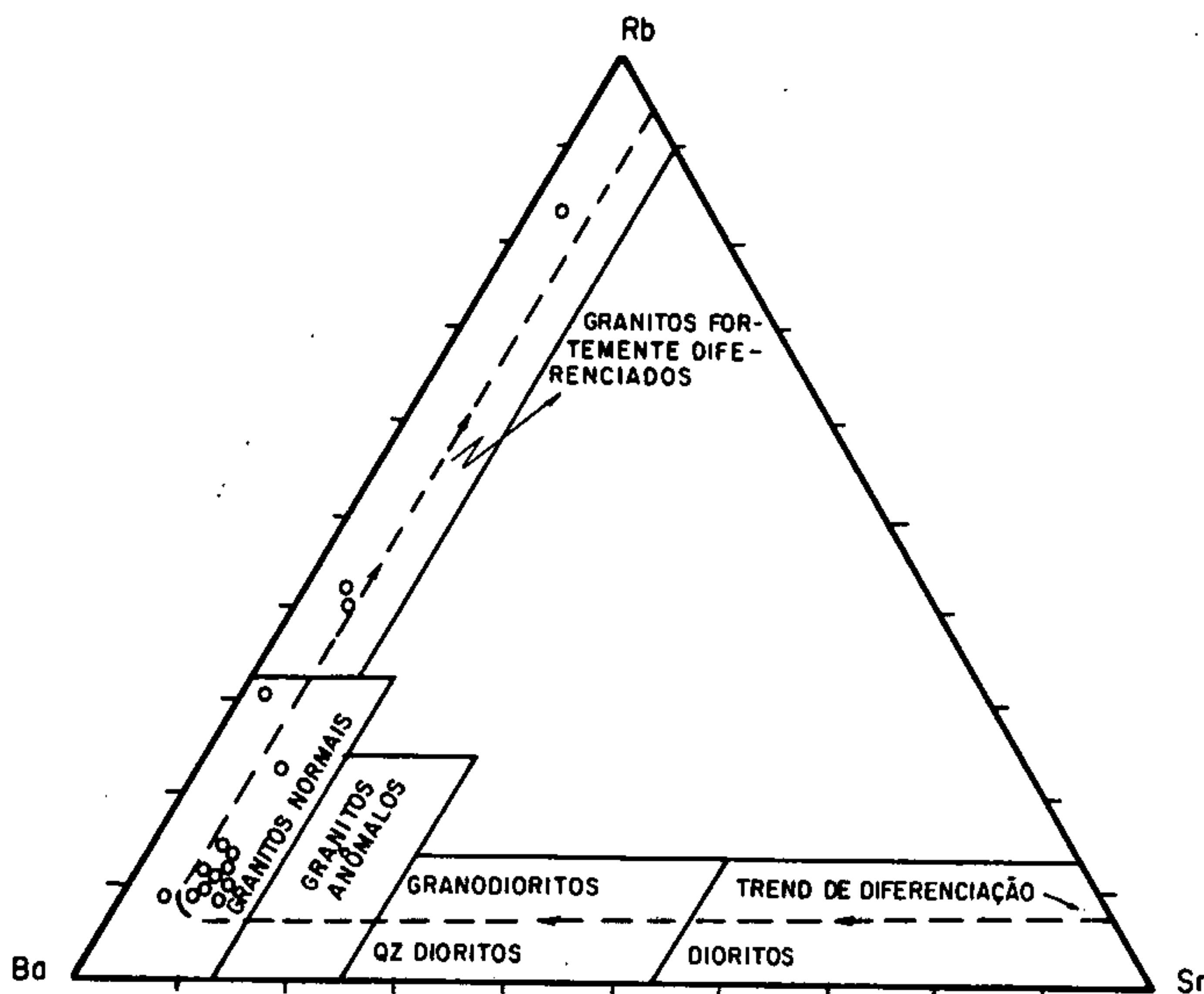


Fig. II.6.29 – Diagrama de variação mostrando a relação ternária Ba-Rb-Sr (em ppm), para a suíte anorogênica. A delimitação dos diferentes campos composicionais é função do trend de diferenciação, segundo El Bouseilly & El Sokkary (1975).

6.2 Prospecção geoquímica

6.2.1 Sistemática adotada

6.2.1.1 Planejamento

Os dados geoquímicos disponíveis de projetos anteriores ao Programa Grande Carajás (PGC) foram catalogados durante a pesquisa bibliográfica. Destes se destacam, pelo seu caráter regional, os projetos Geofísico Brasil/Canadá (PGBC) do DNPM e Aquiri da Rio Doce Geologia e Mineração (DOCEGEO). Apenas algumas estações de amostragem de sedimento de corrente desses projetos foram selecionadas para alcançar uma densidade compatível com aquela proposta para o PGC. As estações planejadas para coleta durante o PGC preenchem as lacunas de amostragem desses projetos.

Para identificar a proveniência da amostra e evitar duplicidade de número na rede de amostragem lançada na base cartográfica, escala 1:250.000 da folha Serra dos Carajás (SB.22-Z-A), as siglas BC e DG foram antecipadas aos números das amostras do PGBC e do DOCEGEO.

As amostras coletadas durante o PGC foram identificadas pela sigla do coletor e uma seqüência numérica iniciada a partir de 2.000 para as amostras de sedimento de corrente e 2.400 para as amostras de minerais pesados.

Programou-se uma fase de verificação das anomalias detectadas durante o levantamento regional, com o objetivo de avaliar a consistência das zonas anômalas através de adensamentos de amostragem e análises específicas para cada situação.

A heterogeneidade de técnicas analíticas utilizadas nos projetos anteriores obrigou o estabelecimento de um esquema analítico sistemático no PGC que permitisse a homogeneização e a compatibilização entre as informações analíticas coligadas e a serem obtidas.

6.2.1.2 Amostragem

As estações de coleta selecionadas dos projetos (DNPM e DOCEGEO), em densidade compatível, acrescidas daquelas planejadas para o PGC totalizaram 481 amostras de sedimento de corrente e 201 de concentrado de bateia. Deve-se salientar que a amostragem sistemática deste foi realizada apenas pelo PGC, já que no levantamento geoquímico do PGBC esse material não foi coletado, não sendo possível adquirir as amostras e os dados analíticos dos concentrados de bateia do projeto da DOCEGEO.

Manteve-se o princípio da amostragem composta de sedimentos grosseiros (cascalho) e amostragem simples para os concentrados de bateia, ambos coletados em uma mesma estação.

As amostras de sedimento foram coletadas manualmente no leito ativo, sempre abaixo do nível d'água e acondicionadas em sacos de tecido resistente. O material para gerar os concentrados de bateia com os minerais pesados foram coletados em concentradores naturais. O volume inicial de 10 litros permitiu fornecer entre 200 a 300g de minerais pesados, posteriormente acondicionados em sacos plásticos.

Para a fase de verificação de anomalias selecionaram-se apenas as bacias anômalas de acesso mais fácil. Os adensamentos de amostragem geraram mais 27 amostras de sedimento de corrente e 24 de concentrado de bateia. As outras bacias anômalas deixaram de ser verificadas, principalmente aquelas cuja amostragem regional foi realizada por via fluvial, devido à pouca disponibilidade de tempo.

As amostras-controle replicatas – foram coletadas em 40 estações selecionadas aleatoriamente.

Realizou-se a amostragem regional por equipes de técnicos de nível médio. Já a coleta de amostras da fase de verificação de anomalias o foi pelo geoquímico responsável pela folha, juntamente com o técnico de nível médio que trabalhou na área selecionada.

6.2.1.3 Análises

6.2.1.3.1 Preparação das amostras

Sedimento de corrente – devido à secagem ao sol, ainda no campo, poucas amostras foram submetidas a uma secagem em estufa a 80°C no Seclab-CPRM/Be. Tal procedimento permitiu uma grande redução de tempo nessa fase. Em seguida, foram peneiradas para separar a

fração -80 mesh (a qual foi pulverizada a -150 mesh) e acondicionadas em recipientes plásticos.

Concentrado de bateia – secagem em estufa a -80 mesh e acondicionamento em sacos plásticos.

6.2.1.3.2 Métodos analíticos

Os métodos analíticos aplicados nas amostras de sedimento (inclusive as replicatas) e de minerais pesados são apresentados na tabela II.6.8. Cerca de 20% das amostras de concentrado de bateia foram submetidas a análise qualitativa para estanho. As amostras em que esse teste acusou positividade, ou observou-se a presença de ouro visível, foram quarteadas: uma parte foi submetida à análise mineralógica qualitativa (tabela II.6.9), a outra, encaminhada para análise por espectrografia ótica de emissão, para 30 elementos-padrão (EE). Utilizaram-se análises de estanho por espectrometria de absorção atômica (AA) apenas nas amostras provenientes de áreas potencialmente estaníferas.

Durante a fase de verificação de anomalias, aplicaram-se técnicas analíticas dirigidas para suplementar a avaliação de algumas anomalias detectadas na fase regional: 1) AA/EDTA e HCl₆M, a frio, nas amostras de sedimento anômalas para cobre, zinco, níquel, cobalto, coletadas na faixa de rochas das formações Parauapebas, e/ou Carajás ou grupo Rio Novo; 2) AA/H₃PO₄ nas amostras de sedimento de corrente anômalas para cromo e nas de concentrado de bateia vizinhas àquelas onde detectaram-se > 5% de cromita; a maioria dessas amostras se localiza nas porções leste e oeste da folha.

Métodos Analíticos	Amostras	
	Sedimento de Corrente	Concentrado de Minerais Pesados
Fase Regional		
EE – Espectrografia de Emissão, 30 Elementos-Padrão		
– PGBC	117	–
– DOCEGEO	–	–
– PGC	220	43
AA – Espectrometria de Absorção Atômica (PGBC + PGC):		
– água-régia 4: 1(Cu,Pb,Zn,Ni, Co,Cr,Fe,Mn)	324	–
– geração de hidreto (As)	227	–
– sublimação (Sn)	–	120
AA – Espectrometria de Absorção Atômica (DOCEGEO)		
– HNO ₃ CONC.	87	–
Análises Mineralógicas:		
– visual (lupa binocular)	–	121
– qualitativa	–	43
Fase Verificação de Anomalias		
EE – Espectrografia de Emissão, 30 Elementos-Padrão	27	24
AA – Espectrometria de Absorção Atômica:		
– água-régia 4:1(Cu,Pb,Zn,Ni, Co,Cr,Fe,Mn)	27	–
– EDTA 0,25% (Cu,Pb,Zn,Ni,Co)	59	–
– HCl ₆ M (Cu,Pb,Zn,Ni,Co)	59	–
– H ₃ PO ₄ (Cr)	53	34
Análises Mineralógicas:		
– qualitativa	–	24
– semiquantitativa	–	24

Tabela II.6.8 – Métodos Analíticos Utilizados.

6.2.1.4 Interpretação dos dados

No que tange à interpretação dos dados regionais compilados ou gerados durante o levantamento geoquímico do PGC, fazem-se necessárias algumas observações:

1. As amostras do Projeto Aquiri/DOCEGEO, analisadas por AA (digestão HNO₃), formam um conjunto geograficamente restrito ao quadrante nordeste da folha Serra dos Carajás, e, por essa razão, não foram discriminadas em populações-alvo para o tratamento estatístico.

2. Embora o mapa de amostragem desse projeto tenha sido fornecido, não se conseguiu obter todos os resultados analíticos, nem as alíquotas das amostras oriundas de áreas reconhecidamente mineralizadas (entre os alvos N1 e N5 e área do manganês do Azul). Assim, não foi possível compatibilizar a informação analítica dessas áreas com os demais dados analíticos regionais obtidos por EE (30 elementos-padrão) e AA (digestão água-régia 4:1).

3. Baseou-se a delimitação das zonas anômalas para Au e/ou Sn apenas na distribuição espacial das amostras com ouro visível e/ou com resultados analíticos elevados para Sn quando obtidos por AA (sublimação/NH₄I).

4. Para a delimitação das zonas anômalas dos demais elementos analisados, utilizaram-se os programas do Sistema GEOQUANT, desenvolvido pela CPRM a partir do programa STATPAC do USGS.

O procedimento para o tratamento estatístico que antecede à fase de interpretação dos dados obedeceu ao seguinte roteiro:

a) criação de três matrizes binárias com as amostras das três fontes disponíveis (PGBC/DOCEGEO/PGC), diferenciadas em função da técnica analítica utilizada: a primeira, com os dados de AA (digestão HNO₃) do Projeto Aquiri; a segunda, com os dados de AA (digestão água-régia) do PGBC e PGC; e a terceira com os resultados de EE do PGBC e PGC;

b) utilização do programa STEPSORT, para classificar as amostras de cada matriz por número de campo, segundo a ordem alfanumérica crescente;

c) aplicação, em cada matriz, do programa REPLAC, para transformar os resultados qualificados em resultados definidos;

d) uso do programa STATCOR, nas três matrizes transformadas, para definir os respectivos parâmetros geoquímicos;

e) aplicação do programa ADDORDEL, para compatibilizar apenas as amostras com iguais informações analíticas – EE e AA (água-régia) – em uma única matriz, identificadas pelo indicador primário (número de campo);

f) criação de quatro submatrizes correspondentes às quatro populações-alvo definidas:

População I – amostras coletadas no domínio dos granitos anorogênicos;

População II – amostras oriundas das rochas metavulcânicas do grupo Sapucaia;

Tabela II.6.9 – Análises Mineralógicas.

AMOSTRA	MINERAIS																						
	Mgt	Im	Rt	Cro	Mz	Zr	Xm	Ans	Au	Tz	Gra	Px	Af	Tu	Ci	Ea	Sil	Ep	Lx	Oxf	Pi	Él	Cs
JA - 2467	■				■																		
JA - 2535	■	■			■	■																	
JA - 2548	■				■	■																	
JA - 2549	■				■	■																	
JA - 2550	■				■	■																	
JA - 2551	■	■			■	■																	
JA - 2554	■	■			■	■																	
JA - 2560	■	■			■	■																	
JA - 2563	■	■			■	■																	
JA - 2569	■	■			■	■																	
JA - 2570	■	■			■	■																	
JA - 2605	■	■			■	■																	
JA - 2618	■	■			■	■																	
JA - 2622	■	■			■	■																	
JA - 2626	■	■			■	■																	
JA - 2627	■	■			■	■																	
JA - 2671	■	■			■	■																	
JA - 2495	■	■			■	■																	
JA - 2537	■	■			■	■																	
JA - 2553	■	■			■	■																	
JA - 2604	■	■			■	■																	
JA - 2624	■	■			■	■																	
JA - 2625	■	■			■	■																	
JA - 2644	■	■			■	■																	
JA - 2649	■	■			■	■																	
JA - 2651	■	■			■	■																	
JA - 2654	■	■			■	■																	
JA - 2656	■	■			■	■																	
JA - 2658	■	■			■	■																	
LP - 2496	■	■			■	■																	
LP - 2539	■	■			■	■																	
LP - 2540	■	■			■	■																	
LP - 2544	■	■			■	■																	
LP - 2546	■	■			■	■																	
LP - 2580	■	■			■	■																	
LP - 2615	■	■			■	■																	
LP - 2634	■	■			■	■																	
LP - 2636	■	■			■	■																	
LP - 2637	■	■			■	■																	
LP - 2642	■	■			■	■																	
LP - 2643	■	■			■	■																	
LP - 2648	■	■			■	■																	
LP - 2586	■	■			■	■																	

■ > 50%

 ■ 5-50%

 ■ < 5%

 □ MINERAL NÃO-IDENTIFICADO

Mgt - MAGNETITA

 Im - ILMENITA

 Rt - RUTILO

 Cro - CROMITA

 Mz - MONAZITA

 Zr - ZIRCÃO

 Xm - XENOTÍMIO

 Ans - ANATÁSIO

Au - OURO

 Tz - TOPÁZIO

 Gra - GRANADA

 Px - PIROXÊNIO

 Af - ANFIBÓLIO

 Tu - TURMALINA

 Ci - CIANITA

 Ea - ESTAUROLITA

Sil - SILIMANITA

 Ep - EPÍDOTO

 Lx - LEUCOXÊNIO

 Oxf - ÓXIDO DE FERRO

 Pi - PIRITA

 ÉI - ESPINÉLIO

 Cs - CASSITERITA

População III – amostras provenientes dos litótipos dos grupos Grão-Pará e Rio Novo;

População IV – amostras coletadas sobre o complexo Xingu; e outras unidades menores lenticularizadas;

g) aplicação, em cada submatriz (população-alvo), dos programas SUMEST, que fornece os parâmetros estatísticos básicos, e CORREL, que estabelece uma matriz de cor-

relação segundo o método do “momento de Pearson”. Os parâmetros estatísticos são apresentados na tabela II.6.10, as matrizes de correlação resultantes, nas figuras II.6.30 a II.6.33.

h) utilização do programa PTILES1 nos dados analíticos obtidos por EE para calcular, por interpolação linear, os percentis das variáveis (elementos) previamente

Tabela II.6.10 – Sumário dos Parâmetros Estatísticos (Sedimento de Corrente).

Elemento	Amplitude (ppm)				Média Geométrica (ppm)				Desvio Geométrico				Grau de Detecção (%)			
	Populações				Populações				Populações				Populações			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Cu AA	1 - 45	1 - 330	1 - 11	1 - 70	2	30	2	3	2.38	4.36	2.06	2.64	100	100	100	100
Pb AA	4 - 44	2 - 124	2 - 16	1 - 56	17	8	5	4	1.96	2.11	2.00	2.40	100	100	100	100
Zn AA	4 - 64	2 - 170	2 - 33	1 - 52	18	18	7	6	1.88	3.01	1.95	2.09	100	100	100	100
Ni AA	1 - 5	1 - 400	1 - 11	1 - 400	2	8	2	2	1.74	3.49	1.90	2.85	100	100	100	100
Co AA	1 - 8	1 - 71	1 - 4	1 - 44	2	10	2	2	1.76	3.30	1.57	2.37	100	100	100	100
Cr AA	1 - 35	1 - 580	1 - 21	1 - 580	3	24	3	7	2.71	3.50	2.50	3.35	100	100	100	100
Fe AA	2.200 - 17.000	100 - 180.000	1.000 - 24.000	100 - 41.000	6.500	15.880	3.410	3.500	1.65	5.19	2.00	2.51	100	100	100	100
Mn AA	32 - 660	8 - 3.800	14 - 210	5 - 3.000	183	300	61	96	1.90	3.26	2.24	2.90	100	100	100	100
B EE	-	5 - 1.000	5 - 30	5 - 1.000	-	23	7	16	-	4.65	1.43	3.87	-	57	17	40
Ba EE	70 - 1.000	30 - 1.000	50 - 7.142	-	220	138	928	-	2.28	2.15	2.36	-	100	100	88	-
La EE	10 - 200	10 - 150	10 - 150	10 - 1.000	22	20	30	35	1.65	2.08	1.84	2.05	93	42	89	77
Nb EE	5 - 30	5 - 200	5 - 30	5 - 70	14	11	7	8	1.52	1.72	1.51	1.57	86	66	28	52
Sc EE	2.5 - 20	2.5 - 70	-	2.5 - 50	3	8	-	5	1.99	1.96	-	1.87	100	65	-	35
V EE	5 - 50	5 - 100	5 - 70	5 - 700	22	30	19	25	1.53	1.96	2.03	2.09	93	96	82	98
Y EE	15 - 750	5 - 150	5 - 50	1.5 - 150	56	16	12	12	2.51	2.04	1.86	2.04	96	82	75	65
Zr EE	-	50 - 1.428	100 - 1.428	70 - 1.428	-	430	422	695	-	2.55	2.36	2.22	-	82	43	64
Sn EE	5 - 15	5 - 20	5 - 700	5 - 20	6	7	13	7	1.4	1.62	6	1.81	13	14	10	11
Sr EE	-	-	100 - 500	50 - 500	-	-	154	97	-	-	1.60	1.85	-	-	98	40

Populações: I - Rochas graníticas anorogênicas
 II - Grupos Grão-Pará e Rio Novo
 III - Terreno granito-greenstone preservado
 IV - Complexo Xingu e outras unidades lenticularizadas.

selecionadas segundo o grau de detecção de cada uma delas. Foram selecionados: B, Ba, La, Nb, Sc, V, Y, Zr, Sn, Sr.

Diferenciações geoquímico-geológicas observadas em uma zona anômala permitem delimitar subzonas, as quais recebem, após integração com dados aerogeofísicos, um grau de prioridade para trabalhos subseqüentes de detalhe. Essa prioridade é identificada pelas letras A, B e C, acopladas ao número de ordem da zona anômala em função de sua maior, média ou menor importância metalogenética.

6.2.2 Resultados obtidos

6.2.2.1 Consistência dos dados

Aplicou-se o programa ANOV 1, do Sistema GEO-QUANT, que efetua análise de variância de um fator (*one way*) até 10 níveis hierárquicos para uma determinada variável (elemento). No presente trabalho utilizaram-se os resultados analíticos de 40 amostras de sedimento de corrente e suas respectivas amostras replicatas.

Esse programa enquadra-se no modelo proposto por Krumbein & Slack (1956), para análises de variância hierárquica, segundo uma direção que permite a estimativa da variabilidade total resultante da variabilidade devida a efeitos naturais, inerentes às características das bacias amostradas (área, composição litológica, velocidade de fluxo etc.) somadas aos efeitos introduzidos (erros originados na amostragem e nas análises). O teste foi aplicado com valores reais e com valores logtransformados.

Como os elementos Ti, Ag, As, Au, Be, Bi, Cd, Mo, Sb, Sc, Sn, Sr, W e Zn analisados por EE apresentaram alta porcentagem de dados qualificados e/ou restrita amplitude de valores não-qualificados, esses elementos não foram utilizados no teste.

O programa ANOV 1, quando aplicado aos valores reais (tabela II.6.11), a um nível de significância de 0,05, revelou que:

1. os resultados analíticos de AA não apresentam erros amostrais ou analíticos importantes desde quando as variabilidades entre as amostras originais e respectivas replicatas não são significativas em relação à variabilidade entre todas as amostras regionais.

A variabilidade oscila entre décimos de porcentagem a 6,5%, o que confere alta confiabilidade a esses resultados para a interpretação geoquímica, principalmente o Cu e Fe seguidos de Pb, Ni, Mn, Zn e Co;

2. dos resultados analíticos por EE, apenas o Mg apresentou variabilidade amostral + analítica significativa em relação à variabilidade regional. Os demais – Fe, Ca, Nb, Y, Mn, Zr, V, B e La – apresentam uma variabilidade aceitável (abaixo de 45%).

Quando se utilizam os dados logtransformados (tabela II.6.12), conclui-se que todos os elementos analisados por AA continuam a apresentar variâncias não significativas (abaixo de 10%).

Tabela II.6.11 – Variância Total (Natural + Introduzida) Calculada por 40 Pares de Amostras de Sedimento de Corrente (Dados Reais).

Elemento/ Método	Varição Total	Bacias de Drenagem	Amostragem + Análises
Fe EE	8.1330	7.6205 93.70%	0.5125 6.30%
Mg EE	0.0015	0.0002 15.25%	0.0013 84.75%
Ca EE	0.0088	0.0074 83.69%	0.0014 16.31%
Mn EE	353731.7000	263845.5882 74.59%	89886.1111 25.41%
B EE	428.9522	284.8550 66.41%	144.0972 33.59%
Ba EE	–	–	–
La EE	1328.0230	741.9118 55.87%	586.1112 44.13%
Nb EE	49.5404	40.1654 81.08%	9.3750 18.92%
V EE	325.7353	226.4297 69.51%	99.3056 30.49%
Y EE	1232.4140	937.2753 76.05%	295.1387 23.95%
Zr EE	3000	212671.5686 72.60%	80277.7314 27.40%
Cu AA	1209.1420	1197.1893 99.01%	11.9527 0.99%
Pb AA	91.9964	89.7345 97.54%	2.2619 2.46%
Zn AA	199.5488	187.6679 94.05%	11.8809 5.95%
Ni AA	84.5559	82.3178 97.35%	2.2381 2.65%
Co AA	68.5964	64.1679 93.54%	4.4285 6.46%
Cr AA	1442.3800	1429.7369 99.12%	12.6431 0.88%
Fe AA	*	* 99.01%	0.99%
Mn AA	*	* 96.04%	3.96%
* Valores acima da faixa de tolerância aceita pelo programa			
AA – Absorção Atômica			
EE – Espectrografia de Emissão Ótica			

Tabela II.6.12 – Variância Total (Natural + Introduzida) Calculada por 40 Pares de Amostras de Sedimento de Corrente (Dados Logtransformados).

Elemento/ Método	Varição Total	Bacias de Drenagem	Amostragem + Análises
Fe EE	0.1895	0.1811 95.55%	0.0084 4.45%
Mg EE	0.1880	0.1155 61.41%	0.0725 38.59%
Ca EE	0.2497	0.1751 70.13%	0.0746 29.87%
Mn EE	0.1892	0.1744 92.19%	0.0148 7.81%
B EE	0.2120	0.1676 79.09%	0.0444 20.91%
Ba EE	0.5447	0.2548 46.78%	0.2899 53.22%
La EE	0.1971	0.1515 76.86%	0.0456 23.14%
Nb EE	0.0847	0.0703 83.03%	0.0144 16.97%
V EE	0.0924	0.0651 70.37%	0.0273 29.63%
Y EE	0.2984	0.2659 89.11%	0.0325 10.89%
Zr EE	0.1569	0.1381 88.00%	0.0188 12.00%
Cu AA	0.5265	0.5191 98.59%	0.0074 1.41%
Pb AA	0.1305	0.1208 92.58%	0.0097 7.42%
Zn AA	0.1607	0.1505 93.68%	0.0102 6.32%
Ni AA	0.2514	0.2392 95.15%	0.0122 4.85%
Co AA	0.2818	0.2707 96.05%	0.0111 3.95%
Cr AA	0.3455	0.3272 94.72%	0.0183 5.28%
Fe AA	0.3109	0.2805 90.23%	0.0304 9.77%
Mn AA	0.2954	0.2885 97.65%	0.0069 2.35%
AA – Absorção Atômica			
EE – Espectrografia de Emissão Ótica			

Métodos analíticos	ELEMENTOS	EE								AA							
		Ca	Ti	Ba	La	Nb	Sc	V	Y	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Fe	Mn
AA	Mn	(*)	.	(*)	(*)	(*)	.	0	.	(*)	0	●	(*)	0	(*)	●	1
	Fe	(*)	.	0	(*)	(*)	.	.	.	0	.	.	.	●	0	1	
	Cr	●	(*)	0	.	(*)	.	.	(*)	●	(*)	(*)	●	●	1		
	Co	(*)	(*)	0	(*)	(*)	.	.	(*)	0	(*)	(*)	0	1			
	Ni	0	(*)	0	(*)	(*)	(*)	.	(*)	0	(*)	(*)	1				
	Zn	(*)	●	(*)	(*)	(*)	.	.	0	(*)	●	1					
	Pb	(*)	●	(*)	.	.	(*)	.	●	(*)	1						
	Cu	0	(*)	0	0	.	0	.	(*)	1							
	Y	(*)	.	(*)	.	(*)	(*)	(*)	1								
	V	.	.	0	.	(*)	(*)	1									
EE	Sc	.	(*)	.	.	.	1										
	Nb	.	0	(*)	.	1											
	La	0	.	.	1												
	Ba	0	(*)	1													
	Ti	(*)	1														
Ca	1																

• < 0.3
 0 0.3 - 0.5
 ● > 0.5
 (*) Negativo
 Pop I - ROCHAS GRANÍTICAS ANOROGÊNICAS
 EE - Espectrografia ótica semi-quantitativa
 AA - Absorção atômica - Ataque: Água régia 4:1

Métodos analíticos	ELEMENTOS	EE												AA							
		Mg	Ca	Ti	Ag	B	Ba	La	Nb	Sc	V	Y	Zr	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Fe	Mn
AA	Mn	0	.	.	.	(*)	.	.	(*)	0	0	.	(*)	●	●	●	●	●	●	●	1
	Fe	.	(*)	.	.	(*)	.	0	(*)	0	0	.	(*)	●	0	●	●	●	●	●	1
	Cr	●	0	0	0	.	(*)	.	.	0	●	.	(*)	●	●	●	●	●	●	1	
	Co	●	0	0	(*)	.	(*)	0	.	0	●	0	(*)	●	●	●	●	1			
	Ni	●	0	0	(*)	.	(*)	0	.	0	●	0	(*)	●	●	●	1				
	Zn	0	.	0	.	(*)	.	0	.	●	●	0	(*)	●	●	1					
	Pb	0	●	0	.	.	0	0	.	●	●	.	(*)	●	1						
	Cu	●	.	0	(*)	.	(*)	.	.	0	●	0	(*)	1							
	Zr	(*)	.	.	(*)	.	0	(*)	.	.	(*)	(*)	1								
	Y	.	.	●	(*)	.	.	●	●	0	0	1									
EE	V	0	0	0	.	.	(*)	0	.	●	1										
	Sc	0	0	●	.	.	0	0	.	1											
	Nb	.	.	●	(*)	.	.	0	1												
	La	.	0	0	.	(*)	.	1													
	Ba	.	0	.	.	(*)	1														
	B	0	●	0	(*)	1															
	Ag	(*)	.	.	1																
	Ti	0	0	1																	
	Ca	●	1																		
	Mg	1																			

• < 0.3
 0 0.3 - 0.5
 ● > 0.5
 (*) Negativo
 Pop II - GRUPOS BRÃO PARA E RIO NOVO
 EE - Espectrografia ótica semiquantitativa
 AA - Absorção atômica - Ataque: Água régia 4:1

Métodos analíticos	ELEMENTOS	EE											AA							
		Mg	Ca	Ti	B	Ba	Co	La	Nb	V	Y	Zr	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Fe	Mn
AA	Mn	.	(*)	●	(*)	(*)	.	.	.	(*)	●	●	0	●	●	.	0	0	●	1
	Fe	.	.	0	(*)	(*)	0	.	0	.	●	●	●	●	●	.	0	0	1	
	Cr	.	.	●	(*)	(*)	.	(*)	0	(*)	0	●	●	0	0	●	0	1		
	Co	.	.	0	.	(*)	0	.	.	0	0	●	0	0	.	1				
	Ni	.	.	.	(*)	(*)	.	(*)	.	(*)	.	●	.	0	1					
	Zn	.	.	0	(*)	(*)	0	.	0	.	●	●	0	●	1					
	Pb	.	(*)	0	(*)	(*)	.	(*)	.	(*)	●	●	●	1						
	Cu	●	0	0	(*)	(*)	.	.	.	.	0	.	1							
	Zr	.	(*)	●	.	(*)	.	.	0	.	●	1								
	Y	.	(*)	●	.	(*)	●	0	0	.	1									
EE	V	(*)	(*)	.	●	(*)	●	0	.	1										
	Nb	(*)	(*)	0	.	(*)	0	.	1											
	La	.	(*)	(*)	.	.	0	1												
	Co	(*)	(*)	0	0	(*)	1													
	Ba	.	0	(*)	(*)	1														
B	(*)	(*)	(*)	1																
Ti	.	(*)	1																	
Ca	0	1																		
Mg	1																			

• < 0.3
 0 0.3 - 0.5
 ● > 0.5
 (*) Negativo
 Pop III - TERRENO GRANITO - GREENSTONE PRESERVADO
 EE - Espectrografia ótica semiquantitativa
 AA - Absorção atômica - Ataque: Água régia 4:1

Métodos analíticos	ELEMENTOS	EE												AA							
		Mg	Ca	Ti	Ag	B	Ba	La	Nb	Sc	V	Y	Zr	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Fe	Mn
AA	Mn	.	(*)	.	(*)	.	(*)	.	.	0	0	.	.	0	0	●	●	●	●	1	
	Fe	0	(*)	0	.	(*)	(*)	.	.	0	0	.	.	●	●	●	●	●	●	1	
	Cr	●	.	0	.	.	(*)	.	.	0	.	.	(*)	●	●	●	●	●	1		
	Co	0	.	.	(*)	.	.	.	.	0	.	.	(*)	●	●	●	●	1		
	Ni	●	.	.	(*)	.	(*)	.	.	0	(*)	(*)	●	0	0	1					
	Zn	0	.	.	.	(*)	.	.	.	0	0	.	(*)	●	●	1					
	Pb	.	(*)	0	(*)	(*)	(*)	.	.	0	.	.	.	●	1						
	Cu	0	(*)	0	(*)	.	(*)	.	0	0	0	.	.	1							
	Zr	(*)	(*)	0	(*)	(*)	(*)	.	.	.	.	0	1							
	Y	.	(*)	0	(*)	.	(*)	●	●	.	0	1									
EE	V	.	(*)	0	.	0	(*)	0	.	(*)	1										
	Sc	.	(*)	0	(*)	(*)	(*)	.	0	1											
	Nb	.	(*)	0	(*)	.	(*)	0	1												
	La	.	(*)	.	.	.	.	1												
	Ba	.	.	(*)	.	(*)	1														
	B	.	(*)	.	.	1															
	Ag	.	.	(*)	1																
	Ti	.	(*)	1																	
	Ca	0	1																		
	Mg	1																			

• < 0.3
 0 0.3 - 0.5
 ● > 0.5
 (*) Negativo
 Pop IV - COMPLEXO XINGU E OUTRAS UNIDADES LENTICULARIZADAS
 EE - Espectrografia ótica semiquantitativa
 AA - Absorção atômica - Ataque: Água régia 4:1

Fig. II.6.30, II.6.31, II.6.32 e II.6.33 - Matrizes de correlação.

Observa-se que o erro devido à variabilidade introduzida (amostragem + análise) é tolerável na seguinte seqüência: Cu, Mn, Co, Ni, Cr, Zn, Pb e Fe.

Dos dados obtidos nas análises por EE apenas o Ba apresentou variabilidade elevada (53%) e, por essa razão, não foi considerado durante a fase de interpretação. Os outros elementos apresentam variabilidades toleráveis de até 38%.

6.2.2.2 Correlações

As associações geoquímicas representativas dos conjuntos rochosos das populações-alvo foram definidas através de matrizes de correlação (figuras II.6.30 a II.6.33).

Observa-se que algumas associações são complexas, provavelmente devido à mistura de tipos litológicos numa única população-alvo, como se verifica principalmente nas

populações III e IV, conseqüência da dificuldade em separá-los geograficamente.

A figura II.6.30 corresponde à população-alvo das rochas graníticas anorogênicas onde se incluem os granitos ocorrentes na serra dos Carajás e na serra da Seringa. As associações que se destacam são Fe-Mn-Cu-Ni-Pb-Zn e Pb-Ti-Y. A primeira deve estar relacionada à fixação de elementos-traço aos óxidos e hidróxidos de Fe e Mn; a segunda caracteriza uma possível substituição do K dos feldspatos pelo Pb, ou à presença de minerais acessórios tipo titanita, e ainda a um enriquecimento de Y no magma original, conseqüência de processos de refusão da crosta.

A figura II.6.31 mostra a matriz de correlação das amostras oriundas das rochas metavulcânicas onde a associação Fe-Mn-Ti-Y-Pb-Zn-Zr-V pode refletir os litótipos máficos do grupo Sapucaia ou mesmo fixação de elementos-traço em óxidos/hidróxidos de Fe e Mn.

A figura II.6.32 corresponde à população-alvo de rochas supracrustais metavulcânicas, formações ferríferas e metassedimentos dos grupos Grão-Pará e Rio Novo que ocorrem na parte centro-norte da folha.

Destacam-se como principais associações:

1. Fe-Mn-Cu-Pb-Zn-Ni-Co-Cr, a mais representativa e onde se observa uma alta correlação do Fe com os elementos Cu, Pb, Zn, Ni, Co e Cr quando analisados por AA. Uma provável explicação se relaciona à grande capacidade dos óxidos e hidróxidos de Fe em fixar esses elementos, ou mesmo um reflexo da presença das rochas metavulcânicas;

2. Cr-V-Cu-Ni pode ser correlacionada a corpos básico-ultrabásicos presentes nessas seqüências supracrustais;

3. Y-Ti-La-Nb-Sc; e

4. B-Ca-Mg-Ti-Nb, ambas possivelmente relacionadas à presença de corpos granitóides do complexo Xingu na faixa de contato com a seqüência de rochas supracrustais.

A figura II.6.33 representa a matriz da maior população-alvo. Abrange predominantemente rochas do complexo Xingu, além de outras unidades lenticularizadas como o complexo Pium, a unidade Plaquê e segmentos do grupo Sapucaia.

Pode-se salientar três associações distintas:

1. Fe-Mn-Cu-Pb-Zn-Ni-Co, que deve refletir preferencialmente rochas de composição básica ou mesmo fixação de elementos-traço nos óxidos/hidroxidos de Fe e Mn.

2. Cu-Pb-Zn; e

3. Y-La-Nb refletem corpos lenticularizados de composição granítica a intermediária, gerados durante o retrabalhamento do complexo Xingu.

6.2.2.3 Estimadores geoquímicos

A partir do elenco de elementos analisados durante a fase regional, foram selecionados aqueles 16 que forneceram resultados mais confiáveis para definição dos es-

timadores geoquímicos que orientam a elaboração das cartas geoquímicas.

Alguns elementos, como As e Ag, embora não tenham sido selecionados por apresentarem alta porcentagem de resultados qualificados, mostram valores importantes. Por isso os dados não-qualificados desses elementos são utilizados como destaques geoquímicos (principalmente quando coincidem com valores anômalos para outros elementos na mesma amostra isolada) ou são inseridos nas associações geoquímicas que identificam as zonas anômalas em que se localizam.

A definição das magnitudes das anomalias levou em conta a média (G) e o desvio (DG) geométricos calculados, e obedeceu ao seguinte critério:

Anomalias de terceira ordem = valores abaixo de G.DG.

Anomalias de segunda ordem = valores entre G.DG e G.DG².

Anomalias de primeira ordem = valores acima de G.DG².

A tabela II.6.13 reporta os limites desses três níveis hierárquicos que identificam as magnitudes das anomalias – estimadores geoquímicos – para os elementos selecionados.

Utilizou-se ainda um outro fator para avaliação da importância das anomalias geoquímicas detectadas – a taxa de extratibilidade obtida da relação proporcional entre resultados analíticos das análises sistemáticas (AA/HNO₃ e EE) e das análises dirigidas (AA/EDTA e HCl₆M para cobre, chumbo, zinco, níquel e cobalto e AA/H₃PO₄ para cromo).

Observou-se que o ataque por HCl₆M fornece sistematicamente taxas de extratibilidade mais elevadas do que aquelas obtidas pelo ataque com EDTA. Uma provável explicação está relacionada à maior eficácia daquele ataque na dissolução da fração ferruginosa da amostra de sedimento, onde elementos-traço se acumularam durante os processos de laterização ocorridos na região. As taxas de extratibilidade para cobalto foram as mais elevadas (20 a 50%) em relação ao cobre e zinco (10 a 30%) e ao níquel (10 a 20%), confirmando a conhecida capacidade de fixação de cobalto por parte dos produtos secundários ferruginosos.

A reanálise para cromo por AA/H₃PO₄ das amostras de concentrado de bateia e de sedimento de corrente, coletadas afastadas e próximas às áreas de influência do plutonismo máfico-ultramáfico, mostrou os seguintes resultados:

– concentrado de bateia (16 amostras): 60% das amostras mostraram valores acima de 2.500ppm Cr, dos quais 40% se revelaram acima do limite superior do método (10.000ppm Cr);

– sedimento de corrente (44 amostras): 15% das amostras apresentaram incrementos de 10 a 93x no teor de cromo já anômalo por AA/água-régia.

Presume-se, então, a presença de cromita nessas amostras, o que eleva a potencialidade metalogênica da seqüência.

Tabela II.6.13 – Limites (ppm) dos Intervalos que Definem a Magnitude das Anomalias (Estimadores Geoquímicos).

Elemento	População I			População II			População III			População IV		
	Rochas Graníticas Anorogênicas			Grupos Grão-Pará e Rio Novo			Terreno Granito-Greenstone			Complexo Xingu e Unidades Lenticularizadas		
	3ª (≤) Ordem	2ª Ordem	1ª (≥) Ordem	3ª (≤) Ordem	2ª Ordem	1ª (≥) Ordem	3ª (≤) Ordem	2ª Ordem	1ª (≥) Ordem	3ª (≤) Ordem	2ª Ordem	1ª (≥) Ordem
Cu	4	5 – 10	11	131	132 – 513	514	5		9	9		24
Pb	34	35 – 66	67	17		36	11		21	10		25
Zn	35	36 – 64	65	56		170	14		27	13		27
Ni	2	3	4	30		103	3		5	6		17
Co	2	3	4	33		110	2		4	5		11
Cr	9	10 – 24	25	83		291	8		21	22		75
Fe(%)	1.0	1.1 – 1.6	1.7	8.2	8.3 – 42.7	42.8	6.8	6.9 – 13.5	13.6	8.8	8.9 – 21.9	22.0
Mn	347	348 – 659	660	980		3185	136		304	279		808
B	-	-	-	103		476	10		14	39		130
Ba	501	502 – 1142	1143	209		608	2190		5168	-		-
La	36	37 – 59	60	40		80	55		101	65		144
Nb	21	22 – 31	32	19		23	13		20	16		25
Sc	6	7 – 11	12	16		31	-		-	9		17
V	34	35 – 50	51	59		115	38		78	52		109
Y	140	139 – 349	350	32		66	22		41	24		50
Zr	-		-	1.028		2704	995		2350	1505		3341

6.2.2.4 Discussão das anomalias

A distribuição das anomalias de primeira, segunda e terceira ordens para elementos que se correlacionam positivamente (associações geoquímicas típicas) em amostras de sedimento de corrente, acoplada ao arranjo espacial de amostras de concentrado de minerais pesados que apresentam ouro visível (pintas) e/ou valores não qualificados para estanho, permitiu delimitar quatro zonas anômalas amplas com predominância espacial de uma coerente associação geoquímica: zona I (itrio e zircônio), zona II (ouro, arsênio, cobalto e cobre), zona III (ouro, cobre, níquel, cobalto e cromo) e zona IV (ouro, prata,

níquel, cobalto, chumbo e zinco).

A integração de parâmetros geoquímicos, como magnitude de anomalia, associação/filiação geoquímica, taxa de extratibilidade, com as informações advindas da cartografia geológica e da interpretação dos dados aerogeofísicos, mostra a necessidade de diferenciar o comportamento geoquímico desses elementos ao longo das três zonas anômalas. Foi possível, então, subdividi-las em subzonas e caracterizar o grau de prioridade para trabalhos de semidetalhe/detalhe e a importância metalogenética desses segmentos.

A distribuição das zonas e subzonas delimitadas é apresentada na figura II.6.34.

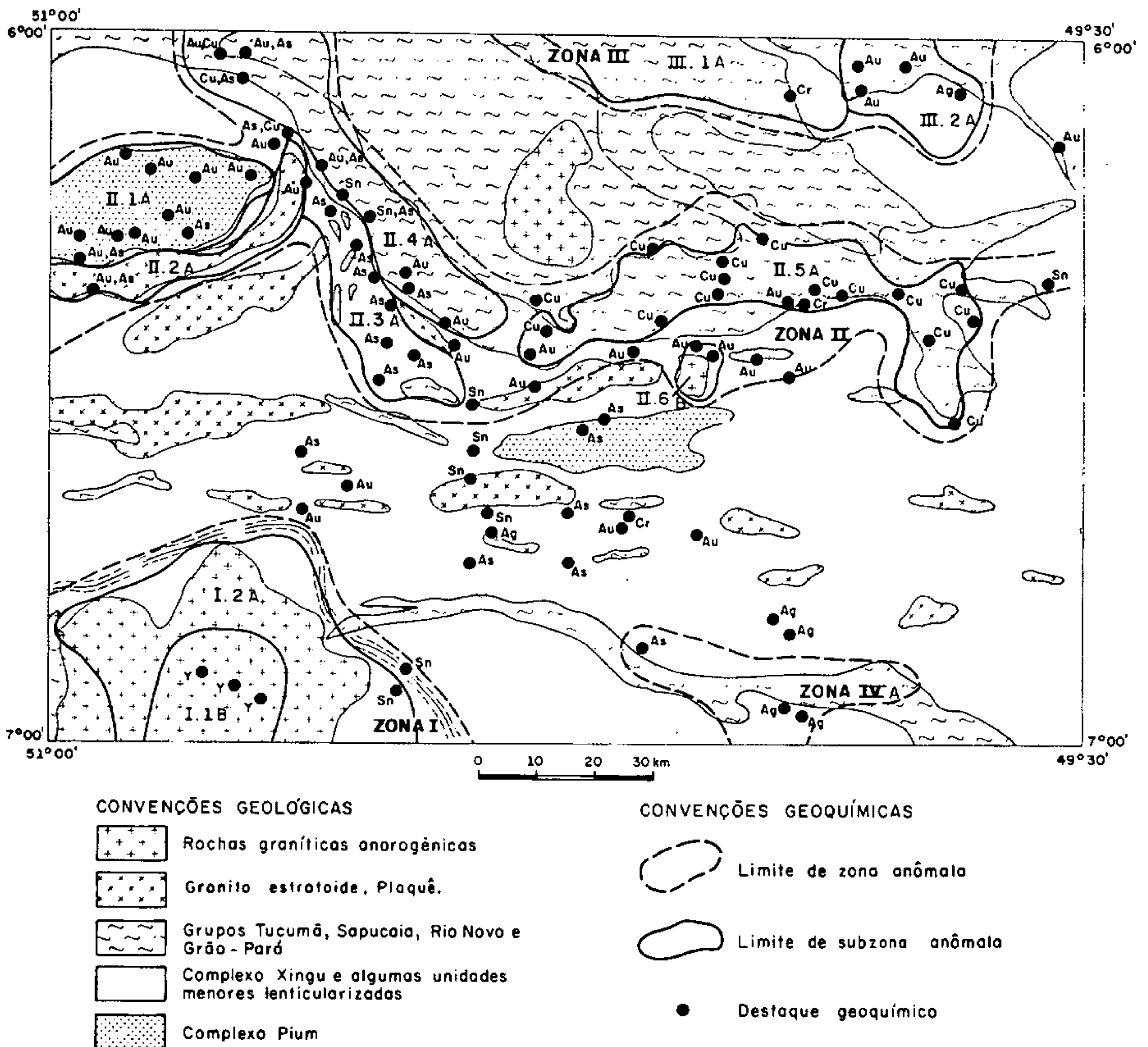


Fig. II.6.34 - Mapa de distribuição de zonas anômalas.

6.2.2.4.1 Zonas anômalas

Zona I

Uma zona muito ampla (2.600km²), formada por valores elevados de ítrio e zircônio. Localiza-se no quadrante SW da folha e reflete nitidamente o granito da serra da Seringa. Diferenciações geoquímicas permitem dividi-la em duas subzonas:

Subzona I.1.B

1. Localização – SW da folha.
2. Forma – semicircular, aberta para sul.
3. Contexto geológico – delimita o núcleo central do granito da serra da Seringa.
4. Contexto geoquímico – uma filiação nitidamente granitóide:

Anomalias de 1ª ordem – Y

Anomalias de 2ª ordem – Y Zr As Pb Zn Co Nb Sr Mn.

Os elevados teores de ítrio das amostras centrais – JA-2025 (750ppm) e JA-2026 e JE-2263 (200ppm) – mostram fortes contrastes (4 a 15x a média geométrica – MG) e são flanqueadas por amostras anômalas de segunda ordem. Esse enriquecimento pode ser devido a um magma rico em ítrio, conseqüente de uma refusão da crosta, que gerou um granito também enriquecido em ítrio (Yang, 1958).

Observam-se ainda elevações sutis (0,7 e 1,5ppm) no teor de arsênio, em comparação aos teores (0,5ppm) normalmente distribuídos nas áreas vizinhas a esse núcleo.

5. Contexto geofísico – domínio M34 com radiação total entre 650 e 1.500 cps, e gradiente magnético fraco.

6. Contexto metalogenético – potencial favorável, considerando-se que a associação geoquímica e especialidade litológica sugerem uma possibilidade para concentração de elementos de terras-raras.

Subzona I.2.A

1. Localização – SW da folha.
2. Forma – uma faixa semicircular em torno da Subzona I.1.B, aberta para sul.
3. Contexto geológico – faixa de contato do granito da serra da Seringa com o terreno granito-greenstone-belt preservado do sul do Pará.
4. Contexto geoquímico – uma associação de filiação pouco definida, conseqüência da mistura de litótipos distintos nas drenagens amostradas:

Anomalia de 1ª ordem – Ni Co Cr

Anomalia de 2ª ordem – Ni Co Cr Cu Y As Nb Zr.

No entanto, observa-se alguma diferenciação geoquímica espacial digna de registro, desde quando se localiza no terreno granito-greenstone-belt preservado:

– a oeste da subzona, uma área restrita, relacionada a uma área de ocorrência de restos de seqüências máfico-ultramáfica, é formada pelas amostras JA-2037, JA-2036, JA-2041, LP-2102, JA-2044 com valores de primeira ordem para Cu, Ni, Co e Cr. Nas amostras do restante da subzona,

os mesmos elementos apresentam valores de segunda e terceira ordens.

– no extremo-leste, as amostras LP-2413 e LP-2415, coletadas em drenagens contíguas e paralelas, mostram valores elevadíssimos para estanho (106 e 104ppm), nitidamente contrastantes em relação às demais amostras, cujos resultados são sempre qualificados (L ou N), ou julgados como de teor normal elevado como as amostras JA-2663 (9ppm Sn) e LP-2442 (13ppm Sn). Os valores elevados estão associados à faixa de contato entre os terrenos preservados (ao sul) e retrabalhados (ao norte) abrangidos pela subzona.

5. Contexto geofísico – gradiente magnético fraco. Na extremidade leste uma anomalia magnética negativa, associada a uma anomalia radiométrica expressiva com forte contraste, típica de granitos amazônicos mineralizados a cassiterita, correlacionável à área das drenagens amostradas que apresentam valores elevados para estanho.

6. Contexto metalogenético – potencial possivelmente elevado, face à presença de anomalias geoquímica e geofísica importantes relacionadas a ambiências geológicas coerentes.

Zona II

Uma longa faixa aurífera de largura variável que se inicia a noroeste em direção ao centro da folha, onde se desvia para leste até quase o seu limite. A noroeste é mais ampla, com cerca de 40km, de largura e mais estreita no restante da faixa. Delimita valores anômalos para arsênio e para cobre e cobalto em trechos distintos. Diferenciações litológicas e geoquímicas ao longo dessa faixa permitem assinalar seis Subzonas razoavelmente distintas:

Subzona II.1.A

1. Localização – extremoNW da folha.
2. Forma – elíptica.
3. Contexto geológico – rochas metamórficas granolíticas do complexo Pium.
4. Contexto geoquímico – uma associação geoquímica complexa e filiação pouco definida:
Anomalias de 1ª ordem – Co Sc
Anomalias de 2ª ordem – Co Sc As Ni Co Nb Zr La
Anomalias de 3ª ordem – Sn
Ouro (pintas).
5. Contexto geofísico – relevo moderadamente magnético, em contraste nítido com a encaixante. As anomalias sugerem a existência de uma fase básica no quimismo do complexo Pium ou de um pequeno corpo básico intrusivo.

6. Contexto metalogenético – potencial elevado, face à ocorrência de ouro visível em todas as amostras de concentrado de minerais pesados.

Subzona II.2.A

1. Localização – NW da folha, a sul e sudeste da subzona II.1.A.

2. Forma – alongada.

3. Contexto geológico – uma das duas faixas da unidade Plaquê que faz contato com o complexo Pium (subzona II.1.A), encaixada estruturalmente na zona de cisalhamento.

4. Contexto geoquímico – uma associação típica de filiação máfico-ultramáfica:

Anomalias de 1ª ordem – Ni Co Cr As

Anomalias de 2ª ordem – Ni Co Cr

Ouro (pintas).

Como a mesma associação geoquímica e a presença de pintas de ouro em concentrados de bateia são observadas nos extremos dessa faixa da unidade Plaquê, a parte central da subzona é inferida, uma vez que ela não foi amostrada.

5. Contexto geofísico – baixo relevo magnético, com anomalias que mostram dipolos com rejeitos, os quais sugerem falhas ou diques básicos com direção quase leste-oeste.

6. Contexto metalogenético – potencial elevado, considerando-se a associação geoquímica máfico-ultramáfica e presença de ouro visível.

Subzona II.3.A

1. Localização – centro-leste da folha.

2. Forma – alongada (16 x 4km, em média) na direção NW-SE.

3 Contexto geológico – abrange inúmeros segmentos de rochas do grupo Sapucaia, orientados preferencialmente NNW-SSE e encaixados no complexo Xingu. Inclui uma intrusão (2km de diâmetro) de granito anorogênico de idade proterozóica. A SE afloram rochas da unidade Plaquê.

4. Contexto geoquímico – o lado leste dessa subzona mostra um panorama geoquímico relevante e promissor. Esse fato permite deslocar os limites da subzona para oeste, até onde permanece o mesmo contexto geológico, muito embora as nove estações planejadas nesse trecho não tenham sido amostradas.

Observa-se um patamar de valores elevados de As (13 amostras com teores entre 0,7 a 24ppm, esse último relacionado à intrusão granítica) que se distribui por todo o leste e sul da subzona, nitidamente relacionado aos afloramentos do grupo Sapucaia. Nesse patamar, uma associação de filiação máfico-ultramáfica abrange o trecho norte e se mistura com uma associação granitóide no trecho meridional onde afloram rochas da unidade Plaquê e do complexo Xingu e aparecem, inclusive, valores médios de Sn. As taxas de extratibilidade calculadas mostram-se baixas para cobre (15%), Zn (10%) e médias para cobalto (25%).

Anomalias de 1ª ordem – As Ni Co Cr La Sn

Anomalias de 2ª ordem – As Ni Co Cr La Sn Y Nb Sc

Ouro (pintas).

5. Contexto geofísico – gradiente moderado a fraco, com inúmeras anomalias restritas, mostrando uma expressão geofísica complexa e de difícil resolução.

Aparentemente assinala a rocha regional com presença de encaves de rochas básicas, direcionadas leste-oeste, concordante com a orientação preferencial do cinturão Itacaiúnas.

6. Contexto metalogenético – potencial elevado, face aos valores anômalos de arsênio e estanho e presença de ouro visível.

Subzona II.4.A

1. Localização – meio-oeste da folha.

2. Forma – alongada (70km x 7,5km, em média) com direção NW-S.

3. Contexto geológico – predomina a formação Parauapebas a NW, a qual se associa à formação Carajás, a SE da subzona.

4. Contexto geoquímico – associação geoquímica clássica importante, onde predominam valores médios e elevados de As (1,1 a 3,9ppm) associados a ouro visível nos concentrados de minerais pesados, em cerca de 90% das amostras analisadas. As taxas de extratibilidade calculadas são baixas para cobre (10 a 16%), médias a elevadas para zinco (13 a 35%) e elevadas para cobalto (27 a 35%). A amostra JA-B-2649 e JA-B-2651 revelaram teores de 200 e 15ppm Au e 10ppm Ag/EE.

Anomalias de 1ª ordem – As Sn Au

Anomalias de 2ª ordem – As Sn Cu Zn Co

Ouro (pintas).

5. Contexto geofísico – anomalias de intensidade magnética forte ao sul da subzona, um reflexo típico das formações ferríferas associadas a rochas máfico-ultramáficas, aflorantes ou não. O gradiente é mais fraco a norte, um comportamento típico de metassedimentos. Uma anomalia magnética negativa, imediatamente a leste do trecho central da subzona, sugere a presença de granito anorogênico não-aflorante. A existência de outras intrusões graníticas dentro dos limites da subzona não é descartada, uma vez que suas expressões geofísicas superficiais estariam sendo camufladas pelas expressivas anomalias provocadas pelas abundantes formações ferríferas da região.

6. Contexto metalogenético – potencial elevado face aos expressivos teores de estanho detectados associados à possível ocorrência de granitos anorogênicos não-aflorantes e à clássica associação geoquímica ouro/arsênio.

Subzona II.5.A

1. Local – meio-leste da folha.

2. Forma – uma faixa alongada (70km x 10 a 25km) com direção quase leste-oeste.

3. Contexto geológico – abrange rochas da formação Parauapebas, que se associam a rochas da formação Carajás no extremo-oeste e na parte central da subzona.

4. Contexto geoquímico – filiação máfica, e/ou possivelmente ultramáfica, associada a valores discretos de As (0,5ppm) e ouro visível em amostras de concentrados de minerais pesados. Uma associação La, Y é observada

em drenagens do centro da subzona e certamente reflete a contribuição do complexo Xingu nos sedimentos dessas drenagens. As taxas de extratibilidade calculadas são baixas para níquel (5 a 19%), baixas a médias para cobre (10 a 26%), baixas a elevadas para zinco (10 a 35%) e médias a elevadas para cobalto (16 a 38%). Na amostra JA-B-2551 foram detectados > 5% de pirita, a qual revelou valores importantes para arsênio, cobre, cromo e cobalto.

Anomalias de 1ª ordem – Ni Co Cr Cu

Anomalias de 2ª ordem – Ni Co Cu Sc La Y

Ouro (pintas).

5. Contexto geofísico – gradiente magnético forte, com inúmeras anomalias com dipolos nítidos relacionados às formações ferríferas e/ou a possíveis corpos máfico-ultramáficos encaixados nos metassedimentos. Ressalta-se a intensa e bem-definida anomalia magnética de expressão nitidamente diferenciada, que pode estar refletindo um corpo intrusivo máfico-ultramáfico não-correlacionável aos demais corpos intrusivos da subzona.

6. Contexto metalogenético – potencial elevado considerando-se a associação anômala, o relevo geofísico, a presença de ouro em concentrados de bateia e a correlação geográfica com rochas da formação Carajás.

Subzona II.6.B

1. Localização – parte central da folha, a sul da subzona II.5.A.

2. Forma – circular e restrita.

3. Contexto geológico – coincidente com os limites de uma intrusão granítica anorogênica de idade proterozóica.

4. Contexto geoquímico – associação granitóide associada a ouro (pintas), teores discretos de As (0,5ppm) e valores muito expressivos (160ppm) e fortemente contrastantes para Sn. As taxas de extratibilidade calculadas são baixas para níquel (13%) e elevadas para cobre (31 e 33%).

Anomalias de 1ª ordem – Sn La Nb

Anomalias de 2ª ordem – Sn La Nb Zr Cu Ni Sc B

5. Contexto geofísico – expressão magnética inexpressiva, prejudicada pela forte intensidade magnética da encaixante. No entanto, uma nítida anomalia radiométrica caracteriza bem o granito anorogênico encravado no cinturão Itacaiúnas.

6. Contexto metalogenético – potencial elevado, considerando-se os resultados de estanho e a idade proterozóica da intrusão granítica.

Zona III

Uma zona ampla (75km x 20km), localizada a NE da folha, alongada na direção leste-oeste, com valores médios a elevados para cobre, níquel, cobalto e cromo.

Abrange litótipos diversos, como o complexo Xingu no centro-oeste da zona, que é ladeado pelo gnaiss Estrela a sul e grupo Rio Novo a norte, bem como a formação Parauapebas associada à formação Carajás na sua extremidade oeste. Essa diversidade geológica e as

diferenciações geoquímicas observadas permitem dividir essa zona em duas subzonas:

Subzona III.1.A

1. Localização – lado ocidental da zona.

2. Forma – aproximadamente semi-elíptica, aberta para norte.

3. Contexto geológico – rochas da formação Parauapebas associadas aos litótipos da formação Carajás e às coberturas ferruginosas e aluminosas.

4. Contexto geoquímico – típica associação máfica e/ou possivelmente ultramáfica:

Anomalias de 1ª ordem – Cu Ni Co Cr Zn

Anomalias de 2ª ordem – Cu Ni Co Cr Zn Mn

Anomalias de 3ª ordem – Cu Ni Co Cr Zn Mn.

5. Contexto geofísico – expressão radiométrica nitidamente indicativa de rochas intermediárias a ácidas na parte norte da subzona. A sul, a textura das anomalias é típica de rochas do embasamento.

6. Contexto metalogenético – altíssima potencialidade, uma vez que seu trecho oeste coincide com as frentes de exploração mineral da DOCEGEO (Projeto Carajás – Alvos N1 a N8).

Subzona III.2.A

1. Localização – trecho leste da zona.

2. Forma – aproximadamente semicircular, aberta para norte.

3. Contexto geológico – abrange rochas do complexo Xingu, gnaiss Estrela e grupo Rio Novo.

4. Contexto geoquímico – típica associação máfica e/ou ultramáfica. As taxas de extratibilidade calculadas para níquel são baixas (15%), baixas a médias (16 a 26%) para cobre e elevadas para zinco (33%) e cobalto (31%). Ouro/EE (50ppm) foi detectado na amostra JA-B-2671.

Anomalias de 1ª ordem – Ag Cu Au

Anomalias de 2ª ordem – Ag Cu Ni Co Cr As Zn Mn V Sc

Ouro (pintas).

5. Contexto geofísico – forte gradiente magnético típico de xistos básicos na parte da subzona, onde anomalias estiradas no sentido NW-SE são truncadas por outros NE-SW, sugerindo um sistema de fraturamento ortogonal preenchido por rochas máfico-ultramáficas.

6. Contexto metalogenético – altíssimo potencial, principalmente se se levar em conta a ocorrência de inúmeros garimpos de ouro cadastrados nessa área.

Zona IV.A

Uma zona restrita ao sul da folha.

1. Contexto geológico – abrange o trecho médio da longa faixa de ocorrência das rochas metavulcânicas do grupo Sapucaia, e se estende para sul até a zona de contato entre os terrenos preservados e retrabalhados *greenstone-belt*.

2. Contexto geoquímico – associação geoquímica coerente e metalogeneticamente importante:

Anomalias de 1ª ordem – Cu As Ag Au Cr

Anomalias de 2ª ordem – Cu As Ag Co Cr Ni.

Ressaltam-se os expressivos teores detectados na amostra JA-S-2901Z: prata (20ppm) e ouro (200ppm)/EE, associados a teor considerado elevado para arsênio (1,3ppm)/AA e de primeira ordem para cobre (30ppm) e cromo (1.500ppm)/AA.

Essa amostra foi reanalisada oito vezes por EE em alíquotas 10mg e cinco vezes para ouro, cobre e cromo/AA em alíquotas de 0,5g. Os teores de prata e ouro não se repetiram, porém o cromo e o cobre mostraram-se consistentemente elevados tanto ou quanto na amostra original, mantendo-se assim a associação geoquímica anômala. Os teores de ouro e prata iniciais permanecem válidos e se acredita tenham se originado de uma micropepita de ouro presente na primeira alíquota analisada, como consequência do “efeito pepita”.

3. Contexto geofísico – anomalias magnéticas fortes, alinhadas conforme a própria faixa de ocorrência do grupo Sapucaia. Associadas a corpos máfico-ultramáficos, e situadas na parte central da zona, mostram deslocamentos no sentido NE-SW, sugerindo falhamentos. Essas anomalias tornam-se mais fracas na direção oeste, talvez devido à maior profundidade dos corpos, ou ainda, à sua restrita expressão superficial.

4. Contexto metalogenético – elevado potencial, considerando-se os altos teores da coerente associação geoquímica predominante.

6.2.2.4.2 Destaques geoquímicos

Inúmeras amostras isoladas e consideradas anômalas foram detectadas, tanto de sedimento de corrente quanto de concentrados de minerais pesados. As mais importantes, pelo promissor conteúdo metalogenético, são listadas na tabela II.6.14 com respectivos elementos, teores anômalos detectados pelos métodos analíticos utilizados e litótipos associados na bacia de captação da amostra-destaque.

Dessa tabela pode-se concluir que 70% dos destaques se referem a teores elevados de Sn, cuja maioria está geograficamente relacionada a lentes de granitóides potássicos da unidade Plaqué que ocorrem no centro e sudeste da folha, ao longo da zona de cisalhamento mapeada.

Para ilustrar o grande número de amostras de sedimento de corrente e/ou de concentrado de bateia com resultados analíticos expressivos e com fortes contrastes geoquímicos, muitas delas foram lançadas no cartograma geoquímico como destaques, ainda que estejam incluídas em zonas anômalas.

Tabela II.6.14 – Destaques Geoquímicos.

Amostra	Elemento (teor, ppm)	Litótipo Associado	
		Na Estação	Na Área de Influência
Folha SB.22-Z-A-I			
JA-S-2.200	Cr (430/8.250)	Complexo Xingu	Supergrupo Uatumã
JA-S-2.203	Cr (116/3.700)	Complexo Xingu	Supergrupo Uatumã
LP-S-2.096	Cr (46/1.675)	Complexo Xingu	Contato | Granito Estratóide Plaquê
JA-B-2.604	Cromita (< 5%)	Complexo Xingu	Contato | Granito Estratóide Plaquê
JA-B-2.624	Cromita (< 5%)	Complexo Plum	
JA-B-2.605	Cromita (< 5%)	Granito Estratóide Plaquê	
LB-B-2.498	Cromita (< 5%)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
JA-B-2.656	Cromita (< 5%)	Complexo Plum	
LP-B-2.648	Cromita (< 5%)	Complexo Xingu	
Folha SB.22-Z-A-II			
LP-B-2.580	Cromita (< 5%)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
Folha SB.22-Z-A-III			
JA-S-2.157	Cu (30) V (20)	Complexo Xingu	
JE-S-2.158	V (30)	Complexo Xingu	
JA-B-2.560	Au (pintas)	Complexo Xingu	
JA-B-2.563	Au (pintas)	Complexo Xingu	
JA-B-2.549	Cromita (< 5%)	Complexo Xingu	
JA-S-2.149	Cr (160/1.650)	Complexo Xingu	Supergrupo Uatumã
JA-S-2.922	Cr (176/240)	Complexo Xingu	Supergrupo Uatumã
JA-S-2.152	Cr (460/625)	Complexo Xingu	Supergrupo Uatumã
Folha SB.22-Z-A-IV			
LP-B-2.444	Sn (13)	Granito Estratóide Plaquê	
JA-B-2.456	Sn (38)	Complexo Xingu	
LP-B-2.518	Sn (44)	Complexo Xingu	
Folha SB.22-Z-A-V			
LP-B-2.497	Cr (-/G 10.000)	Complexo Xingu	
LP-B-2.457	Cr (-/2.550)	Complexo Xingu	
LP-B-2.520	Sn (384)	Complexo Xingu	
LP-B-2.493	Sn (12)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
LP-B-2.492	Sn (1.100)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
LP-B-2.490	Sn (412)	Complexo Xingu	
LP-B-2.469	Sn (650)	Granito Estratóide Plaquê	Complexo Xingu
JA-B-2.535	Sn (328)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
JA-B-2.537	Sn (38)	Complexo Xingu	Fm. Parauapebas
JA-B-2.536	Sn (17)	Complexo Xingu	
JA-B-2.469	Sn (20) Cr (-/3.800)	Granito Estratóide Plaquê	
JA-B-2.466	Sn (11)	Complexo Xingu	
JA-B-2.467	Au (pintas)	Complexo Xingu	
BC-S-5.054	Ag (0,7)	Complexo Xingu	
JA-S-2.007	Ni (100) Cr (16) Cr (580/9.125)	Complexo Xingu	Grupo Sapucaia
JA-S-2.063	As (1,8)	Complexo Xingu	Grupo Sapucaia
JE-S-2.086	Cr (118/1.250)	Complexo Xingu	Grupo Sapucaia
JE-S-2.094	Cr (108/G 10.000)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
Folha SB.22-Z-A-VI			
BC-S-6.058	Ba (5.000)	Complexo Xingu	
BC-S-6.059	Ba (5.000)	Complexo Xingu	
BC-S-6.065	La (200) Cu (15) Zn (22)	Complexo Xingu	
BC-S-6.069	Cu (9) Zn (15)	Complexo Xingu	
BC-S-6.102	B (500)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
BC-S-6.103	B (500)	Complexo Xingu	Fm. Parauapebas
JA-S-2.001	As (1,0) Ag (20)	Complexo Xingu	Grupo Sapucaia
JA-B-2.471	Sn (14)	Complexo Xingu	Granito Estratóide Plaquê
JA-B-2.483	Sn (13)	Complexo Xingu	
JA-B-2.482	Sn (18)	Complexo Xingu	
JA-B-2.481	Sn (13)	Complexo Xingu	
JA-B-2.480	Sn (11)	Complexo Xingu	
JA-B-2.473	Sn (16)	Complexo Xingu	
JA-B-2.475	Sn (15)	Complexo Xingu	
LP-B-2.478	Sn (34)	Complexo Xingu	

Capítulo 7 Metalogenia

por
Ignácio de Medeiros Delgado, Orlando José Barros de Araújo e
José Maria Azevedo Carvalho

7.1 Considerações preliminares

A atual mudança na metodologia de apresentação das cartas metalogenético-previsionais, na escala 1:250.000, em relação às aquelas até então elaboradas pela CPRM, justifica-se não apenas no seu aspecto técnico, no sentido de facilitar o sentimento das “leis” que regem a Metalogenia, como também por implicar significativa racionalização de custos, sem qualquer comprometimento do resultado. Em verdade, tais alterações constituem, apenas, adaptações à metodologia que vem sendo utilizada na elaboração das cartas metalogenético-previsionais, produzidas na escala 1:100.000, ao longo do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.

Aspectos relacionados aos panoramas geológico-geotectônicos, geoquímicos e geofísicos, em conjunto com as informações disponíveis sobre mineralizações conhecidas, são analisados, integrados e hierarquizados para geração de um mapa multidisciplinar único – que define os diferentes tipos de mineralizações e as diferentes áreas provisionalmente mineralizadas – denominado carta metalogenético-previsional. Adicionalmente, um encarte em forma de cartograma (figura II.7.1) é apresentado como sugestão para efeito de planejamento de ações governamentais.

No atual modelo de apresentação da carta metalogenético-previsional, a margem lateral direita é reservada à base tectonogeológica, que sintetiza as convenções de uma “base geológica especializada”, a qual contém: divisão estratigráfica, divisão tectonogeológica, associações de litótipos e elementos estruturais, além de convenções geográficas da base planimétrica e indicações das principais fontes de informação.

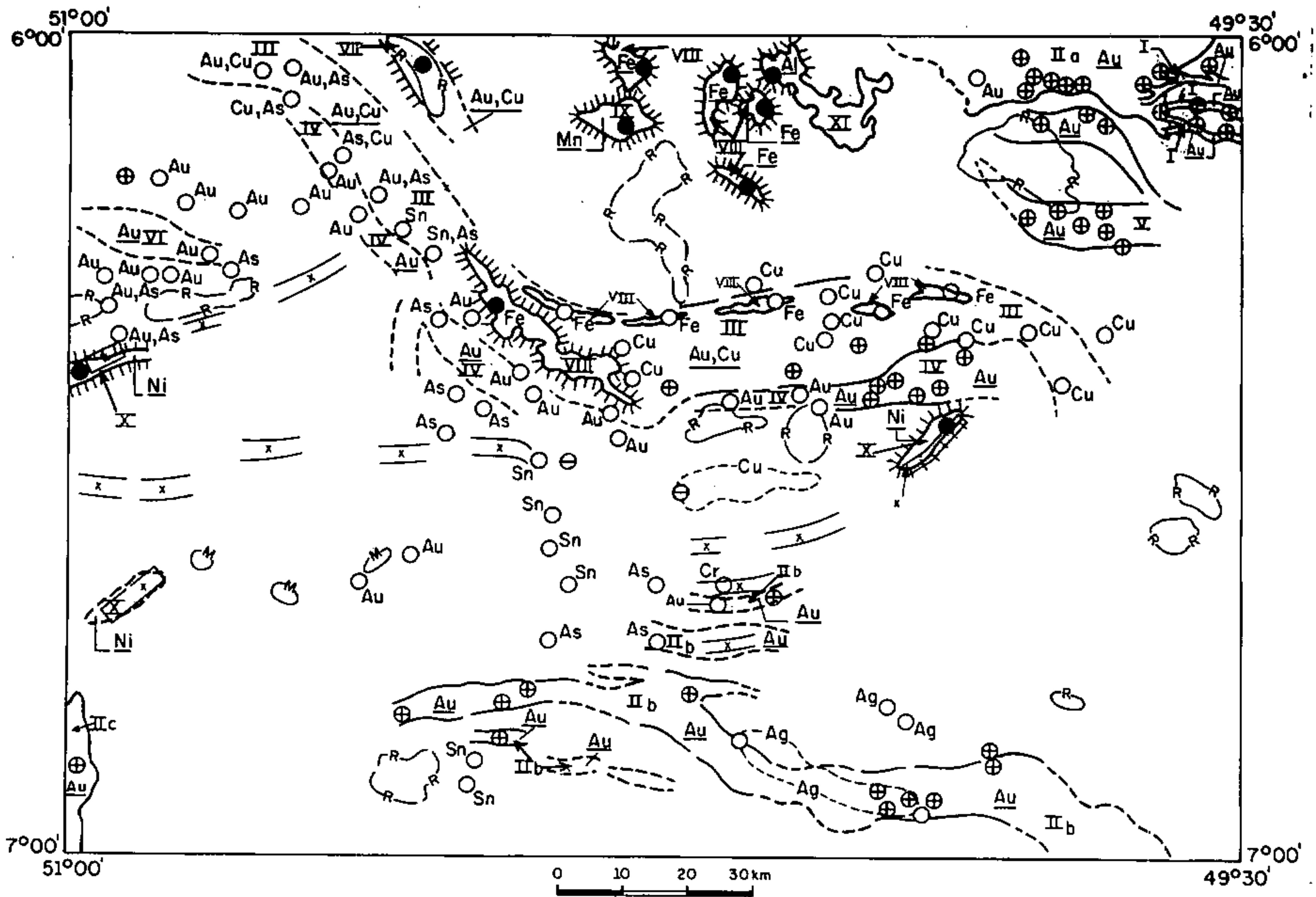
A margem lateral esquerda é reservada às convenções metalogenéticas que compreendem os dados metalogenéticos, econômicos e previsionais, além da listagem dos recursos minerais cadastrados.

No rodapé, é complementada a listagem dos recursos minerais e, alternativamente, apresentadas seções geológicas ilustrativas.

7.2 Base geológica especializada

A carta metalogenético-previsional foi elaborada sobre uma base geológica especializada que retrata de forma simples todo o conhecimento geológico sobre a área. Tal especialização, no caso da folha Serra dos Carajás, contempla a caracterização geotectônica, cronológica e litológica das unidades litostratigráficas de maior categoria, como complexos e grupos, assim como de associações magmáticas. São também realçados os litótipos especiais que, em parte, constituem metalotectos prováveis, possíveis e potenciais. Nesse enfoque, a referida base geológica identifica os conjuntos rochosos com uma simbologia, onde: a primeira letra é minúscula e expressa um significado geotectônico, a letra seguinte é maiúscula e posiciona a unidade cronologicamente, enquanto que a última letra define o caráter litológico predominante do conjunto. Dessa forma, o complexo Xingu é identificado por *aAcgm*, onde *a* significa área de crosta antiga retrabalhada tectonicamente, “A”, Arqueano Indiviso, *cgm*, constituída de complexo gnáissico-migmatítico. Já os grupos Sapucaia, Rio Novo e Tucumã, da carta geológica, são identificados por uma única simbologia: *gbASmm* – que significa seqüência metavulcanossedimentar do tipo *greestone-belt*, de idade arqueana superior, com predominância de metamafitos e metaultramafitos. Como tentativa de complementar a informação geotectônica referente à geração dos granitóides, incorpora-se o prefixo *c* ou *d*, para identificar o plutonismo de regime compressivo, ou de regime distensivo. Assim, os granitóides ortognáissicos arqueanos da unidade Plaquê são simbolizados com a sigla *cASogn*, enquanto os granitos da suíte granítica anorogênica do Proterozóico Médio são reconhecidos com o símbolo *dPMgr*.

Complementando o quadro informativo da “base geológica especializada” e objetivando realçar o seu conteúdo litoestrutural, nela são mantidos todos os elementos estruturais importantes, principalmente aqueles mais diretamente ligados ao panorama metalogenético, como os feixes de zonas de cisalhamento e os grandes sistemas de falhas e/ou fraturas.



CONVENÇÕES

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | Área mineralizada/previsional provável, contendo mina, jazida ou depósito do mineral indicado | | Corpo magnético tabular, não-modelado. |
| | Área mineralizada/previsional possível, contendo garimpo, ocorrência e destaque geoquímico | | Anomalia radiométrica. |
| | Área mineralizada/previsional potencial, contendo destaque geoquímico e/ou ambiente geológico-geotectônico favorável. | | Anomalia magnética, não-modelada. |
| | | | Zona geoquímica anômala. |
| | | | Mina, jazida ou depósito. |
| | | | Garimpo de Au. |
| | | | Ocorrência mineral. |
| | | | Destaque geoquímico indicado. |
| | | | Identificação da área mineralizada/previsional |

Fig. II.7.1 - Panorama metalogenético-previsional.

7.3 Integração metalogenética

7.3.1 Os recursos minerais

Um total de cento e dez mineralizações cadastradas, de variados bens minerais, pode dar em primeira aproximação uma idéia da expressiva potencialidade metalogenética da folha Serra dos Carajás.

Chama a atenção o fato de que à exceção do cinturão Araguaia, restritamente exposto no extremo-sudeste da folha, todos os demais compartimentos geotectônicos de idade arqueana, tanto a nível de províncias (terreno granito-*greenstone* do sul do Pará e cinturão Itacaiúnas), como de domínios (imbricado e transcorrente) exibem, via de regra, a presença marcante de concentrações metalíferas.

Dentro dessas entidades, no entanto, algumas unidades despertam mais atenção pela maior concentração de registros de mineralizações.

Assim, relacionadas ao terreno granito-*greenstone* do sul do Pará e em especial ao grupo Tucumã (extremo-sudoeste da folha), foram cadastradas, principalmente fora dos limites da folha, várias frentes de garimpagem aluvionar de ouro.

Já relacionadas ao regime compressivo oblíquo do cinturão Itacaiúnas, destaca-se no domínio imbricado ocorrente na porção centro-sul da área trabalhada a marcante afinidade de mineralização aurífera com litótipos do grupo Sapucaia. Nesse domínio estrutural ressalta-se, a sudeste da serra dos Carajás, em área mapeada como complexo Xingu, significativa concentração de frentes de garimpagem de ouro. Ainda no domínio imbricado do cinturão Itacaiúnas, há registros de garimpos de ouro na bacia do rio Cateté, especialmente ligados à área de ocorrência de granolitos do complexo Pium. Finalmente, a sul da serra dos Carajás foi cadastrada uma ocorrência de cobre ligado a granolitos básicos desse complexo, e um garimpo abandonado de cassiterita, provavelmente associado a granitóides da unidade Plaquê.

No domínio estrutural dos sistemas transcorrentes do cinturão Itacaiúnas, na parte centro-norte da folha, estão as mais importantes concentrações minerais conhecidas na região. Relacionados ao sistema serra dos Carajás encontram-se os depósitos de ferro, manganês e alumínio, ligados ao grupo Grão-Pará, além do depósito de ouro do Bahia até agora não-divulgado, em área cartografada como da formação Águas Claras (possivelmente associado a lentes das formações Carajás e Parauapebas), bem como vários garimpos e indícios de mineralização de ouro, no domínio da formação Parauapebas. Ainda nesse domínio estrutural, relacionados ao gnaiss Estrela, cerca de uma dezena de garimpos de ouro em ambiente aluvionar foram também cadastrados.

Ligados ao sistema Cinzento, no extremo-nordeste da folha, mais de duas dezenas de garimpos de ouro foram

registrados, a maioria operando em ambiente aluvionar que drena os litótipos do grupo Rio Novo.

Finalmente, outro agrupamento de garimpos de ouro comparece no contexto de transição entre os dois sistemas (serra dos Carajás e Cinzento), a norte da área de exposição do gnaiss Estrela, em faixa cartografada como complexo Xingu, mas onde coexistem, também, componentes rochosos lenticularizados pertencentes aos dois sistemas estruturais referidos.

Convém ressaltar que todo o relacionamento espacial das ocorrências com essas unidades arqueanas está ligado ao forte controle estrutural, haja vista a presença constante de zonas de cisalhamento ou de concentração de deformação associadas, invariavelmente, a todas as ocorrências, principalmente às auríferas de ambiente primário.

Num relacionamento cronológico ainda não muito bem- definido e tentativamente extrapolado ao Proterozóico Inferior, ocorrências de níquel parecem ligadas às seqüências máfico-ultramáficas tipo Vermelho.

Ao grande regime distensivo do Proterozóico Médio do cráton Amazônico, associam-se os corpos intrusivos da suíte granítica anorogênica, cuja potencialidade mineral no âmbito da folha Serra dos Carajás diz respeito apenas às lavras de brita nos corpos graníticos da serra dos Carajás, onde há, também, ocorrência localizada de molibdenita.

7.3.2 A geoquímica

A integração dos dados geoquímicos à carta metalogenético-previsional reforça decisivamente o entendimento sobre o arranjo litoestrutural proposto para a área, e, em conseqüência, corrobora a interpretação multidisciplinar que se refere à metalogenia. Esses dados, expressos por associações geoquímicas, zonas anômalas e/ou estações anômalas, mostram claramente diferentes compartimentações geoquímicas que resultam na afinidade aos diferentes contextos geológicos.

Assim, pode-se facilmente visualizar as seguintes associações geoquímicas associadas aos respectivos ambientes geológicos:

- Ouro e prata, nas porções máfico-ultramáficas das seqüências tipo *greenstone-belt* dos grupos Sapucaia e Rio Novo, ocorrentes nas partes meridional e norte da folha, respectivamente.
- Ouro e arsênio associados a corpos lenticularizados do grupo Sapucaia, juntamente com granitóides da unidade Plaquê, tanto na porção centro-sul da folha como na vertente ocidental da serra Sul. Tal associação coexiste, também, ligada a rochas granolíticas do complexo Pium, no quadrante noroeste da folha.
- Ouro e cobre relacionados a rochas do grupo Grão-Pará, no contexto centro-leste da serra Sul.
- Ouro, cobre e cobalto, também em associação ao grupo Grão-Pará, na parte mais oriental da referida serra.

– Ouro, cobre e arsênio derivados de metavulcânicas da formação Parauapebas, por todo o segmento noroeste da serra Sul, onde também foram registradas anomalias para estanho.

Entre as zonas anômalas aparentemente mais consistentes, foram realçadas: para prata, sobre rochas básico-ultrabásicas da extensa faixa da seqüência Sapucaia e, para cobre, relacionada a granolitos básicos do complexo Pium, na parte central da folha.

7.3.3 A geofísica

Os mapas aeromagnéticos, além de exibirem diversas feições que se salientam pela maior ou menor susceptibilidade magnética dos corpos rochosos, refletem, também, feições que se relacionam à geometria e/ou à estruturação de certos segmentos crustais.

Assim, no domínio tectônico do domínio imbricado do cinturão Itacaiúnas, caracteriza-se, desde a sinuosidade do *trend* dos conjuntos de eixos de anomalias magnéticas, até sugestivas evidências de corpos magnéticos tabulares (não-modelados), que se relacionam às áreas de ocorrência de segmentos lenticularizados do grupo Sapucaia, nas porções centro-sul e centro-oeste da folha. Todo esse arranjo reflete, estruturalmente, a orientação geral do referido cinturão de cisalhamento, segundo E-W. Em postura discordante ao padrão geral desse domínio imbricado, ressaltam-se algumas anomalias orientadas na direção NE-SW, resultantes de corpos máfico-ultramáficos, como aqueles onde se localizam os depósitos de níquel laterítico do Vermelho e do Puma ou serra Arqueada (porções centro-leste e centro-oeste da folha, respectivamente), e poucos outros corpos similares. Completando as feições magnéticas mais conspícuas desse domínio tectônico, algumas anomalias circulares ou elípticas são registradas no quadrante sudoeste da folha em questão.

No domínio dos sistemas transcorrentes, além das fortes e amplas anomalias derivadas das formações ferríferas do grupo Grão-Pará, identificam-se moderados relevos magnéticos ligados à formação Parauapebas, bem como discretas zonas anômalas dentro do contexto geológico mapeado como formação Águas Claras. Destaca-se sobre essa última unidade a área que contém mineralizações sulfetadas e a jazida de ouro do Bahia, dentro do denominado sistema serra dos Carajás. Relevos magnéticos moderadamente elevados são, ainda, registrados na área de ocorrência do grupo Rio Novo, contido no compartimento estrutural denominado sistema Cinzento.

Dos mapas aerogamaespectrométricos de contagem total, além da informação que confirma o padrão lenticularizado do domínio imbricado, receberam destaque na carta metalogenético-previsional os níveis de radiação emitidas por alguns corpos da suíte granítica anorogênica (superiores a 1.500cps), assim como os altíssimos níveis

registrados na porção central da área de ocorrência do gnaiss Estrela (superiores a 3.000cps).

7.4 Panorama metalogenético-previsional

A integração à base geológica especializada das informações geofísicas, dos dados geoquímicos e dos dados das mineralizações conhecidas evidenciou um panorama metalogenético, cuja leitura permitiu o reconhecimento de metalotectos, representados em áreas provisionalmente favoráveis para diferentes tipos de concentrações metalíferas (figura II.7.1).

Essas áreas foram individualizadas pelo bem mineral que as contêm (ou que possam conter) e, em função do *status* atual da mineralização a ela referida (mina, jazida, depósito, garimpo ou ocorrência mineral), ou de indícios/anomalias geoquímico-geofísicas evidenciadas. Foram classificadas segundo sua maior ou menor favorabilidade para prospecção de concentrações metalíferas, conforme critério provisionado estabelecido:

Provável: área de rocha hospedeira e/ou estrutura favorável, com mina, garimpo, jazida e/ou depósito mineral, além de ocorrências, indícios e/ou anomalias geoquímico-geofísicas.

Possível: área de rocha hospedeira e/ou estrutura favorável, com garimpo, além de depósito e ocorrências minerais, indícios e/ou anomalias geoquímico-geofísicas.

Potencial: área de rocha hospedeira e/ou estrutura favorável, com raridade de indícios direto ou indireto de mineralizações.

Foram evidenciados doze tipos metalogenéticos de áreas mineralizadas (ou favoráveis à mineralização), sendo sete para ouro (podendo associar-se com prata, arsênio, cobre, cobalto), uma para ferro, uma para manganês, uma para níquel e uma para alumínio.

7.4.1 Ouro (prata, arsênio, cobre, cobalto)

Área I – Situa-se no extremo-nordeste da folha, compreendendo a bacia do igarapé Grota Verde. É suportada por um grupamento de garimpos em concentrações aluvionares (excepcionalmente em colúvio-aluvionar), alguns claramente derivados do domínio de exposição do grupo Rio Novo.

Área II (IIa, IIb, IIc) – Localiza-se nas porções nordeste, centro-sul e extremidade sudoeste da folha, respectivamente. Nessas subáreas, além de anomalias geoquímicas, situam-se garimpos de ouro em aluviões e, menos frequentemente, em mineralizações primárias, por vezes percebendo-se a morfologia filoniana e a orientação geral da mineralização. Essas mineralizações e indícios relacionam-se às seqüências metavulcanossedimentares, tanto àquelas ligadas ao cinturão Itacaiúnas, a exemplo do grupo Rio Novo, contido no sistema Cinzento, e grupo Sapucaia, fazendo parte do domínio im-

bricado, como ao grupo Tucumã, pertencente ao terreno *granito-greenstone* preservado tectonicamente. Os indícios sugerem, adicionalmente, potencialidades para mineralizações primárias filonianas de ouro \pm prata, associadas às zonas de cisalhamento.

Área III – Corresponde a, praticamente, toda a borda sul da serra dos Carajás, contendo garimpos de ouro em aluviões nas bacias do rio Verde e igarapé Sossego e na fazenda São Luiz. Adicionalmente, há ocorrência de mineralização de ouro associada a cobre em veios de quartzo, bem como indício de mineralização de cromo. Ademais, a área engloba inúmeras estações geoquímicas anômalas para ouro em concentrados de bateia e cobre, cobalto e arsênio em sedimentos de corrente. Todos os indícios diretos e indiretos de mineralização estão relacionados, em geral, à seqüência de metavulcânicas básicas com intercalações de metavulcânicas ácidas (formação Parauapebas) e mais localizadamente, às formações ferríferas (formação Carajás) e às zonas de cisalhamento associadas a esse segmento do grupo Grão-Pará. Os indícios diretos e indiretos sugerem, adicionalmente, potencialidades e possibilidades para os seguintes tipos de mineralização primária:

a) mineralização de ouro associada às formações ferríferas;

b) mineralização de ouro \pm arsênio \pm cobre em veios de quartzo associados a zonas de cisalhamento;

c) mineralizações sulfetadas de cobre \pm cobalto, associadas a vulcanismo máfico (basáltico).

Área IV – Situada a sul de toda a borda meridional da serra Sul, contém garimpos de ouro em alúvios, colúvios e elúvios, nas bacias do rio Verde e igarapé Arara, além de estações anômalas de ouro em concentrado de bateia e arsênio em sedimento de corrente, distribuídos ao longo de toda a área, num contexto geológico onde se associam gnaisses (complexo Xingu) e ortognaisses graníticos (unidade Plaqué), afetados por zonas de cisalhamento que limitam a seqüência metavulcanossedimentar (grupo Grão-Pará – domínio transcorrente) da área de crosta antiga (complexo Xingu – domínio imbricado). Os indícios sugerem potencialidade e possibilidade para mineralizações filonianas de ouro \pm arsênio em veios de quartzo associados às zonas de cisalhamento.

Área V – Dispondo-se na porção nordeste da folha, essa área tem uma configuração bifurcada, grosseiramente envolvendo a área de ocorrência do gnaiss Estrela. Possui garimpos de ouro em aluviões das bacias do rio Novo e igarapés Taboca, Caju e Surubim, aluviões estes que drenam os ortognaisses milonitizados da unidade Estrela. Esses garimpos dispõem-se preferencialmente na periferia do corpo e mostram-se intimamente relacionados aos *trends* das zonas de cisalhamento que o afetam, indicando possibilidades para mineralizações primárias em veios de quartzo e/ou zonas hidrotermalmente alteradas ao longo das zonas de concentração de deformação.

Área VI – Localizada na porção noroeste da folha, tem íntima relação espacial com a unidade complexo Pium e possui um garimpo de ouro em aluvião do igarapé Tucum (bacia do rio Cateté). Possui, também, várias estações com registros de ouro em concentrado de bateia, que parecem relacionar-se à porção de um complexo granolítico com forte assinatura magnética. Os indícios de mineralização relacionam-se a um feixe de zonas de cisalhamento disposto em *trend* E-W, com potencialidade para mineralizações primárias filonianas de ouro.

Área VII – Situada na porção noroeste da serra dos Carajás, essa área baseia-se em informações não-oficiais acerca de existência de um depósito de ouro laterítico, da DOCEGEO, na área do igarapé Bahia, às proximidades de mineralizações sulfetadas de cobre. Essas mineralizações parecem associar-se com porções lenticularizadas com participação de rochas metavulcânicas (formação Parauapebas) e formações ferríferas bandadas (formação Carajás), em contexto de metassedimentos (formação Águas Claras). Tais porções mostram-se assinaladas por anomalias aeromagnetométricas, e devem refletir a geometria desenvolvida em função da atuação de zonas de cisalhamento.

7.4.2 Ferro

Área VIII – Compreende a mina de ferro N4, além de diversas jazidas (N1, N2, N3, N5, N8) e várias ocorrências situadas na serra Norte, bem como a jazida S11 e inúmeras ocorrências de ferro distribuídas ao longo da serra Sul.

Toda essa ampla dispersão de volumosas concentrações de minério de ferro provém de formações ferríferas bandadas, que compõem a formação Carajás, do grupo Grão-Pará.

Na mina, o minério é classificado como do tipo hematita friável, predominante dentro das formações ferríferas, e do tipo hematita compacta, que ocorre em corpos maciços, discordantes dentro da massa geral de hematita friável. Ambos os tipos apresentam variedades nos aspectos estrutural e textural.

A geometria dos corpos de minério resulta de um complexo controle estrutural que, provavelmente, influencia até mesmo no tipo de minério quanto ao seu aspecto qualitativo. Isso relaciona-se intimamente às bandas, zonas ou faixas que se submeteram a maior ou menor taxa de deformação, quando da atuação dos processos de cisalhamento, o qual se projeta em todas as escalas.

Em análise microscópica à luz refletida, de seção polida do minério de ferro maciço do Carajás, observou-se o processo de transformação da magnetita para hematita (martitização), através de uma textura de substituição orientada segundo os planos de “fraturas” e de clivagens, assim como a partir das bordas dos cristais de magnetita.

Enquanto a importância dos processos metamórficos e tectonostruturais no aspecto genético do minério de ferro de Carajás carece de maiores estudos, é generalizada a

aceitação do importante papel dos processos supergênicos no enriquecimento do minério, o que teria ocorrido a partir do Cretáceo.

7.4.3 Manganês

Área IX – Comporta a mina de manganês do Azul, a qual se relaciona à seqüência pelítica da formação Águas Claras, do grupo Grão-Pará.

Segundo Costa (1989, adaptado de Valarelli et al., 1978), a seqüência pelítica que contém os protominérios de manganês apresenta, da base para o topo, a seguinte composição mineralógica, em ordem de abundância:

- jaspelito ferrífero: quartzo, hematita, caolinita, clorita, ilita e rodocrosita;
- zona de transição: quartzo, caolinita, clorita, rodocrosita, ilita e pirita;
- calcário manganífero: rodocrosita, quartzo, pirita, caolinita e ilita;
- pelitos silte-argilosos redutores: quartzo, caolinita, pirita, ilita, clorita e rodocrosita;
- marga manganífera: rodocrosita, quartzo, caolinita, ilita, clorita;
- siltitos argilosos: quartzo, caolinita, ilita, rodocrosita.

O minério é do tipo laterítico e os minerais-minérios compõem-se de óxi-hidróxidos de manganês, principalmente criptomelana, pirolusita, litioforita, todorokita, nsutita e birnessita. A ganga compõe-se predominantemente de goetita, caolinita, gibsitita e matéria orgânica.

Conforme Costa (op. cit.; adaptado de Bernardelli, 1988), o perfil laterítico mineralizado do Azul exibe sobre silito com hidróxido de manganês a seqüência: minério granuloso (saprolítico) e minério pelítico (laterítico). Na parte superior do perfil, a seqüência do tipo minério apresenta: laterito manganífero em plaquetas e blocos, laterito manganífero brechóide e laterito manganífero pisolítico com matriz argilosa. Esse minério da porção superior, que se concentra em depósito superficial, provavelmente corresponde à acumulação de materiais provenientes do desmantelamento do próprio perfil laterítico, mesmo que este seja caracterizado como um perfil imaturo.

Segundo a classificação de Silva (1988), o minério apresenta os seguintes teores em Mn: pelito manganífero – 20 a 30%; minério granuloso (eletrolítico) – 43%; blocos manganíferos – 48 a 58%; plaquetas manganíferas – 40 a 50%; brecha manganífera – com teor variável (até 50%); e pisólitos manganíferos (que não é minério) – 14 a 18% (após lavagem).

Esse autor informa que a área mineralizada apresenta-se, em superfície, alongada para WNW, com 4.300m de extensão e 50 a 300m de largura. Sugere, ainda, que a formação Carajás e as rochas vulcânicas máficas, com 0,38% Mn e 0,56% Mn, respectivamente, tenham sido a

fonte do manganês do Azul.

Potencialidade para concentrações manganíferas podem ser investigadas a partir da identificação de outros sítios de ocorrência da litofácies metalotecto da formação Águas Claras, principalmente nas porções mais próximas às áreas de exposição da seqüência metavulcânica da formação Parauapebas.

7.4.4 Níquel

Área X – Corresponde à jazida de níquel do Vermelho e ao depósito de níquel do Puma (serra Arqueada), derivados de rochas serpentinizadas, pertencentes a complexos básico-ultrabásicos de posição cronostratigráfica ainda duvidosa, porém com aparente controle estrutural. Os corpos com assinatura geofísica e *trend* estrutural similar (NE-SW), que ocorrem na folha trabalhada, sugerem possibilidades para mineralizações de natureza semelhante.

O minério desses jazimentos é do tipo laterítico, sob a forma silicatada e oxidada. O níquel (com Co ou Cu) concentra-se, preferencialmente, no horizonte argiloso do perfil laterítico, principalmente na base (zona pálida), associado às serpentinas na parte mais basal e às esmectitas, imediatamente acima. Secundariamente, concentra-se na parte superior desse mesmo horizonte (zona mosqueada), na estrutura da goetita, também com Co e Cu. No horizonte ferruginoso (topo do perfil), Ni (Co) e Cu ainda se fixam na goetita e hematita, porém em menores proporções.

Tal fato é observado na jazida do Vermelho, quando Bernardelli & Alves (1988) apresentam a distribuição mineralógica e os respectivos teores de níquel no perfil laterítico, desenvolvido sobre serpentinito com 0,2 a 0,4% Ni: serpentinito saprolitizado (com serpentina e magnetita) e saprolito grosso (esmectita, clorita e magnetita), com teores médios de 2,0% Ni, e saprolito ferruginoso (goetita, hematita e caolinita), com teor médio de 1,2% Ni. Essa seqüência do perfil, que corresponde ao horizonte argiloso, é recoberta por "laterito" (horizonte ferruginoso) com teores de 0,5 a 1,0% Ni.

Nota-se, portanto, a ausência do horizonte laterítico aluminoso, normalmente ausente nos lateritos de rochas ultrabásicas, assim como identifica-se o perfil laterítico do Vermelho como do tipo imaturo.

7.4.5 Alumínio

Área XI – Depósito de bauxita do platô N5, desenvolvido sobre rochas metavulcânicas básicas da formação Parauapebas. Trata-se de um extenso platô laterítico

(cerca de 24km de extensão), cujo depósito ocupa apenas pequena porção de sua extremidade norte.

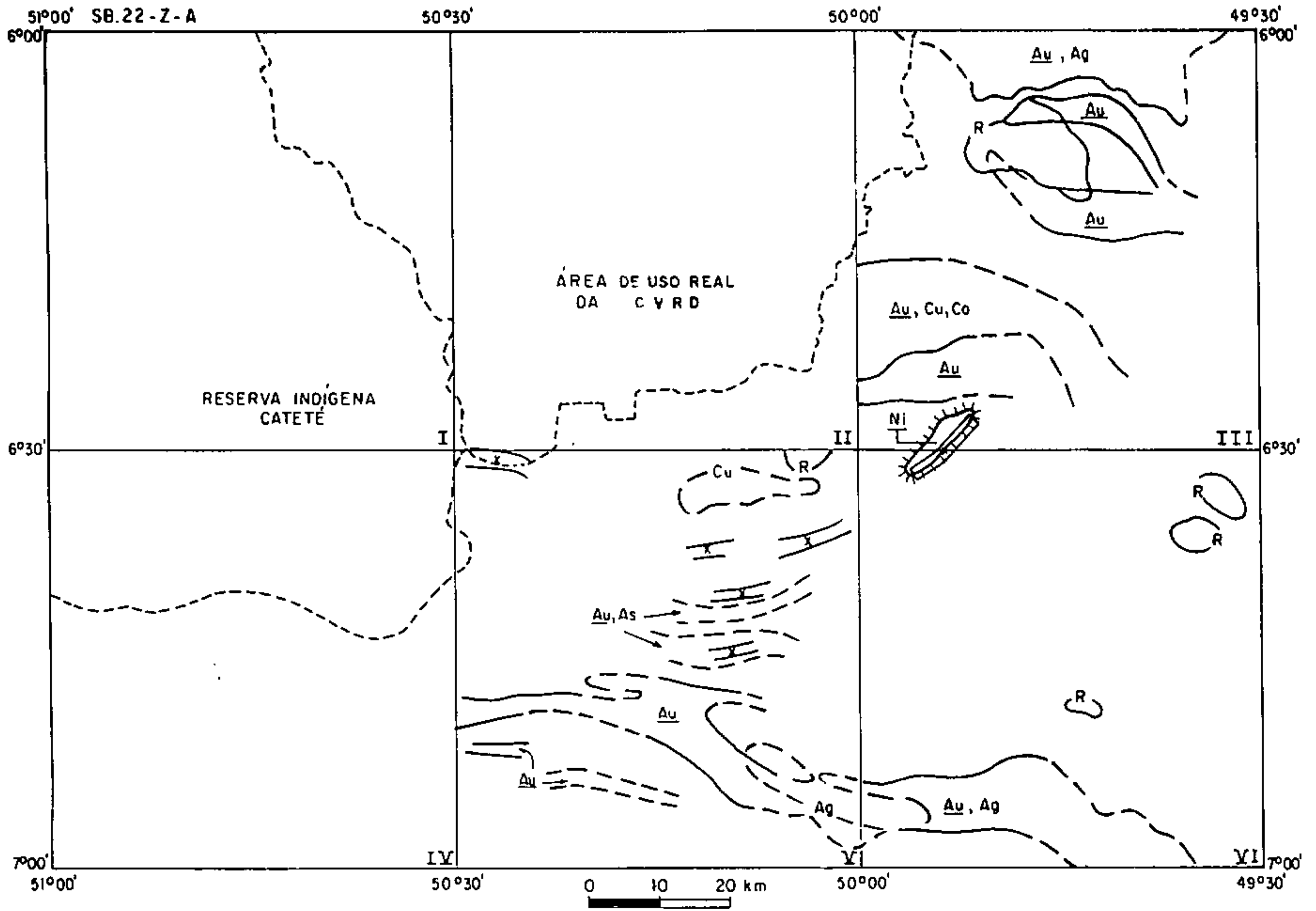
Segundo Alves (1988), o perfil esquemático do depósito, da base para o topo, é em síntese: material argiloso (alteração de rocha máfica), laterito ferruginoso e camada bauxítica. A bauxita é terrosa, friável, ferruginosa, amarelo-castanha, com os seguintes teores médios: Al_2O_3 - 34,9%, SiO_2 - 1,7%, Fe_2O_3 - 25% e TiO_2 - 3,9%.

O depósito não possui cobertura estéril e o minério dispensa qualquer tipo de beneficiamento mecânico. Porém, o teor de carbono orgânico (1,5% média no perfil) tem inibido a produção de alumina.

7.5 Planejamento de ações governamentais

Com base no panorama metalogenético-previsional da folha serra dos Carajás são indicadas, através de justificativas geológicas e metalogenéticas, áreas prioritárias para execução do mapeamento geológico e prospecção geoquímica na escala 1:100.000, no bojo de Ações Governamentais (figura II.7.2).

Esse programa de semidetalle visa fundamentalmente a um avanço na cartografia das unidades, uma localização mais precisa de possíveis armadilhas estruturais, assim como um estudo geoquímico mais detalhado dos metalotectos.



ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA
 NA ESCALA 1:100.000
 JUSTIFICATIVAS
 FOLHA SB.22-Z-A-III

GEOLÓGICA – Presença de seqüência metavulcanossedimentar, tipo **greenstone-belt** (grupo Rio Novo). Sistemas de cisalhamento direcionais, envolvendo complexo Xingu, gnaiss Estrela e as supracrustais dos grupos Rio Novo e Grão-Pará. Ocorrem também granitos anorogênicos.

METALOGENÉTICO-PREVISIONAL – Presença de garimpos de ouro, ocorrência de cobre e estações anômalas principalmente para Ag. Contém áreas provisionalmente possíveis e potenciais para mineralizações de ouro.

FOLHA SB.22-Z-A-V e VI

GEOLÓGICA – Presença significativa de seqüência metavulcanossedimentar, tipo **greenstone-belt** (grupo Sapucaia). Misturação tectônica entre granolitos Pium/granitóides Xingu/supracrustais Sapucaia/granito estratóide Plaqué. Ocorrem ainda corpos máfico-ultramáficos e granitos anorogênicos. Feixes de zonas de cisalhamento em domínios imbricado e direcional localizado, propiciando zonas de dilatação associadas.

METALOGENÉTICO-PREVISIONAL – Presença de garimpos de ouro, ocorrência de cobre e zonas e/ou estações anômalas principalmente para Ag, As e Cu; além de anomalias aeromagnéticas sugestivas de investigações. Contém áreas provisionalmente possíveis e potenciais para mineralizações de ouro.

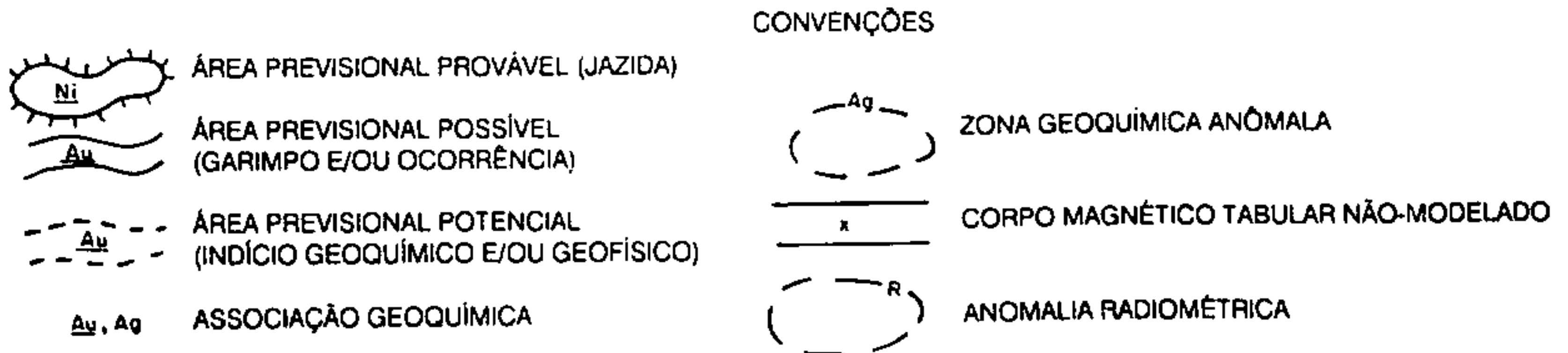


Fig. II.7.2 – Cartograma orientativo para planejamento de ações governamentais.

Capítulo 8

Geologia Econômica

por
Raimundo Geraldo Nobre Maia

8.1 Introdução

A grande importância econômica da província mineral de Carajás levou o Governo Federal a criar o Programa Grande Carajás, visando ao direcionamento de investimentos públicos e ao ordenamento da ocupação da região de influência daquela província. Assim sendo, foi aprovado o Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás, objetivando o fornecimento de informações básicas que permitam a exploração racional dos recursos naturais e a ocupação ordenada de uma vasta região, principalmente ao longo da ferrovia.

A área da folha Serra dos Carajás, por conter dentro de seus limites as minas de ferro e de manganês e grande parte da província mineral de Carajás, teve a sua ocupação e desenvolvimento socioeconômico fundamentalmente ligados às atividades minerárias. Antes da descoberta dos depósitos de ferro, em 1967, era praticamente desabitada. As atividades de pesquisas, e principalmente da implantação das minas de ferro e manganês, viabilizaram a execução de todas as obras de infra-estrutura básica para a região da serra dos Carajás, como a construção de estradas de rodagem asfaltadas, e de ferro, de redes de transmissão de energia elétrica, do aeroporto e dos núcleos populacionais, além de propiciar a criação de novos municípios, desmembrados de Marabá.

Atualmente, as minerações de ferro e manganês e a garimpagem de ouro constituem as mais importantes atividades econômicas da região, cujo valor bruto atinge o montante de US\$695,000,000.00. Destes, o ferro é o bem mineral mais importante e destina-se principalmente à exportação, o mesmo acontecendo com o manganês.

Níquel laterítico, sulfetos de cobre e bauxita representam outros bens com importantes jazidas dentro da folha Serra dos Carajás. Além desses, foi cadastrada uma pedreira que explora granito para produção de brita, para abastecimento do mercado local.

8.2 Ferro

As ocorrências de ferro foram descobertas em 1967, sendo que as pesquisas foram iniciadas em 1969 e concluídas em 1972. As reservas de minério de ferro estão localizadas na porção norte da folha, na serra dos Carajás, e são estimadas em 18 bilhões de toneladas distribuídas em três grandes regiões, a saber: serra Norte (jazidas N1 a N9), serra Sul (jazidas S1 a S45) e serra Leste (jazidas SL1 a SL3).

Baseado em informações divulgadas em publicações técnicas da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD – Revista), o jazimento escolhido para o início da lavra, por motivos técnicos e econômicos e, também, devido à melhor facilidade de acesso e localização do terminal ferroviário, foi o corpo de minério denominado N4E, localizado na região de serra Norte. Com acesso pela rodovia PA-275, esse corpo de minério teve uma pesquisa complementar no período de 1972 a 1979 e uma outra etapa, de 1987 a 1988. A produção iniciou-se em 1985 com a conclusão da primeira etapa do projeto, para uma capacidade de 15 milhões de toneladas/ano. Em julho de 1986 foi concluída a segunda etapa, que atingiu 25 milhões de toneladas/ano.

O corpo de minério N4E encontra-se estratigraficamente na formação Carajás, do grupo Grão-Pará. A espessura é da ordem de 200m, com uma extensão de aproximadamente 4,2km e uma largura média de 300m. A reserva medida lavrável é de 1,2 bilhões de toneladas, com teor de 66% Fe.

A lavra é feita a céu aberto em bancadas de 15m de altura; para sua preparação, foram removidas cerca de 12 milhões de toneladas de canga, que possui um alto teor de fósforo impedindo seu aproveitamento.

O minério encontrado no corpo N4E é do tipo hematítico. O *sinter-feed* é o principal produto, correspondendo a 90% da produção, enquanto o minério granulado corresponde a 10%.

A produção do *sinter-feed* é destinada quase que exclusivamente ao mercado externo, enquanto o granulado é principalmente absorvido no mercado interno por usinas produtoras de ferro-gusa.

O beneficiamento do minério, em decorrência do seu alto teor *in natura*, não requer nenhum tratamento específico, além de uma simples redução à granulometria especificada em sucessivas operações de britagem, peneiramento, moagem e classificação.

A usina-piloto é computadorizada, controlando os processos e parâmetros operacionais, a fim de viabilizar alterações rápidas e precisas no beneficiamento do minério. A produção da usina é oscilatória, dependendo das condições do mercado mundial. A vida útil da jazida N4E é estimada em 35 anos.

O escoamento da produção é feito através da estrada de ferro Carajás, com uma extensão de 890km, ligando a serra dos Carajás ao terminal marítimo de Ponta da Madeira, em São Luís do Maranhão. O percurso ida e volta, computando o tempo de carga e descarga, é realizado em torno de 52 horas, transportando cerca de 15.680t em 160 vagões.

Foi investido em pesquisa, infra-estrutura, núcleos habitacionais e implantação da usina um total aproximado de cerca de 3,9 bilhões de dólares.

A mão-de-obra utilizada nesse empreendimento gira em torno de 6.000 pessoas, com cerca de 80% recrutadas na região do Programa Grande Carajás, através de convênios desenvolvidos com os SENAI's regionais e universidades federais do Pará e do Maranhão. Os convênios visam à formação de pessoal especializado, com estágios na operação do sistema Sul da CVRD, cujo objetivo é o de formar uma nova geração de alta capacitação no norte do país. O restante da mão-de-obra é proveniente de contratos com empresas empreiteiras nacionais e estrangeiras, que recrutaram os seus empregados especializados e de chefias em suas regiões de origem.

Segundo o Relatório Anual de Lavra da CVRD, no ano de 1988 foram produzidas cerca de 26 milhões de toneladas de minério granulado. Do total produzido aproximadamente 90% foram para o mercado externo e 10% para o interno. A receita do mercado interno somou a importância de Cr\$1.075.184,00 para o minério *sinter-feed*, com um preço médio de Cr\$2,18 por tonelada, e de Cr\$449.311,00 para o tipo granulado, com um preço médio por tonelada de Cr\$1,70.

As exportações totalizaram US\$375,076,000.00 de minério *sinter-feed* e US\$30,128,000.00 de granulado, com preços médios por tonelada de US\$14,89 e US\$17,64, respectivamente, incluindo o transporte.

No mercado externo, os países que compraram foram: Japão, Alemanha Ocidental, Estados Unidos, Coréia do Sul, Itália, Polônia, França, Filipinas, Inglaterra, Espanha, Tchecoslováquia, Luxemburgo, Iugoslávia, Áustria, China Nacionalista, Turquia e Argentina. No Brasil, a produção foi negociada com as seguintes indústrias: COSIPA (SP), PINDARÉ (MA), COSIPAR (SA), USIBA (BA), SIMARA (MA), SIDERÚRGICA VIENA (MA) e FER-GUSA (MA).

O IUM escolhido em 1988 totalizou um montante aproximado de Cr\$2.689.000,00.

A previsão para o ano de 1989 é produzir 33 milhões de toneladas, sendo 30 milhões de minério *sinter-feed* e o restante de granulado.

8.3 Manganês

Esse bem mineral foi descoberto pela CVRD em 1971, durante os trabalhos de pesquisa complementares para a implantação do programa para minério de ferro.

As áreas foram requeridas em nome da Amazônia Mineração - AMZA, e localizam-se na porção norte da folha, na serra dos Carajás, na bacia hidrográfica do igarapé Azul, tributário pela margem direita do rio Itacaiúnas.

Segundo publicações técnicas da CVRD, os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos em duas fases no período de 1971 a 1975, com custos de US\$750,000.00. Esses trabalhos resultaram numa reserva de 65 milhões de toneladas, sendo 53,5 milhões de toneladas de minério metalúrgico (detrítico e pelítico) e 11,5 milhões de toneladas de minério para fins eletrolíticos.

Essa mina, com lavra a céu aberto, em bancas de 4m, tem acesso rodoviário pela PA-275 e possui características especiais, devido à extrema economicidade de exploração e escoamento, pois utiliza integralmente a infra-estrutura do Projeto Ferro. A reserva total é de 65 milhões de toneladas, com teor de 35%.

O minério de manganês encontrado nos tipos metalúrgico, eletrolítico e químico faz parte da formação Águas Claras, do grupo Grão-Pará. A atividade de produção foi iniciada em dezembro de 1985.

O minério metalúrgico é a todorokita, produzido sob a forma de granulado, bitolado e *sinter-feed*, com teor médio de 45%, sendo comercializado em iguais proporções para uso nas fábricas de ferro-ligas à base de manganês e com aplicação final na fabricação do aço.

O minério eletrolítico denominado mesunita é o mais rico e nobre da jazida, com teores de MnO₂ superiores a 75%; ele é praticamente comercializado no mercado interno na produção de pilhas eletrolíticas. Atualmente, a indústria de pilhas absorve 46% do minério de manganês no mundo.

O minério químico com teor de 51% é aplicado basicamente na indústria de insumos para soldagem, defensivos agrícolas, hidrometalurgia do zinco e urânio, cerâmica e fertilizantes.

A capacidade nominal da planta industrial é de 1 milhão de toneladas de minério por ano.

O processo de beneficiamento abrange basicamente cinco operações, a saber: cominuição, *scrubagem*, peneiramento a úmido, classificação gravimétrica e desaguamento. A usina é operada por 24 homens trabalhando em regime de três turnos em 24 horas/dia.

O escoamento da produção se dá através da estrada de ferro Carajás, no percurso serra dos Carajás/terminal marítimo da Ponta da Madeira.

Conforme o Relatório Anual de Lavra da CVRD, a lavra de minério bruto no ano de 1988 foi de aproximadamente 900.000t, sendo 73.000t de minério eletrolítico e 827.000t de metalúrgico. Desse total, de acordo com a necessidade do mercado, foram beneficiadas cerca de 50.000t de eletrolítico e 615.000t de metalúrgico, totalizando 665.000t de minério beneficiado.

A venda no mercado interno totalizou a importância de Cr\$418.292,00 para o minério eletrolítico, com um preço médio de Cr\$53,10 por tonelada, e de Cr\$1.452.153,00 para o minério tipo metalúrgico, com um preço médio por tonelada de Cr\$15,14.

No mercado externo, as vendas somaram US\$2,105,213.00 de minério eletrolítico e US\$9,985,305.00 de metalúrgico, com preços médios por tonelada de US\$168,84 e US\$37,36, respectivamente, incluindo o transporte.

No mercado interno, os principais compradores de minério metalúrgico foram: Eletrosiderurgia Brasileira – SIBRA, Sociedade Minerária de Mineração, Companhia Cimento Portland Maringá, Produtos Metalúrgicos S.A. – PROMETAL, Companhia Paulista de Ferro e Ligas e Companhia Siderúrgica Paulista. Do minério eletrolítico, foi a Everedy do Brasil Indústria e Comércio Ltda.

A exportação totalizou cerca de 270.000t, divididas entre os seguintes países: Japão, Estados Unidos, França, Alemanha Ocidental, Argentina, Colômbia e Inglaterra.

O IUM recolhido no ano de 1988 totalizou aproximadamente Cr\$210.000,00.

A previsão de produção para 1989 é de aproximadamente 690.000t, sendo 64.000t de minério eletrolítico.

8.4 Ouro

Durante os trabalhos na folha Serra dos Carajás cadastraram-se cerca de quatro dezenas de garimpos de ouro primário e secundário, alguns deles já abandonados ou em declínio de produção. Além dos garimpos, a DOCEGEO e a MULTIPLIC possuem áreas de pesquisa para esse bem, sendo que a primeira já concluiu os trabalhos e entregou relatório ao DNPM.

a) Igarapé Bahia

A DOCEGEO iniciou o projeto direcionado para metais básicos, porém, a partir de 1986, realizou-se uma reavaliação das anomalias geoquímicas e geofísicas, quando a empresa concluiu que o projeto deveria ser redirecionado para a pesquisa de ouro.

A área situa-se na bacia do igarapé Bahia, tributário pela margem direita do rio Itacaiúnas, localizada na porção NW da serra dos Carajás.

Com base em consulta ao DNPM/Belém, essa pesquisa revelou uma expectativa de reserva em torno de 16.000.000t de minério, onde deverão estar contidas 84,4t de ouro.

A DOCEGEO apresentou o relatório final de pesquisa ao DNPM, o qual se encontra em fase de aprovação, quando da elaboração deste texto explicativo. Contudo, a empresa já acelerava os trabalhos, com o objetivo de detalhar o jazimento para início da lavra. Esse detalhamento deveria crescer de modo considerável as reservas de minério, devido à grande potencialidade da área.

De um modo acelerado, encontrava-se também em fase de implantação as atividades de lavra e beneficiamento, com início previsto para dezembro/89, quando seria concluída a montagem de uma planta-piloto com capacidade para tratamento de 120t de minério/dia, gerando 15kg de ouro/mês.

A previsão de capacidade de tratamento da usina de beneficiamento é de 3.000t de minério/dia, com geração de 500kg de ouro/mês, devendo entrar em produção a partir de 1992.

O beneficiamento do minério deverá ser através de tratamento químico pelo método de lixiviação. Para isso, a empresa aproveitará o *know-how* adquirido na mina da fazenda Brasileiro, na Bahia, já em produção.

O investimento total do empreendimento gira em torno de 112 milhões de dólares, incluindo a construção de um acesso terrestre ligando o manganês do Azul até o Bahia e uma linha de transmissão de 63km.

b) Fazenda Lagoa da Mata (Diadema)

Desde o ano de 1984 a MULTIPLIC Mineração S.A. (ref. 97) vem pesquisando em áreas da fazenda Lagoa da Mata, na PA-279, distando cerca de 35km de Xinguara, nos igarapés Cocal e Muriçoca, afluentes pela margem esquerda do rio Parauapebas, na porção sul da folha Serra dos Carajás.

Segundo informações obtidas no DNPM/Belém, os trabalhos de pesquisa constaram de mapeamento regional, na escala 1:45.000, geoquímica de sedimento de corrente e concentrado de bateia, pedogeoquímica, abertura de trincheiras, sondagem exploratória e geofísica (gamaespectrometria, polarização induzida e magnetometria), sendo gastos no ano de 1988 cerca de US\$1,8 milhões.

Até 1988, não tinham sido realizados trabalhos de cubagem; o projeto encontra-se em fase de análise dos dados obtidos na pesquisa, para determinação de alvos mais promissores, a fim de ser feita uma avaliação da viabilidade econômica.

A mineralização é primária e secundária, sendo que a primeira está relacionada aos xistos do grupo Sapucaia

c) Atividade garimpeira

Esse segmento da mineração, em função de condicionamentos mais ou menos favoráveis, caracteriza-se tanto pelo rápido estabelecimento de núcleos populacionais, evoluindo às vezes para vilas (Sossego, serra

Dourada, Sequeiro do Félix, serra Verde) e até cidades (Curionópolis), como por aglomerações efêmeras tipo Comanxim, Laranjeira e Água Azul que passam em seguida ao abandono, como no VP-12, grotas do Curió e outros.

Tentando apresentá-los em uma ordem aproximada de importância (população x produção), são eles descritos a seguir:

– Garimpos da região de Curionópolis (refs. 64 e 76): constituídos por um total de 12 frentes, sendo 11 de ouro aluvionar e uma de primário, localizam-se no extremo-NE da folha. Calcula-se uma população garimpeira superior a 6.000 pessoas, com uma produção mensal estimada de 90kg e teor médio de $0,29\text{g/m}^3$.

– Garimpo da serra Verde e arredores (ref. 2): localiza-se na PA-275, aproximadamente 12,5km de Curionópolis em direção à Parauapebas, no setor NE da folha. A mineralização é primária, tem exploração subterrânea, enquanto a secundária é lavrada com auxílio de “chupadeiras”. A população que trabalha nessas frentes é avaliada em 3.000 pessoas; a produção mensal é estimada em 45kg a partir de um teor médio de $0,26\text{g/m}^3$.

– Garimpo Canadá (ref. 98): localizado na porção central da folha, na bacia do rio Parauapebas, a 67km de Xinguara, sendo 18km pela PA-279 e 49km por estrada vicinal. O garimpo é a céu aberto, com mineralização primária e desmonte hidráulico. A produção mensal alcança 4,5kg, com teor médio de $0,512\text{g/m}^3$ e uma população de aproximadamente 1.500 pessoas, restando cerca de 40% de áreas virgens.

– Garimpo do igarapé Sossego (ref. 58): exploração subterrânea de ouro primário, localizado no igarapé Sossego, afluente pela margem esquerda do rio Parauapebas, a sul da serra dos Carajás, com uma população aproximada de 800 pessoas. A produção mensal estimada é de 4,8kg, com um teor médio de $0,36\text{g/m}^3$.

– Garimpo do Abelha (ref. 91): localizado no extremo-SW da folha, a 32km de Ourilândia, sendo 14km para leste na PA-279 e 18km para sul, através de estrada vicinal. Com uma população aproximada de 600 pessoas, apresenta 60% de áreas virgens e 40% de áreas garimpadas, chegando a alcançar até 8,5km de produção mensal de ouro aluvionar e coluvionar, com um teor médio de $0,23\text{g/m}^3$.

– Garimpo do igarapé Rio Novo (refs. 12 a 14, 62, 63 e 77 a 81): localizado na porção NE da folha, na bacia do igarapé Rio Novo, tributário pela margem direita do rio Parauapebas, com exploração de ouro aluvionar através de “chupadeiras”, em nove frentes de trabalho. A população garimpeira atinge 500 pessoas, o teor médio é de $0,21\text{g/m}^3$ e a produção mensal estimada é de cerca de 4,7g.

– Garimpo Sequeiro do Félix (ref. 86): com exploração de ouro primário e secundário, a céu aberto, no interflúvio dos rios Verde e Parauapebas. A população aproximada é de 300 pessoas, com uma produção mensal estimada de 5,3kg e teor médio de $0,26\text{g/m}^3$.

– Garimpo da antiga fazenda Musa (refs. 4 a 6): constituído por três frentes, sendo todas com exploração

aluvionar através de “chupadeiras”. Localiza-se na porção SE da folha, nas cabeceiras do igarapé Sapucaia, tributário pela margem esquerda do rio Araguaia. A produção mensal estimada é de 4,2kg, com teor médio de $0,19\text{g/m}^3$ e uma população aproximada de 250 pessoas.

– Garimpo do igarapé Água Fria (refs. 7, 16 e 17): com quatro frentes em exploração de ouro aluvionar, localiza-se nas cabeceiras e curso médio da bacia do igarapé, no setor SE da folha. A população fica em torno de 150 pessoas, com uma produção mensal estimada em 3,5kg e teor médio de $0,18\text{g/m}^3$.

– Garimpo do igarapé Itaboca (refs. 104 a 107): constituído por quatro frentes de trabalho em aluvião, distribuídas na bacia do igarapé, tributário pela margem esquerda do rio Verde. A população gira em torno de 150 pessoas, com uma produção estimada de 2,5kg e teor médio de $0,23\text{g/m}^3$.

– Garimpo da serra Dourada (refs. 83, 87 e 88): localizado na porção centro-leste da folha, no interflúvio dos rios Parauapebas e Verde, com exploração a céu aberto de ouro primário e secundário em três frentes de trabalho, contando com uma população de aproximadamente 100 pessoas. A produção mensal estimada é de 2,4kg e o teor médio é de cerca de $0,21\text{g/m}^3$.

– Garimpo Comanxim (refs. 93 e 94): localizado a 13km da localidade de Água Azul pela PA-279, em direção a Xinguara, em seguida por mais 6km para sul, por estrada vicinal. O garimpo é a céu aberto, lavrando-se ouro primário e secundário, com uma produção mensal de 1,60kg em duas frentes de trabalho. O teor médio é de $0,045\text{g/m}^3$ e a população é estimada em cerca de 150 pessoas.

– Garimpo do Racha Placa (ref. 59): mineralização secundária, aluvionar, localizado no alto curso do igarapé Sossego. Registrou-se uma população de 80 pessoas, com uma produção mensal estimada em 1,5kg e teor médio de $0,18\text{g/m}^3$.

– Garimpo da bacia do rio Verde (refs. 82 e 108): no alto curso do rio, afluente pela margem direita do Parauapebas, com exploração de ouro coluvionar e aluvionar. A produção mensal estimada é de 1,7kg, o teor médio chega a $0,17\text{g/m}^3$ e a população alcança 70 pessoas.

– Garimpo do km 52 da PA-275 (ref. 60): localizado na porção NE da folha, com exploração de ouro aluvionar e população aproximada de 70 pessoas. A produção mensal estimada é de 1,5kg e um teor médio de $0,172\text{g/m}^3$.

– Garimpo do igarapé Piranha (ref. 103): localizado na porção NE da folha, em seu alto curso, tributário pela margem esquerda do igarapé Surubim, com mineralização secundária em aluvião. A população é de aproximadamente 60 pessoas e o teor médio chega a $0,28\text{g/m}^3$, produzindo mensalmente, em média, 1,90kg.

– Garimpo da fazenda Campos Altos (ref. 92): garimpo de ouro aluvionar, na grotta Mamona, situado a 7,5km de Água Azul na PA-279 em direção a Tucumã, e depois aproximadamente 3km por estrada vicinal. Apresenta um

teor médio de $0,18\text{g/m}^3$ e uma produção mensal de $1,20\text{kg}$, para uma população estimada em 50 pessoas.

– Garimpo do igarapé Caju (ref. 101): localizado nas cabeceiras do igarapé, tributário pela margem esquerda do rio Vermelho, na porção NE da folha, com exploração aluvionar. Produz em média $1,2\text{kg}$ de ouro por mês, o teor médio é de $0,22\text{g/m}^3$; a população alcança 50 pessoas.

– Garimpo do igarapé Piranha (ref. 102): localizado nas cabeceiras do igarapé Piranha na porção NE da folha. Em exploração aluvionar, há produção mensal da ordem de $1,9\text{kg}$.

– Garimpo da fazenda São Luís (refs. 84 e 85): situado em um igarapé, tributário pela margem direita do rio Parauapebas, na porção centro-leste da folha, em duas frentes de trabalho em sedimentos aluvionares. Não foi possível conseguir dados de produção, porém estima-se que a população chega a alcançar 40 pessoas.

– Garimpo do igarapé Surubim (ref. 15): com uma população aproximada de 40 pessoas, produz mensalmente cerca de $1,3\text{kg}$ de ouro aluvionar. Localiza-se no médio curso do igarapé, tributário pela margem esquerda do rio Vermelho, na porção NE da folha.

– Garimpo da fazenda Maurício (ref. 61): situado também no km 52 da PA-275, conta com uma população de 30 pessoas explorando a aluvião, com uma produção mensal estimada de $0,80\text{kg}$ e teor médio de $0,171\text{g/m}^3$.

– Garimpo do igarapé Seringueira (ref. 96): localizado em seu alto curso, tributário pela margem direita do igarapé Goiabão ou Canastrão, com atividades a céu aberto em mineralização secundária. A população alcança 35 pessoas, teor médio de $0,21\text{g/m}^3$ e uma produção mensal estimada de $0,85\text{kg}$.

– Garimpo da fazenda Laranjeiras (ref. 95): localizado na porção sul da folha, no interflúvio dos igarapés Água Azul/Água Preta, a $7,5\text{km}$ da localidade de Água Azul pela PA-279 em direção a Xinguara. A mineralização é secundária aluvionar, com uma produção mensal estimada de $0,65\text{kg}$, teor médio de $0,17\text{g/m}^3$ e população aproximada de 20 pessoas.

– Garimpo do rio Tucum (ref. 57): exploração de ouro aluvionar, localizado no setor NW da folha, no alto curso do rio, tributário pela margem esquerda do rio Itacaiúnas, na reserva indígena dos Chicrins. Não foi possível se conseguir dados de produção, por se tratar de uma atividade efêmera, em função de maior ou menor fiscalização da FUNAI.

– Garimpo da grota do Curió (ref. 76): localizado em uma vicinal da PA-275, próximo a Curionópolis, com exploração aluvionar, encontrando-se atualmente paralisada.

– Garimpo do igarapé Arara (ref. 89): afluente pela margem direita do rio Parauapebas, localizado em seu baixo curso, com mineralização em aluviões. Atualmente encontra-se paralisado.

– Garimpo da VP-12 (ref. 100): atualmente paralisado, localiza-se na bacia do rio Parauapebas, na vicinal principal número 12 (VP-12) do projeto de colonização do antigo INCRA. A mineralização é aluvionar.

8.5 Níquel

Através da interpretação de fotografias aéreas convencionais e imagens radargramétricas, foram cartografadas pela equipe da AMZA áreas de possível ocorrência de rochas ultramáficas. No início de 1974, realizou-se uma campanha prospectiva com amostragem de solo, cujos resultados analíticos revelaram valores anômalos de níquel, alcançando em algumas amostras teores superiores a 1%.

Em junho de 1974, a AMZA requereu 10.000ha da área conhecida pelo nome de Vermelho, e imediatamente iniciou os trabalhos de pesquisa, que se estenderam até junho de 1976, quando o projeto foi desativado.

Essa área localiza-se a sul da serra dos Carajás, a cerca de 20km a oeste da serra do Rabo, distando 15km da margem direita do rio Parauapebas. Atualmente, o acesso é terrestre, utilizando-se uma estrada de fazendeiros até a vila Sapucaia, na PA-150, situada a norte de Xinguara.

A partir de junho de 1980, já sob a responsabilidade da equipe da DOCEGEO, os trabalhos foram retomados com o objetivo de fazer uma avaliação final e precisa sobre as reservas, características químicas e físicas do minério, inclusive com estudos de viabilidade econômica. Essa etapa consistiu de trabalhos de geoquímica de solos, objetivando detectar áreas anômalas para abertura de poços de pesquisa com amostragem em canal e furos de sonda.

Segundo informações do DNPM/Belém, esses trabalhos foram concluídos no final de 1982 e custaram cerca de $\text{Cr}\$303.587,00$.

O depósito consiste de dois corpos básico-ultrabásicos denominados V1 e V2. Alinhados segundo NE-SW, eles são constituídos de gabro e metagabros, gabros noríticos, piroxenitos, serpentinitos e silexitos originados de peridotitos e dunitos. Os perfis laterítico-niquelíferos apresentam dois tipos de minério, a saber: minério garnierítico ou silicatado, com teores médios de 1,80% de Ni, 22% de Fe_2O_3 e 2,7% de MgO, ocorrendo nas porções intermediárias e superiores.

As espessuras médias encontradas para o minério foram: $6,69\text{m}$ para o garnierítico e $10,14\text{m}$ para o limonítico. O capeamento estéril atinge a média de $4,63\text{m}$ e $3,90\text{m}$, respectivamente.

A reserva medida é de $21.960.000\text{t}$, sendo $11.350.000\text{t}$ de minério garnierítico e $10.610.000\text{t}$ de limonítico, com teores de 1,52% Ni.

A reserva inferida alcança $15.565.000\text{t}$, sendo $7.496.000\text{t}$ de garnierítico e $8.069.000\text{t}$ de limonítico.

Como parâmetro restritivo foi convencionado um *cut-off grade* de 1,0% para o teor médio de níquel.

Os ensaios tecnológicos mostraram que o minério garnierítico apresenta maior favorabilidade para a produção de ligas de ferro-níquel; contudo, os estudos de viabilidade econômica demonstraram que o minério apresenta um baixo teor, o que inviabiliza o transporte. A opção encontrada foi a implantação de uma usina metalúrgica no local da jazida.

A escala de produção do projeto está concebida como modulada de 16.500t por ano de ligas de ferro-níquel, a partir de 275.000t por ano de *run of mine*, com teor de 1,8% de níquel, com processamento à base de calcinação-redução.

Para escoamento da produção poderiam ser utilizadas, entre outras, duas opções possíveis: a primeira, mina/Parauapebas/estrada de ferro, e a segunda, mina/PA-150/Marabá.

O custo total de implantação do projeto foi calculado na ordem de US\$51 milhões, prevendo empregar cerca de 300 pessoas.

Existem perspectivas bastante favoráveis de o projeto ser viabilizado através de associação entre a CVRD e a FINSIDER, uma empresa italiana que já atua associada com a CVRD em outro projeto.

8.6 Bauxita

Baseado em informações do DNPM/Belém, no final do ano de 1974 a análise de amostras de material argiloso superficial revelou a existência de bauxita metalúrgica em um platô que sucede a clareira N5 para norte, na serra dos Carajás. Em seguida, foram executados dois poços que indicaram uma espessura de 6,0 e 7,0m de material com características químicas aparentemente favoráveis.

A área então requerida abrange um total de 10.000 ha hectares e dista cerca de 2,5km do terminal da estrada de ferro Carajás.

Os trabalhos de pesquisa foram iniciados pela AMZA em 1974, sendo retomados em 1979 pela equipe da DOCEGEO e concluídos em 1983, apresentando um custo total de Cr\$27.427,00.

O minério superficial (*blanket*) encontra-se na formação Parauapebas, do grupo Grão-Pará, representando uma cobertura laterítica como produto derivado de um processo de alteração de rochas ricas em alumina e pobres em sílica (rochas basálticas).

A reserva medida é da ordem de 48,9 milhões de toneladas de bauxita metalúrgica, com uma vida útil es-

timada em 25 anos. Os cálculos de reserva foram realizados considerando o minério bruto que apresenta teores compatíveis com as especificações para ser utilizado na produção de alumina.

Além da excelente localização em relação ao terminal ferroviário, outros fatores como o baixo custo de implantação, pois seria utilizada toda a infra-estrutura do Projeto Ferro Carajás, a ausência de capeamento estéril e a facilidade de lavra favorecem o aproveitamento da jazida.

Então, duas alternativas podem ser apresentadas. A primeira com a utilização do minério para alimentar uma usina de produção de alumina, no próprio local da mina, e a segunda com a entrega do *run of mine* diretamente para a ALUMAR, utilizando o transporte ferroviário.

O custo da produção para um nível estabelecido de 200.000 TPA de alumina varia, segundo a complexidade do minério, de US\$90.00 a US\$125.00 por tonelada.

O prazo para a implantação da usina é de quatro anos, e demandaria investimentos globais da ordem de US\$216 milhões.

A bauxita é predominantemente gibbsítica, adequada para produção de alumina, porém o teor é baixo (31% de alumina aproveitável), além do que, nos testes de *amenability*, o teor médio de carbono orgânico no perfil laterítico alcança 1,5%, o que inibe a produção de aluminas nas diferentes fases do processo de beneficiamento.

Em decorrência de tal fato, a CVRD pensa em fazer uma blendagem dessa bauxita com a do depósito de Tiracambu (MA), pois as duas se completam mineralogicamente. No entanto, esse projeto encontra-se em vias de inviabilização por questões ambientais relacionadas ao Núcleo Habitacional de Serra Norte.

8.7 Brita

Esse bem é produzido pela CIMCOP visando ao abastecimento interno, através do Convênio CVRD/CIMCOP, na usina localizada no granito denominado Central, situado na porção central da serra dos Carajás.

Parte III

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Capítulo 1

Conclusões

por
Orlando José Barros de Araújo, João Batista Freitas Andrade,
Raymundo José Portella Brim e José Maria Azevedo Carvalho

1.1 Geologia

O caráter multidisciplinar do mapeamento contribuiu para um significativo avanço no entendimento da evolução e arranjo geométrico do cenário geológico da folha Serra dos Carajás. Ainda assim, limitações intrínsecas à escala de trabalho devem ser consideradas.

A folha Serra dos Carajás situa-se no contexto de articulação dos blocos crustais Araguacema, Belém e Porangatu.

Incorpora em seus limites frações de várias províncias geotectônicas, tais como: o terreno granito-*greenstone* do sul do Pará, os cinturões Itacaiúnas e Araguaia. Produtos litostruturais mais jovens, relacionados ao Proterozóico Médio, são também encontrados na área estudada em esparsas e localizadas ocorrências, assim como manifestações básicas de idade mesozóica e coberturas fanerozóicas.

O terreno granito-*greenstone* do sul do Pará, de idade arqueana, encontra-se precariamente exposto na porção SW da folha. A ele relaciona-se o par granitóide/supracrustal representado pela unidade Rio Maria e pelo grupo Tucumã.

O cinturão Itacaiúnas, também de idade arqueana, envolve mais de 80% da folha trabalhada. É consequência do retrabalhamento de um regime tectônico compressivo oblíquo, e é representado por dois domínios estruturais distintos, situados nas porções centro-sul e centro-norte da área investigada.

A porção centro-sul é caracterizada por um marcante domínio imbricado, e nele são envolvidos, em generalizada lenticularização, gnaisses diversos relacionados ao complexo Xingu, granolitos do complexo Pium, granitos estratóides associados à unidade Plaqué e supracrustais pertencentes ao grupo Sapucaia. Tais unidades mostram-se dispostas num *trend* WNW-ESE, são contornadas por feixes anostomóticos de zonas de cisalhamento e mergulham sistematicamente para S e SW. As lineações minerais analisadas integradamente com os indicadores cinemáticos indicam movimentação de massas rochosas, essencialmente de SW para NE. Essa feição de generalizada

misturação tectônica é bem marcada em vários locais, tanto pelo levantamento geoquímico como pelos mapas aerogeofísicos.

O domínio centro-norte é representado pelos sistemas transcorrentes sinistrais denominados serra dos Carajás e Cinzento. O primeiro, durante uma fase transtensiva abrigou, em ampla bacia, componentes vulcânicos (formação Parauapebas), formações ferríferas (formação Carajás) e sedimentos (formação Águas Claras) que constituem o grupo Grão-Pará. Estes, numa fase transpressiva, foram metamorfizados, lenticularizados e imbricados, divergentemente, com mergulhos para N e S, nas bordas S e N, respectivamente, segundo o arranjo geométrico de uma estrutura em flor positiva, que envolveu também litótipos do complexo Xingu e do gnaiss Estrela. O segundo sistema transcorrente é representado no extremo-NE da folha apenas pela sua porção terminal, exibindo os produtos metavulcanossedimentares e formações ferríferas do grupo Rio Novo, controlados por zonas de cisalhamento mergulhando para S, SW e SE, desenhando uma estrutura tipo "rabo-de-cavalo", que define a geometria assimétrica de uma hemiflor positiva.

O cinturão Araguaia, de evolução proterozóica inferior, apresenta-se em discreta faixa de exposição, no extremo-SE da folha mapeada. Exibe cinemática compressiva oblíqua e postura estrutural submeridiana, a ele relacionando-se os anquimetamorfitos sedimentares do grupo Tocantins (formação Couto Magalhães).

As unidades rochosas mais seguramente associadas ao regime essencialmente distensivo do Proterozóico Médio são representadas, fundamentalmente, por uma suíte anorogênica que engloba corpos graníticos intrusivos, conhecidos anteriormente na literatura geológica como Seringa, Central ou Carajás e Cigano. A amostragem dispersa em batólito de grande expressão areal como aquele da serra da Seringa, apresentou problemas para melhor determinação de idade isotópica, sugerindo que nesses plútons maiores é previsível a existência de várias fácies ou núcleos de pulsação magmática, impedindo um satisfatório alinhamento isocrônico. Manifestações vulcânicas máficas e ultramáficas levantam hoje um questionamento

cronológico, tendo em vista os aspectos deformacionais nelas agora identificados. Padrões de fraturamento NE-SW e NW-SE são entendidos, a princípio, como ligados à tectônica proterozóica.

Corpos básicos admitidos como de idade mesozóica dispõem-se de forma longilínea, num *trend* NE-SW e, subordinadamente, com orientação NW-SE.

Coberturas terciárias são apenas cartografáveis quando constituem os platôs bauxíticos da serra Norte, do mesmo modo que aquelas de idade quaternária, ainda que ligadas às drenagens principais, são de difícil visualização e mapeamento na escala deste trabalho.

1.2 Geofísica

A geofísica, através da interpretação qualitativa de mapas aeromagnéticos e aeroradiométricos, forneceu informações relacionadas a contatos litológicos, feições estruturais e metalogenia.

A análise de feições marcantes, como os lineamentos das isodinâmicas, juntamente com a disposição dos eixos das anomalias, contribuiu bastante na caracterização de fraturamentos e/ou zonas de cisalhamento, mega e mesofeições estruturais. Três principais sistemas de lineamentos foram identificados nas direções NW-SE, NE-SW e E-W, sendo que os dois primeiros mostram evidências de serem mais recentes. Expressões magnéticas e radiométricas indicaram a presença de corpos alongados máficos, ultramáficos e félsicos, exibindo um padrão anostomosado, face a efeitos compressionais nas direções NE e SW. Do mesmo modo, a megaestruturação da sigmóide que engloba a serra dos Carajás, relacionada a um sistema transcorrente sinistral, é bem registrada em mapas aerogeofísicos.

A utilização da radiometria foi de fundamental importância na caracterização de corpos anorogênicos de composição granítica, separando-os por faixas de radiação, formas e dimensões, abrindo espaço para estudos comparativos quanto às suas origens, idades e afinidades metalogenéticas. No granito da serra da Seringa, observou-se no seu interior variações de radioelementos a indicar porções graníticas potássicas e sódicas. Indícios semelhantes se observam nas porções central e sul da folha, onde, respectivamente, ocorrem granitóides da unidade Plaquê juntamente com rochas gnáissico-migmatíticas, com predominância de feldspato potássico, e rochas gnáissico-sódicas do complexo Xingu.

A identificação de domínios geofísicos por características magnéticas contribuiu na definição de diversos contatos litológicos, como do gnaiss Estrela, corpos básicos e ultrabásicos, formações ferríferas, frações máficas e ultramáficas de *greenstone-belts*, zonas de fraturamentos com preenchimento de rochas ferromagnesianas e granolitos básicos. Convém ressaltar que nem todos os contatos marcados pela magnetometria são florantes, face à detecção do método a corpos subflorantes.

De modo geral, os resultados obtidos pela interpretação dos mapas aerogeofísicos foram compatíveis com os estudos litostruturais desenvolvidos, significando expressivo complemento para o entendimento da geologia da folha.

1.3 Geoquímica

Os dados gerados pelo levantamento geoquímico regional permitiram:

1. Avaliar que a mistura de litótipos nas bacias amostradas dificilmente individualizados mesmo no contexto de uma única população-alvo – que é representativa de um determinado conjunto genético de rochas – associada às inevitáveis falhas na densidade de amostragem, proporcionaram associações geoquímicas multielementares e complexas dificultando a resolução geoquímica desses litótipos. Apesar dessas limitações, a sistemática de amostragem e análises adotadas revelaram informações metalogenéticas importantes para a escala de trabalho proposta com maior ou menor precisão, em função da maior ou menor complexidade geológica local. Essas informações são confiáveis desde quando os testes de variabilidade dos dados analíticos revelaram índices perfeitamente toleráveis (abaixo de 38%) para dezoito dos dezenove elementos selecionados para a interpretação.

2. Delimitar quatro amplas zonas geoquímicas importantes onde, após a integração de dados analíticos geoquímicos com informações advindas da cartografia geológica e da interpretação dos dados aerogeofísicos, foi possível assinalar trechos (subzonas) prioritários com vocação metalogenética diferenciada:

- a) A subzona I.2.A, na faixa de contato do granito da serra da Seringa com o terreno granito-*greenstone-belt* preservado. Nessa subzona destacam-se: uma área a oeste onde restos de seqüências máfico-ultramáficas mostram-se anômalos para Cu, Co, Cr e Ni; uma área a leste nas imediações de uma possível estrutura circular não muito expressiva na imagem de radar, com valores significativos para estanho.

- b) Todas as cinco subzonas da zona II, nas quais pintas de ouro foram detectadas na maioria das amostras de concentrado de minerais pesados, embora abranjam litótipos geneticamente diversificados como rochas metamórficas do complexo Pium, granitóides potássicos da unidade Plaquê, rochas metavulcânicas da formação Parauapebas, formações ferríferas da formação Carajás e gnaisses migmatíticos do complexo Xingu. Possivelmente, a essa heterogeneidade de litótipos corresponda a observada variação de associações geoquímicas que acompanha a consistente presença de ouro ao longo dessa zona e também conduza à possibilidade de um variado potencial metalogenético.

- c) Todas as duas subzonas da zona III, principalmente por estarem geograficamente correlacionadas às frentes de exploração mineral da DOCEGEO (alvos do Projeto

Carajás), assim como devido à presença de inúmeros garimpos cadastrados no canto NE da folha.

d) A porção central da zona IV, onde valores elevadíssimos de ouro e prata associados a teores anômalos de arsênio, cobre, cobalto, níquel e cromo foram detectados em rochas metavulcânicas máfico-ultramáficas do grupo Sapucaia.

3. Selecionar diversas amostras anômalas, as quais, apesar de serem isoladas e dispersas na área investigada, mostram-se como feições metalogeneticamente importantes. Os exemplos mais evidentes são:

a) A presença de ouro visível em amostras coletadas em drenagens que fluem sobre rochas do complexo Xingu.

b) Os teores elevados e fortemente contrastantes de estanho (entre 11 e 1.100ppm), detectados em amostras de concentrado de minerais pesados, coletadas em drenagens cujas bacias abrangem ocorrências lenticularizadas dos granitos estratóides Plaquê na zona de cisalhamento que corta a parte central da folha.

4. Correlacionar a localização das amostras com ouro visível da região centro-leste à intensa atividade garimpeira cadastrada nesse trecho da folha.

5. Observar que muitas das amostras coletadas na região noroeste, nas proximidades das cabeceiras dos rios Cateté e Itacaiúnas, contêm ouro visível, um indicativo de alto potencial aurífero dessa área da folha. No entanto, a atividade garimpeira ainda não se instalou na região, por se tratar de área de reserva indígena.

6. Perceber que inúmeros garimpos de ouro cadastrados na região não se correlacionam com as zonas anômalas para ouro detectadas durante o levantamento porque evitou-se amostragem em áreas sabidamente "contaminadas" pela atividade garimpeira.

1.4 Metalogenia

A mineralização aurífera mostra uma distribuição regionalizada em função de diversos controles litológico-tectonoestruturais observados na área trabalhada.

A carta metalogenético-previsional espelha esse quadro e, adicionalmente, mostra o ouro em associações geoquímicas aparentemente bem-definidas, refletindo a natureza litoambiental à qual se associam, tais como: Au-Ag, nas frações predominantemente metaultramáficas das unidades Sapucaia e Rio Novo; Au-Cu-Co, no contexto de metamáficas; e Au-Cu-As, no domínio das metafélsicas, ambos os casos nas vulcânicas da unidade Parauapebas (porções centro-leste e noroeste da serra Sul, respectivamente).

A visualização panorâmica dos diferentes indícios e mineralizações auríferas registradas denuncia um forte controle tectonoestrutural, envolvendo zonas de cisalhamento relacionadas aos domínios imbricado e direcional do cinturão Itacaiúnas, onde a maior favorabilidade de jazimento exige a presença de uma rocha parental, com reconhecido potencial aurífero, como as supracrustais dos grupos Sapucaia, Tucumã e Rio Novo.

Alguns indícios de mineralizações, aparentemente incompatíveis com o aspecto litoambiental cartografado, naturalmente resultam de um processo de misturação tectônica, envolvendo diferentes tipos litológicos.

A presença de ouro sobre terrenos granolíticos, cujo nível de investigação não permitiu fazer uma correlação com o substrato litológico, provavelmente relaciona-se a zonas de cisalhamento, com retrometamorfismo e conseqüente atividade hidrotermal.

Os corpos de minério de ferro do Carajás apresentam-se sob complexo controle estrutural; o tipo de minério, seja sob o aspecto físico (compacto ou friável) ou sob o aspecto químico (elementos desfavoráveis à qualidade do minério) relaciona-se intimamente à atividade tectônica desenvolvida, a qual projeta-se em todas as escalas.

O minério de manganês do Azul resultou da concentração, em perfil laterítico, derivada de pelitos manganíferos (protominérios) pertencentes a uma seqüência pelítica da formação Águas Claras.

O minério de níquel do Vermelho e do Puma é do tipo silicatado e oxidado, desenvolvido no horizonte argiloso do perfil laterítico, sobre serpentinitos de complexos máfico-ultramáficos, de posição cronostratigráfica ainda duvidosa, porém com aparente controle estrutural.

O minério de alumínio do platô N5 provém do processo de laterização de rochas metavulcânicas máficas da formação Parauapebas.

Indícios geoquímicos para estanho sugerem relações com granitos da unidade Plaquê (sem potencial expressivo). Porém, carecem de investigações possíveis relacionamentos com pequenos corpos graníticos anorogênicos, de afinidade estanífera, não-mapeados.

A ocorrência de amianto associada ao corpo de rocha ultramáfica, no contexto do grupo Sapucaia, assim como a ocorrência aluvionar de cromita, no domínio da formação Parauapebas, carecem de investigações mais específicas.

A carta metalogenético-previsional, resultante do significativo avanço no conhecimento geológico e das mineralizações até então conhecidas no âmbito da folha Serra dos Carajás, fornece claramente importantes informações à prospecção de jazimentos de determinados bens minerais.

Capítulo 2

Recomendações

por

Orlando José Barros de Araújo, João Batista Freitas Andrade,
Raymundo José Portella Brim e José Maria Azevedo Carvalho

2.1 Geologia

O mapeamento geológico da folha Serra dos Carajás deve ser considerado e analisado dentro dos limites da escala em que foi executado, respeitando-se os objetivos propostos.

Para melhor entender e definir a passagem do cinturão Itacaiúnas para o terreno granito-*greenstone* do sul do Pará, ocorrente na porção SW da folha, recomenda-se a execução de mapeamento integrado geológico-geofísico, a nível de semidetalhe, na escala 1:100.000.

No contexto do cinturão Itacaiúnas e, mais precisamente, no domínio imbricado, algumas unidades lenticularizadas sem grande expressão, mas de provável potencialidade metalogenética, como "restos" do grupo Sapucaia, somente poderão ser melhor identificadas e cartografadas com um mapeamento em escala compatível, com indispensável apoio de mapas aerogeofísicos gerados em *grid* com espaçamento mínimo de 250m. Por outro lado, a melhor avaliação desses segmentos dependerá de prospecção geoquímica mais dirigida, a níveis de semidetalhe e detalhe.

A mesma proposta é feita para o domínio dos sistemas transcorrentes, tanto no sistema serra dos Carajás como na pequena porção do sistema Cinzento. Em síntese, o avanço na cartografia desses conjuntos, em especial nas suas porções mais lenticularizadas, só deverá ser alcançado com o maior detalhamento na escala de mapeamento. Em consequência, esse detalhamento propiciará a localização mais precisa de importantes feições estruturais como zonas ou feixes de zonas de deformação concentrada, bem como os comuns horizontes de transformações ou alterações hidrotermais comumente a elas associadas. Tais metalotectos, investigados com maior detalhamento geoquímico, poderão propiciar o selecionamento de importantes alvos para pesquisa mineral.

Para as unidades consideradas de idade proterozóica, recomenda-se investigação isotópica nos conjuntos máficos e ultramáficos, nas quais agora identificam-se discretos aspectos deformacionais. Para a suíte granítica anorogênica, entende-se que grandes batólitos somente

poderão ser mais precisamente avaliados cronologicamente a partir de um maior detalhamento no conhecimento de suas faciologias.

Quanto às coberturas fanerozóicas, tanto de idade terciária como quaternária, carecem de maior detalhe de mapeamento, a fim de ser melhor definidas suas cartografias e melhor conhecidas suas potencialidades. Nas coberturas lateríticas, poderão ser investigados os tipos de perfis desenvolvidos sobre cada unidade, bem como os horizontes favoráveis à concentração de determinados minerais. Quanto às coberturas quaternárias colúvio-elúvio-aluvionares, de comprovada potencialidade aurífera, um estudo geomorfológico poderá revelar importantes relacionamentos paleomorfológicos, capazes de orientar e otimizar investigações minerais.

2.2 Geofísica

A interpretação dos mapas aerogeofísicos da folha Serra dos Carajás, integrados com os dados geológicos representa apenas parte de um trabalho a ser desenvolvido pela geofísica. Assim, tornam-se necessárias algumas recomendações que derivam desse estudo conjunto que visa a explorar o assunto, de grande importância nos mapeamentos geológicos básicos:

1) procurar esgotar os trabalhos de processamento de dados aerogeofísicos magnéticos e radiométricos, buscando utilizar *grids* 250 x 250, que facilitem a detecção de corpos de menores comprimentos de onda e o traçado dos lineamentos para estudos de algumas feições estruturais.

2) Estender os trabalhos de interpretação para as folhas vizinhas, com o objetivo de se estudar melhor as grandes feições estruturais, muitas vezes apenas parcialmente representadas na folha.

3) Integrar os mapas radiométricos Th, U e razão U/Th com dados petroquímicos e petrológicos para uma melhor delimitação dos contatos litológicos e caracterização de afinidades metalogenéticas.

4) Selecionar as anomalias de maior interesse para um

reconhecimento da geofísica terrestre, visando a um conhecimento mais acurado dos litótipos anômalos.

5) Fazer estudos comparativos dos principais lineamentos associados às zonas de cisalhamento e falhas com informações geoquímicas para fins metalogenéticos.

6) Objetivando alcançar um melhor controle da arquitetura crustal da folha, bem como a comparação das formas e relações geométricas das unidades em níveis profundos, recomenda-se a execução de perfis gravimétricos, preferencialmente orientados segundo a direção NE-SW.

2.3 Geoquímica

Os resultados dos trabalhos de geoquímica realizados na área permitem sugerir uma série de investigações que conduzam a uma melhor resolução na aplicação da prospecção geoquímica nesse tipo de panorama fisiológico e geológico. Tais investigações devem contemplar:

1. Amostragem adensada tanto de sedimento de corrente quando de concentrado de minerais pesados nas subzonas prioritárias e nas áreas de influência dos destaques geoquímicos. Inclusive realizar amostragem de solos de encosta principalmente ao longo das drenagens sabidamente anômalas. Esse adensamento proverá dados para delimitar, com maior precisão, áreas possivelmente mineralizadas onde seriam realizados trabalhos de pesquisa mineral em detalhe.

2. Análises dirigidas e específicas para avaliar a potencial existência de mineralizações sulfetadas, auríferas, cromitíferas, estaníferas e de terras-raras.

3. Análises seléticas seqüenciais para definir a posição preferencial dos elementos-traço nos diversos componentes mineralógicos dos sedimentos, solos e coberturas da região, o que por certo facilitará a avaliação e interpretação dos dados analíticos.

4. Estabelecimento de populações amostrais que levem em conta, com precisão, o grau de influência e/ou mistura dos litótipos da região, as quais serão submetidas a tratamento estatístico uni- e multivariado para definir

parâmetros que assegurem e permitam trabalhos de modelamento e integração multidisciplinar.

2.4 Metalogenia

Tendo em vista que a folha Serra dos Carajás representa a execução pioneira, na escala 1:250.000, sob a nova metodologia de trabalho do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB, fazem-se necessárias algumas recomendações que visam a aperfeiçoar a elaboração da carta metalogenético-previsional, em futuros projetos:

- Que os cronogramas físico-financeiros contemplem convenientemente a importante tarefa de cadastramento dos recursos minerais, em função do número previsto e da complexidade das mineralizações.

- Que durante o cadastramento dos recursos minerais sejam obtidas informações fundamentais acerca da mineralização estudada, principalmente sobre os seguintes aspectos: rocha encaixante e/ou hospedeira, morfologia dos corpos mineralizados, extensão da mineralização, tipos de alterações, associações mineralógicas e teores das substâncias úteis.

- Que sejam agilizadas as etapas de análises e tratamento dos dados geoquímicos, o que possibilita a reamostragem e/ou reanálise em estações ou zonas anômalas.

- Que as anomalias aeromagnéticas sugestivas da presença de corpos de interesse metalogenético sejam alvo de investigações de campo.

- Que a carta metalogenético-previsional (preliminar) seja elaborada à medida do desenvolvimento dos trabalhos de campo, o que propiciará a busca de respostas para questões que normalmente surgem durante a evolução dos conhecimentos.

Finalmente, como recomendação para o "Planejamento de Ações Governamentais", sugere-se o mapeamento geológico e prospecção geoquímica, na escala 1:100.000, das folhas SB.22-Z-A-III, V e VI, conforme indicado e justificado em cartograma, sob o título "Cartograma para Planejamento de Ações Governamentais" (figura II.7.2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU F. de A.M. de. *Estratigrafia e evolução estrutural do seguimento setentrional da faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia*. Belém, UFFa. Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, 1978. 75p. il. anexos, bibliogr. Tese apresentada ao NCGG da UFFa para obtenção do título de Grande Mestre em ciências na área de geologia.
- ALBUQUERQUE, O.R. de. Reconhecimento geológico no vale do Amazonas. *Boletim do Serviço Geológico Mineralógico*, Rio de Janeiro, (3): 1922, 84p.
- ALMARAZ, J.S.V. Determinação K-Ar na região do curso médio do Tocantins. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*. São Paulo, 16(1): p.121-126, nov. 1967.
- ALMEIDA, F.F. de et alii. Radiometric age determinations from Northern Brazil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*. São Paulo, 17(1): 3-14, dez., 1968.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Aspectos evolutivos da geossutura Tocantins-Araguaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34 Goiânia, 1986. *Anais do...* Goiânia, 1986. SBG 1986, v.3, p. 1269-1284.
- ALMEIDA, R.C.C. *Contribuição à petrologia do granito da serra dos Carajás*. (Tese para obtenção do grau de Mestre em Ciências na área de geoquímica. NCGG-UFFa), Belém, UFFa, NCGG, 1980. 64p., il.
- ANDERSON, W.L. et alii. Ocorrências de manganês na bacia do rio Itacaiunas, centro-leste do estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais do...* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, out. 1974, v. 6, p. 149-164.
- AMARAL, G. *Geologia pré-cambriana da região amazônica*. Tese apresentada ao Curso de Livre-Docência, no Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da USP para o conjunto de disciplina de Geologia do Brasil. São Paulo, IGUSP, 1974, 212p., il.
- AMARAL, G. Nota prévia sobre o reconhecimento geocronológico do pré-cambriano da região amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, Salvador, 1969. *Resumo das...* Salvador, SBG, out. 1969 (Boletim Especial, 1) p. 81-82.
- ARAÚJO E.S. & RONDINELLI, D. Geoquímica regional no centro-oeste do Brasil (Fase Brasileira) – PGBC/DNPM, Relatório nº 7, 1979.
- ARAÚJO, O.J.B. de et alii. A magmaturação arqueana da folha Serra dos Carajás. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7. Belém, 1988. *Anais do...* Belém, SBG, nov. 1988, v. 1, p. 324-338, il.
- BALLANCE, P.F. & READING, H.G. Sedimentation in oblique-slip mobile zones. *Inter. Assoc. Sediment. Sp. Publ.*, 5, 1980.
- BARBOSA, O. et alii. *Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do projeto Araguaia*. Rio de Janeiro, monografia da DGM, 1966, 94p., il.
- BASEI, M.A.S. *Idade do vulcanismo ácido-intermediário na região amazônica*. São Paulo, Instituto de Geociências, 1977, 133p. Tese de Mestrado.
- BASEI, M.A.S. Estudo geocronológico do magmatismo da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais do...* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, out. 1974, v. 6, p. 287-296.
- BEISIEGEL, V. de R. et alii. Geologia e recursos minerais da serra dos Carajás. *Revista Brasileira de Geociências* 3 (4): p.215-242, dez. 1973.
- BEISIEGEL, V. de R. & FARIAS, N.F. Ocorrências de cobre na serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais do...* Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, nov. 1978, v. 4, p. 1419-1430, il.
- BERNARDELLI, A.L. & ALVES, C.A. da S. Jazida de níquel laterítico do Vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anexo aos Anais... Belém, SBG, nov. 1988, p. 133-140, il.
- BERNARDELLI, A.L. et alii. Província mineral de Carajás. Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1. Belém, 1982. *Anais do...* Belém, SBG, 1982. 104p., il. Anexo aos Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia.
- BERTHELSEN, A. *An example of structural approach to migmatite problem*. In: INTERNATIONAL CONGRESS, 21, Copenhagen, 1960, p. 149-157 (Rept., session-Porden, pt 14).
- BLICK, N.C. & BIDDLE, K.T. Deformation and basin formation along strikeslip faults. *Society of economic paleontologist of mineralogists*, 1985. In: BLICK, N.C. & BIDDLE, K.T., eds. *Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 37. p. 1-34.
- BOAVENTURA, R.S. et alii. Geomorfologia da folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins... In: Projeto RADAM, 1974. Rio de Janeiro, 1974 (Levantamento de recursos naturais, 4) p. 111/3-111/129.
- BOYLE, R.W. The geochemistry of gold and its deposits *Geological Survey of Canadá, Bulletin* 280, 1979.

- BRASIL. Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia. Departamento de Recursos Naturais – *Pesquisa Mineral do Iri/Curuá*, relatório preliminar. Belém, A.P.C. Divisão de Documentação, 1972, 62p. Anexo: mapas.
- CHAOQUN, Y. On specialization of granitoids of different genetic types of South China. In: **THE CRUST THE SIGNIFICANCE OF GRANITES GNEISSES IN THE LITHOSPHERE**. Theophostus Publication S.A., Athenas, p. 365-387, 1985.
- CHAPPEL, B.W. & WHITE, A.I.R. Two contrasting granite type. *Pacific Geology*, 8, p. 143-149, 1974.
- COELHO, F.A. de J.F. & FERRIOLI, R.M.N. Tentativa de empilhamento estratigráfico da formação Rio Fresco e suas possibilidades para concentrações uraníferas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 35, Belém. *Anais do...* Belém, SBG, nov. 1988, v. 2, p. 688-689, il.
- COLEMAN, R.G. *Ophiolites*. Springer-Verlag, New York, 229 p., 1977.
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE & COMPANHIA MERIDIONAL DE MINERAÇÃO. Distrito ferrífero da serra dos Carajás. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 26, Belém, 1972. *Resumo das Comunicações*. Simpósios. Belém, SBG, 1972, p. 78-80 (Boletim, 2).
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE/DIPEG. Projeto Aquiri. Relatório de Progresso. Belo Horizonte, 124 p., 1983.
- CONDIE, K.C. & HUNTER, D.R. Trace element geochemistry of archaean granitic rocks from the Parbeton region, South Africa. *Earth Planet. Sci. Lett*, 29 (2): p. 389-400, 1976.
- CORDANI, U.G. & BRITO NEVES, B.B. de. The geologic evolution of South America during the archaean and early proterozoic. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 12, (1-3): 78-88, mar.-set. 1982, il.
- CORDANI, U.G. et alii. A serra dos Carajás como região limítrofe entre províncias tectônicas. *Ciência da Terra*. Salvador, p; p. 6-11, 1984. *Ciência e Tecnologia*.
- CORDEIRO, A.A.C. & McCANDLESS, G. Maciço ultramáfico de Quatipuru. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 29. Ouro Preto, 1976. *Anais do...* Belo Horizonte, SBG, 1976, v. 3, p. 9-15, il.
- CORDEIRO, A.A.C. & SAURESSIG, R. Serra das Andorinhas: geologia e principais ocorrências de ouro: In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 31, Camboriú – SC, 1980. *Resumos...* Camboriú – SC. SBG, out. 1980 Boletim 2, p. 344.
- CORDEIRO, A.A.C. Geologia preliminar da região de Andorinhas. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA**, 1, Belém, 1982. *Anais do...* Belém, SBG, Núcleo Norte, 1982, v. 1, p. 45-49, il.
- COSTA, J.B.S. Aspectos litostruturais e evolução crustal da região centro-norte de Goiás. Tese de Doutorado, Belém, 1985. UFPa.
- COSTA, J.B.S. et alii. Cinturão Araguaia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 35, Belém, 1988. *Roteiro das...* Belém, SBG, nov. 1988, p. 71-91.
- COSTA, J.B.S. et alii. Geologia da região de Porto Nacional. *Revista Brasileira de Geociências*, 14, 1984, p. 3-11, il.
- COSTA, J.B.S. et alii. Relações estruturais entre a faixa Araguaia e o maciço Goiano na região de Paraíso do Norte-Gurupi, GO. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 35, Belém, 1988. *Anais do...* Belém, SBG, nov. 1988, v. 5, p. 2.187, il.
- COSTA, J.B.S. da & SIQUEIRA, I.B. Transtensão e transpressão ao longo do sistema transcorrente Cinzento. *Revista Brasileira de Geociências*, 1990 (inédito).
- COSTA, M.L. da. A dinâmica de formação de lateritas; o exemplo do NE do Pará e do NW do Maranhão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, out. 1984, v. 10, p. 4.823-4.837, il.
- COWARD, M.P. Shear zones in the Precambrian crust of Southern Africa. *Journal Structural Geology*, 2, 1980, p. 19-27.
- CUNHA, B.C. da. O grupo Rio Fresco como seqüência plataformar da faixa de dobramentos Araguaia – Tocantins. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA**, 2, Belém, dez. 1985. *Anais do...* Belém, SBG, Núcleo Norte, 1985, v. 1, p. 362-375, il.
- CUNHA, B.C.C. et alii. *Projeto RADAMBRASIL*; folha SC.22 Tocantins; geologia, geomorfologia, solos e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981 (Levantamento de Recursos Naturais, 22), 196p.
- DALL'AGNOL, R. et alii. Estado atual do conhecimento sobre as rochas granitóides da porção sul da Amazônia oriental. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(1)11-23, 1986, il.
- DALL'AGNOL, R. *Os granitos anorogênicos da Amazônia brasileira*. Suas analogias com os "younger granites" do oeste da África. Trabalho apresentado no 5º Congresso Latino-Americano de Geologia, Buenos Aires, 1982, v.2., p. 113-131.
- DALL'AGNOL, R. et alii. Granitogenesis in the northern Brazilian region: a review. In: **FINAL MEETING OF THE WORKING GROUP-PROJECT 204 IUGS – UNESCO, 1987**. Carajás – PA. *Extended Abstracts*. Sept. 1987, p. 51-65, il. (Precambrian Evolution of the Amazon Region).
- DALL'AGNOL, R. et alii. Susceptibilidade magnética em granitóides da Amazônia: um estudo preliminar. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 35, Belém, 1988. *Anais do...* Belém, SBG, v. 3, 1988, p. 1.164-1.173, il.
- DARDENNE, M.M. et alii. The role of shoshonitic and calc-alkaline suites in tectonic evolution of the Carajás District, Brazil. In: **FINAL MEETING OF THE WORKING GROUP-PROJECT 204, IUGS-UNESCO, 1987**, Carajás – PA. *Extended Abstracts*. Sept. 1987, p. 11-18, il (Precambrian Evolution of the Amazonian Region).

- DEBON, F. & LE FORT. A chemical mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Earth Sciences*, 73, p. 135-149, 1983.
- DOCEGEO-AM. Revisão litostratigráfica da província mineral de Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anexo aos Anais...* Belém, SBG, nov. 1988, p. 11-54, il.
- DOCEGEO-IGCP. Lithostratigraphic review of the Carajás District and Southern Pará-Brazil. In: FINAL MEETING OF THE WORKING GROUP – PROJECT 204 IUGS-UNESCO, 1987. Carajás – PA, *Extended Abstracts* Sept. 1987, p. 11-18, il. (Precambrian Evolution of the Amazonian Region).
- DOCEGEO – *Projeto Cobre Carajás*. Jazidas Salobo 3A e 4A; relatório de pesquisa-texto. Belém, 1981, v. 1, il.
- EL BOUSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chemical Geology*, 16, p. 207-219, 1975.
- FERREIRA, E.O. Contribuição à litologia da série Uatumã. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*. Rio de Janeiro, (185): 1959, 31p.
- FERREIRA FILHO, C.F. et alii. Geochronology of the Bahia prospect copper deposit – Carajás province – Brazil. In: Final Meeting of the Working group, 1987 Carajás. *Extended Abstracts...* Carajás, IUGS-UNESCO 1987, p. 32-39, il.
- FERREIRA FILHO, S.F. & DANNI, J.C.M. Petrologia e mineralizações sulfetadas do prospecto Bahia-Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém, 1985. *Anais do...* Belém, SBG-Núcleo Norte, dez. 1985, v. 3, p. 34-47, il.
- FIGUEIRAS, A.J.M. et alii. Contribuição ao estudo paleoambiental da formação Rio Fresco na região de Carajás – PA. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DEPOSICIONAIS NO PRÉ-CAMBRIANO, 1 Ouro Preto, 1987. *Anais do...* Ouro Preto, SBG, 1987.
- FIGUEIRAS, A.J.M. & VILLAS, R.N.N. Estudo petrológico e sedimentológico da seqüência clástica (pós-grupo Grão-Pará) da serra dos Carajás, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, 1984, v. 2, p. 832-846, il.
- FLINN, D. On the symmetry principle and deformation ellipsoid. *Geol. Mag.* 102: p. 36-45, 1965.
- FONSECA, L.R. da. Descoberta de cobre na formação Rio Fresco I Igarapé Bahia – serra dos Carajás, PA. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2, abril 1984, Manaus, *Anais do...* Manaus, DNPM, CNPq, p. 355-357.
- GAY JR., S. Parker. Fundamental characteristics of aeromagnetic lineaments their geological significance and their significance to geology. In: *The New Basement Tectonics*, 1972, Utah, 1972.
- GIBBS, A.K. et alii. Age and composition of the Grão Pará Group volcanics, serra dos Carajás. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, 16 (2): p. 201-211, junho, 1986.
- GOMES, C. et alii. Radiometric ages from the serra dos Carajás area, northern Brazil. *Geological Society of American Bulletin*, 86: p. 939-942, July, 1975.
- GOMES, C.B. et alii. Geocronologia da área dos Carajás – PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. *Resumo das Comunicações*. São Paulo, SBG, 1971, p. 162-163 (Boletim Especial, 1).
- GONÇALEZ, M. das G.B. et alii. Geologia do maciço anorogênico Cigano-vale do rio Parauapebas – PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anais do...* Belém nov., 1988, v. 3, p. 1.131-1.163, il.
- GORAYEB, P.S. de S. *Evolução geológica da região de Araguacema – Pequizeiro*. Belém, UFPa. Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, 1981. Tese.
- GREEN, D.H. & RINGWOOD, A.E. The genesis of basaltic magmas. *Contributions to mineralogy and petrology*, 15, p. 103-190, 1967.
- GUIMARÃES, D. Rochas do rio Fresco, estado do Pará. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*, Rio de Janeiro, (29): p. 45-55, 1928.
- HASUI, Y. & HARALYI, N.L.E. A megaestruturação de Goiás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 2, Goiânia, 1985. *Ata...* Goiânia, SBG, p. 120-144, il.
- HASUI, Y. & HARALYI, N.L.E. Integração de informações geofísicas e geológicas na definição de estruturas crustais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 2, Goiânia, 1985. *Ata...* Goiânia, SBG.
- HASUI, Y. et alii. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2, 1984. Manaus. *Anais do...* Manaus, DNPM/CNPq, p. 129-141, il.
- HASUI, Y. & MATTA, M.A. da S. A falha de Tucuruí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, out. 1984, v. 4, p. 1.719-1.742, il.
- HASUI, Y. & COSTA, J.B.S. Zonas e cinturões de cisalhamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Curso sobre...* Belém, SBG, nov. 1988, 87p., il.
- HASUI, Y. et alii. Estratigrafia da faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia no centro-norte do Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências da USP*, São Paulo, (8): p. 107-118, 1977.
- HASUI, Y. et alii. Evolução estrutural da região de Colméia, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú-SC, 1980. *Anais do...* Camboriú, SC, SBG, 1980, v. 5, p. 2.648-2.658, il, bibliografia.
- HIDROSERVICE – Engenharia de Projetos Ltda. Álbum de desenhos. In: Plano de desenvolvimento integrado de área da bacia do rio Tocantins; relatório HE-156T 10-0872. Belém, SUDAM, 1973, 3v. em 6, il, mapas.
- HIRATA, W.K. et alii. Geologia regional da província mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. *Anais do...* Belém, SBG – Núcleo Norte, maio, 1982, v. 1, p. 100-110, il.

- HUHN, S.R.B. et alii. Caracterizações petrográficas, texturais e estruturais dos fluxos máfico-ultramáficos do *greenstone belt* Seringa, sul do estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais do...* Goiânia, SBG, 1986, v. 2, p. 648-661, il.
- HUHN, S.R.B. et alii. O terreno "granito-greenstone" da região de Rio Maria - sul do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anais do...* Belém, SBG, 1988, v. 3, p. 1.438-1.452.
- IANHEZ, A.C. et alii. Vulcano-plutonismo da extremidade sudeste da plataforma. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. *Anais do...* Belém, SBG, 1982, v. 1, p. 128-146.
- INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ-SRN. *Programa de Pesquisa de Carvão Mineral da bacia do rio Fresco*, afluente do Xingu, Estado do Pará; 3ª fase - Sondagem. Belém, CPCAN/IDESP, 1970-71. Relatório Técnico de Pesquisas, 3..
- INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ-SRN. Projeto rio Fresco: contribuição à geologia do Pré-Cambriano da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Resumo das Comunicações*. Simpósios, Belém, SBG, 1972, p. 73-75 (Boletim 2).
- INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ-SRN. *Projeto rio Fresco*. Belém, CPCAN/IDESP, 1969/71. Relatórios Técnicos de Pesquisa 2 e 3..
- ISSLER, R.S. Esboço geológico tectônico do cráton do Guaporé. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, (3): p. 177-211.
- JORGE JOÃO, X. da S. *Projeto especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa grande Carajás*; subprojeto recursos minerais; Folha SA.22-Y-D Altamira... Brasília DNPM/CPRM, 1987, 31p., il.
- KNUP, P.E. Reconhecimento geológico na região dos rios Itacaiúnas e Tocantins, estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. *Resumo das Comunicações*. São Paulo, SBG, 1971, p. 61-62 (Boletim Especial, 1).
- KRUNBEIN, W.C. & SLACK, H.A. Statistical analysis of low-level radioactivity of Pennsylvania black fissilishale in Illinois. Geological Society of America, junho, 1956, Bulletin, 67 (6), p. 738-962, 1956.
- KUNO, H. Differentiation of basalt magmas. In: HESS, H.H. & POLDVAART, A. ed. - Basalts, New York, Intersciences. 1968a, v. 2, p. 624-688.
- LAFON, J.M. Relatório sobre o estudo geocronológico do maciço granítico da serra da Seringa e dos granolitos da serra do Pium. Belém, FADESP-UFPa, 1988. 23 il. Relatório inédito.
- LE BAS, M.J. et alii. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27 (3), p. 745-750, 1986.
- LEVINSON, A.A. Introduction exploration geochemistry. Applied Publishing Ltd. Calgary, cap. 2, p. 58-70.
- LIANDRAT, E. Reconhecimento ao longo dos rios Itacaiúnas e Parauapebas, município de Marabá, estado do Pará. *Rev. Brasileira de geografia*, 34 (1): p. 165-184, 1972.
- LIMA, M.I.C. de. Evolução do cráton Amazônico no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, out., 1984, v. 7, p. 3.032-3.039, il.
- LIMA, V.L. de A. et alii. Estudos de beneficiamento do minério de cobre alterado do Salobo 3A - Carajás. *CVRD Revista*, 5 (17): p. 47-52, set. 1984.
- LINDENMAYER, Z.G. *Aspectos geológicos da província mineral de Carajás*. Rio de Janeiro, DOCEGEO, 1981, 12p. Relatório Interno.
- MACHADO, N. et alii. Geocronologia U-Pb da província metalogenética de Carajás. Pará: resultados preliminares. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7, Belém, 1988. *Anais do...* Belém, SBG, nov. 1988, v. 1, p. 339-344, il.
- MAMEDE, L. et alii. *Folha SC. 22 Tocantins... Geomorfologia...* Rio de Janeiro, 1981. 524p. p. 197-248 (Levantamento de Recursos Naturais, 22).
- MARINHO, P.A. da C. *Projeto Xingu-Araguaia: relatório de fotointerpretação preliminar*, 1ª etapa. Belém, CPRM-Agência/BE, 1973. 34p. il. mapas. Relatório inédito.
- MARTINS, L.P.B. et alii. Aspectos petrográficos das principais litologias da seqüência Salobo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. *Anais do...* Belém, SBG-Núcleo Norte, 1982, v. 2, p. 253-262, il., bibliogr.
- MARTINS, R.C. & ARAÚJO, O.J.B. de. *Projeto integração geológico-geofísica sul do Pará*. Texto. Belém, DNPM/CPRM, 1979, v. 1, il., Relatório inédito.
- MEDEIROS NETO, F.A. & VILLAS, R.N.N. Caracterização litostratigráfica da seqüência Pojuca e sua correlação com o grupo Grão-Pará, serra dos Carajás. In: Reun. Soc. Bras. Progr. Ciên., São Paulo, 1984, 4-11, p. 676, il.
- MEDEIROS, H. de et alii. Geology of the rio Maria área (Eastern Amazonia N Region-Brazil): an example of Archaean granite-greenstone terrane intruded by anorogenic granites of middle proterozoic ages. In: FINAL MEETING OF THE WORKING GROUP PROJECT 204 IUGS-UNESCO, 1987. Carajás-PA. *Extended Abstracts*. Sept., 1987, p. 97-115 (Precambrian Evolution of the Amazonian region).
- MEIRELES, E. de M. et alii. Geologia das folhas Carajás e Rio Verde, província mineral dos Carajás, estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, 1984, v. 5, p. 2.164-2.174, il.
- MENEZES FILHO, N.R. *Projeto Cobre-Pará: relatório final dos trabalhos de campo: prospecção geoquímica e mapeamento geológico de detalhe*. Belém, DNPM-5º Distrito, 1970. n.p. mapa.

- MEYER, D.J.K. & FARIAS, N.F. O depósito de cobre Salobo 3 Alfa-serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú-SC, 1980. *Resumo...* Camboriú, SC, SBG, 1980, p. 382 (Boletim 2).
- MEYER, D.J.K. & GONZALEZ, R. A descoberta da jazida de cobre Salobo 3A através da geoquímica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. *Anais do...* Salvador, SBG, out. 1982, V.S., p. 1.795-1.800, il.
- MONTALVÃO, R.M.G. et alii. Cobertura de plataforma da Amazônia, sua sedimentação e evolução tectônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, out. 1984, v. 5, p. 2.101-2.124, il.
- MONTALVÃO, R.M.G. et alii. Geocronologia dos granitóides e gnaisses das regiões do rio Maria. Fazenda Mata Geral e rio Itacaiúnas, sul do Pará (Distrito Carajás - Cumaru). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, out. 1984, v. 6, p. 2.757-2.766, il.
- MORAES REGO, L.F. de. Notas geográficas e geológicas sobre o rio Tocantins. *Boletim do Museu Emílio Goeldi de História Natural e Etnografia*. Belém, 9: p. 272-288, 1933.
- NORTHWAYS CORPORATION LIMITED. Report to DNPM-MME. Brasil on the general magnetic and radiometric survey of the Projeto Geofísico Brasil-Canadá. S.N.T..
- OLIVEIRA, A.I. de. Reconhecimento geológico do rio Xingu, estado do Pará. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*. Rio de Janeiro, (29): p. 3-22, 1928, il., mapa, perfil geol.
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. *Geologia do Brasil*: Rio de Janeiro, Comissão Brasileira dos Centenários de Portugal, 1940, 472p.
- OLIVEIRA, A.I. de & LEONARDOS, O.H. *Geologia do Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1943, 813p. (série didática, 2).
- OXBURGH, E.R. The Plains Maús Guide to Plate Tectonics. *Proc. Geol. Ass.* 85. 1974, p. 299-357.
- PASSCHIER, C.W. & SIMPSON, C. Porphyroclast systems as Kinematic Indicators. *Journal Structural Geology*, 8: p. 831-843, 1986, il.
- PEARCE, J.A. et alii. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25p. 956-983, 1984.
- PEARCE, T.H. & GORMAN, B.E. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.* 36, p. 121-132, 1975.
- PINHEIRO, M.M. & JORGE JOÃO, X. da S. *Relatório da 2ª etapa do projeto Cobre-Pará: relatório preliminar*. Belém, DNPM/5º Distrito, 1970, 19p., mapa: A.T. - DGM - nº 312.
- PONÇANO, W.L. et alii. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2. 1979. Rio Claro-SP, *Atas do...* Rio Claro-SP, IPT, 1979, v. 2, 253-262, il.
- PUTY, C.O.F. et alii. *Projeto Marabá*. Belém, Convênio DNPM/CPRM. Rcl. Ostensivo 024, 1972, 12v., il.
- RAMOS, J.F. da F. et alii. *Mapeamento geológico*. In: Projeto Parauapebas, Convênio SUDAM-UFPa-FADESP, 1983, 66p.
- RAMOS, J.F. da F. et alii. Uma discussão sobre seqüências sedimentares tidas como formação Rio Fresco, sudeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, out. 1984, v. 2, p. 862-872, il.
- RAMSEY, J.G. & HUBER, M.I. The techniques of modern structural geology. Folds and Fractures. *Acad. Pree*. V. 2, 386p.
- REZENDE, N.P. de & BARBOSA, A.L. de M. *Relatório de pesquisa de minério de ferro. distrito ferrífero da serra dos Carajás - Estado do Pará: Relatório Final de Pesquisa*. Belém, AMZA, 1972, 5v.
- RENNE, P.R. 40AR/39AR and paleomagnetic results from the Carajás region on the Guaporé shield. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Resumos*. Belém, SBG, nov., 1988, p. 395.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. Projeto Cobre-Pojuca e jazidas Salobo 3A e 4A, relatório de pesquisa. Belém, 1984, 4v., il., mapas.
- ROBINSON, B.W. Mineralogy of uranium deposits, Goldfields Saskatchewan. *Geological Survey of Canada. Bulletin*, 31, 128p., 1955.
- ROSATELLI, J.S. et alii. *Projeto RADAM*, folha SB.22 - Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974 (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- SANTOS, B.A. dos. Programa de exploração da DOCEGEO na Amazônia. Manaus, 1984, 26p., il. Trabalho apresentado ao II Simposium Amazônico - Manaus, 8 a 12 de abril de 1984.
- SANTOS, B.A. dos. *Geologia e potencial mineral da região dos Carajás*. Rio de Janeiro, DOCEGEO, 1980, 46p., il. Trabalho apresentado no Simpósio sobre a Província Mineral da Serra dos Carajás.
- SANTOS, J.O.S. & LOGUÉRCIO, S.O.C. A parte meridional do cráton amazônico (escudo Brasil-Central) e as bacias do alto Tapajós e Parecis - alto Xingu. In: *Geologia do Brasil*, Brasília, MME-DNPM, 1984, p. 93-127, il.
- SERIQUE, J.C.B. & RAMOS, J.F.F. da. Aspectos petrográficos dos sedimentos pré-cambrianos da serra do Paredão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Resumos...* Rio de Janeiro, SBG, out./nov., 1984, p. 51-52.
- SHAW, D.M. The origin of the Arnieu gneiss. *Ontário, Canada Journal Earth Sci.*, p. 18-35, 1972.
- SILVA, G.G. da et alii. *Projeto RADAM*. Folha SB.22 - Araguaia e parte da folha SC.22 - Tocantins; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.

- Rio de Janeiro, 1974 (Levantamentos de Recursos Naturais, 4).
- SILVA, J.L. da. Mina de manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anexo aos Anais...* Belém, SBG, nov., 1988, p. 73-94, il.
- SIQUEIRA, J.B. Evolução litostrutural do duplex distensivo do Salobo - Dissertação de Mestrado. Belém, UFFa, Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, 1990.
- SUDAM/PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA. Atlas climatológico da Amazônia brasileira. Belém, 1984 (Publicação, 39).
- SUSZCZYNSKI, E. A origem vulcânica do minério de ferro primário da serra dos Carajás, estado do Pará, região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972, *Anais do...* Belém, SBG, 1972, v. 1, p. 193-120.
- STRECKEISEN, A.L. Plutonic rocks; classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geotimes*, 18 (10): p. 26-30, Oct. 1973.
- TASSINARI, C.C.G. & BASEI, M.A.S. Primeiros resultados arqueanos em migmatitos da região da serra do Tapirapé - Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú-SC, 1980, *Anais do...* Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, out. 1980, v. 5, p. 2.744-2.751, il.
- TASSINARI, C.C.G. et alii. Épocas metalogenéticas relacionadas à granitogênese do cráton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do...* Rio de Janeiro, SBG, 1984, v.6, p. 2.963-2.977, il.
- TASSINARI, C.C.G. et alii. Geologic evolution of the serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, 12 (1-3) p. 263-267, mar./set. 1982.
- TASSINARI, C.C.G. et alii. Geological evolution and evaluation of recent geochronological data in Amazonian craton. In: FINAL MEETING OF THE WORKING GROUP-PROJECT 204, IUGS-UNESCO, 1987, Carajás - PA. *Extendend Abstract*, 1987 p. 20-31, il. (Pre-Cambrian Evolution of the Amazonian Region).
- TEIXEIRA, W. Geochronology of the southern part of the São Francisco craton. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, 12 (1-3): p. 268-277, mar./set. 1982.
- TOLBERT, G.E. et alii. *Geology and ore deposits of serra dos Carajás*, Pará - Brasil, Cia. Meridional de Mineração, 1970.
- TROUW, R.A.J. et alii. Geologia da região de Tucuruí, baixo Tocantins, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto, 1976. *Anais do...* Ouro Preto, SBG, 1976, v. 2, p. 137-148. Mapa, perfil geol., bibliogr.
- VALARELLI, J. et alii. Aspectos genéticos do minério de manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais do...* Recife, SBG, nov. 1978, v. 4, p. 1.670-1.679, il.
- VELOSO, H.P. et alii. *Projeto RADAM*. Folha SB-22 - Araguaia e parte da folha SC.22 - Tocantins; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974 (Levantamentos de Recursos Naturais, 4).
- WEBER, K. Metamorphism and crustal rheology - implications for the structural development of the continental crust during prograde metamorphism. In: THE NATURE OF THE LOWER CONTINENTAL CRUST. Geological Society Special Publication, nº 24, 1986.
- WILCOX, R.E. et alii. Basin Wrench Tectonics. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 57, 1973, p. 74-96.
- WINKLER, H.G.F. & SEN, S.K. *Neves Jahrb. Mineral Monatsh*, S.N.T., 1973.
- WIRTH, K.R. et alii. U-Pb ages of zircons from the Grão-Pará group and serra dos Carajás granite, Pará, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, 16 (2) p. 195-200, junho, 1986.
- WOODCOCK, N.H. & FISCHER, M. Strike-slip duplexes. *Journal Structural Geology*, 7. 1986, v. B, p. 725-735.

APÊNDICES

SÚMULA DE DADOS DE PRODUÇÃO

1 - Mapeamento Geológico

Área estudada (km ²)	18.150
Caminhamento Geológico	
Carro (km)	1.325
Barco (km)	173
A pé (km)	48,8
Afloramentos estudados	652
Amostras coletadas	798
Ocorrências Minerais Cadastradas	
Conhecidas	56
Inéditas	55
Análises de Rocha	
Terras-raras	52
Petrográficas	143
Geoquímicas por absorção atômica	20
Espectrográficas semiquantitativas	113
Químicas (óxidos maiores)	113
Fluorescência de raios X	120
Geocronológicas	22

2 - Geoquímica

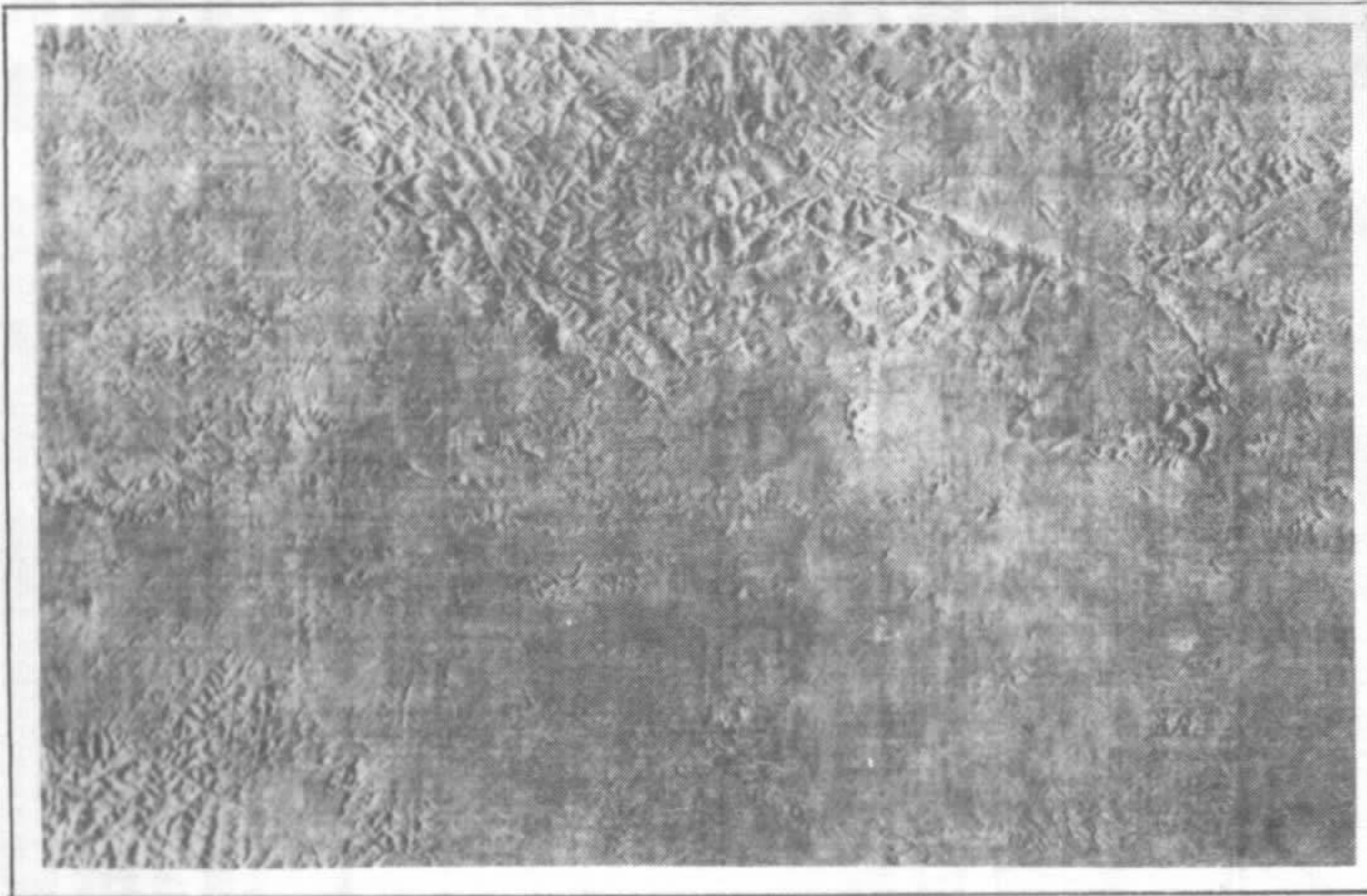
Amostragem	
Sedimento	401*
Concentrado	225
Análises de Sedimento	
Absorção atômica	254
Espectrografia de Emissão	254
Análises de Concentrado	
Absorção atômica	123
Espectrografia de emissão	254
Mineralógica	145

3 - Geofísica Terrestre

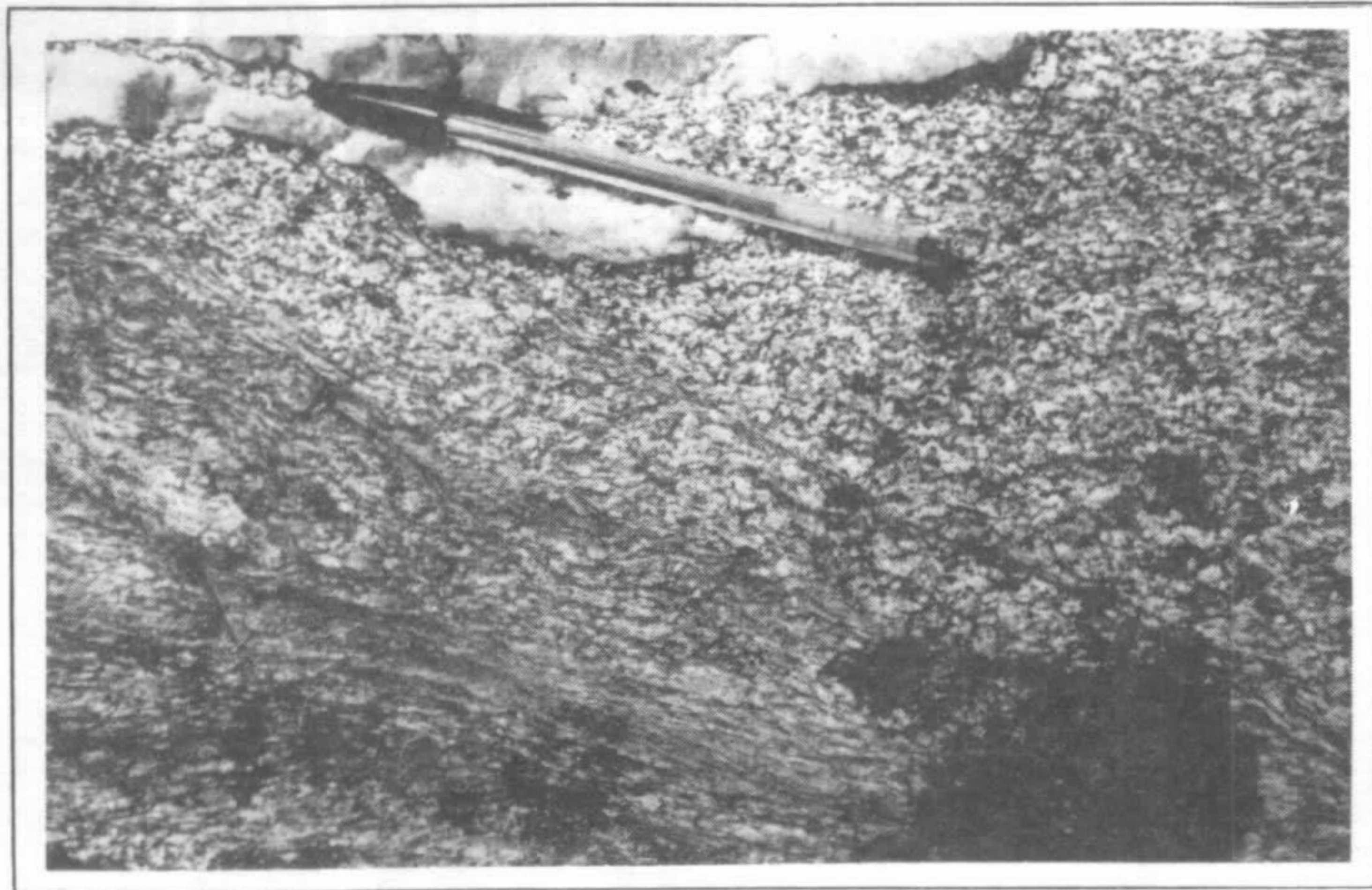
Cintilometria	205
Susceptibilidade magnética de rochas	138

* Das quais, 147 amostradas pelo PGBC.

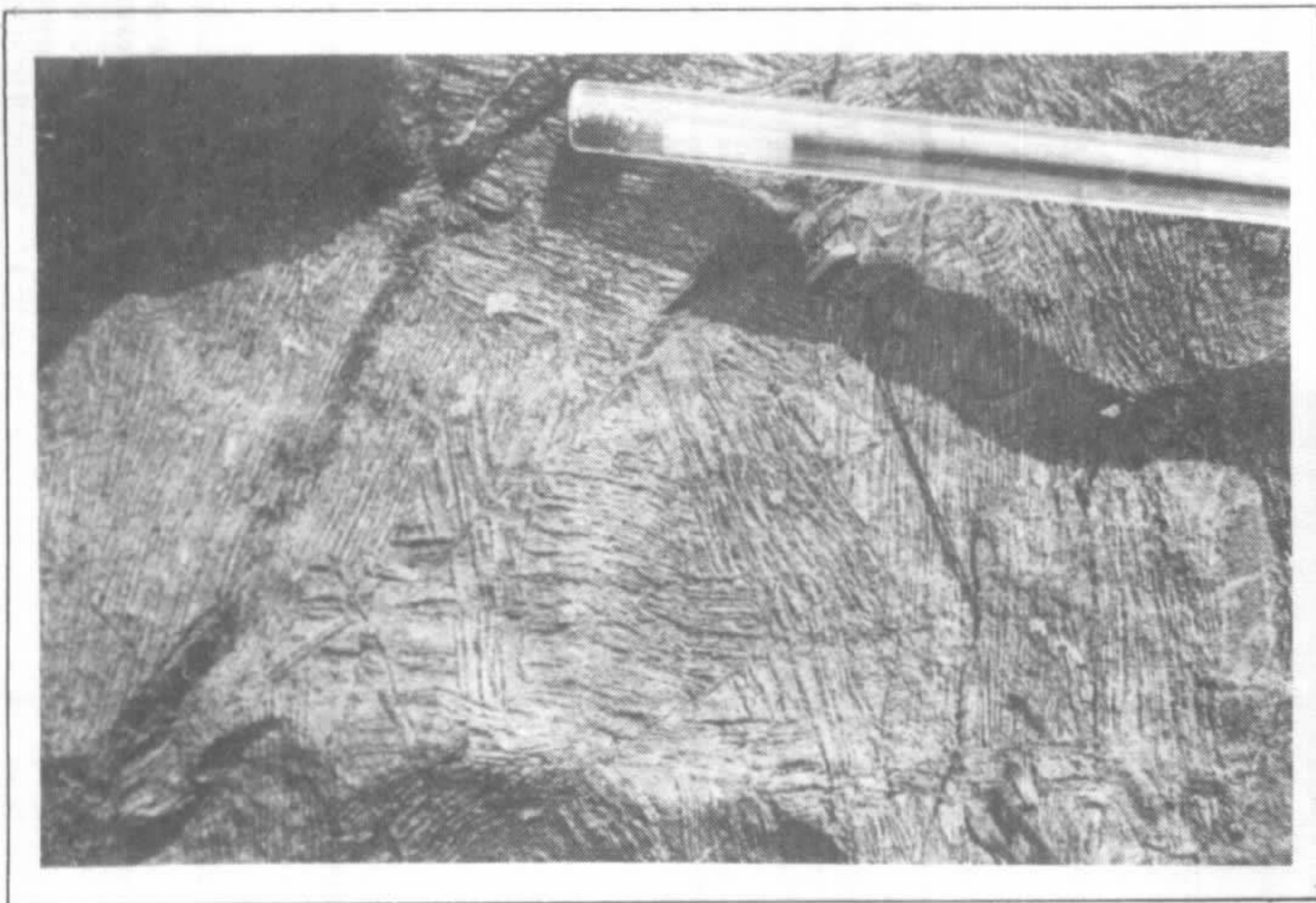
ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS



I.1.1



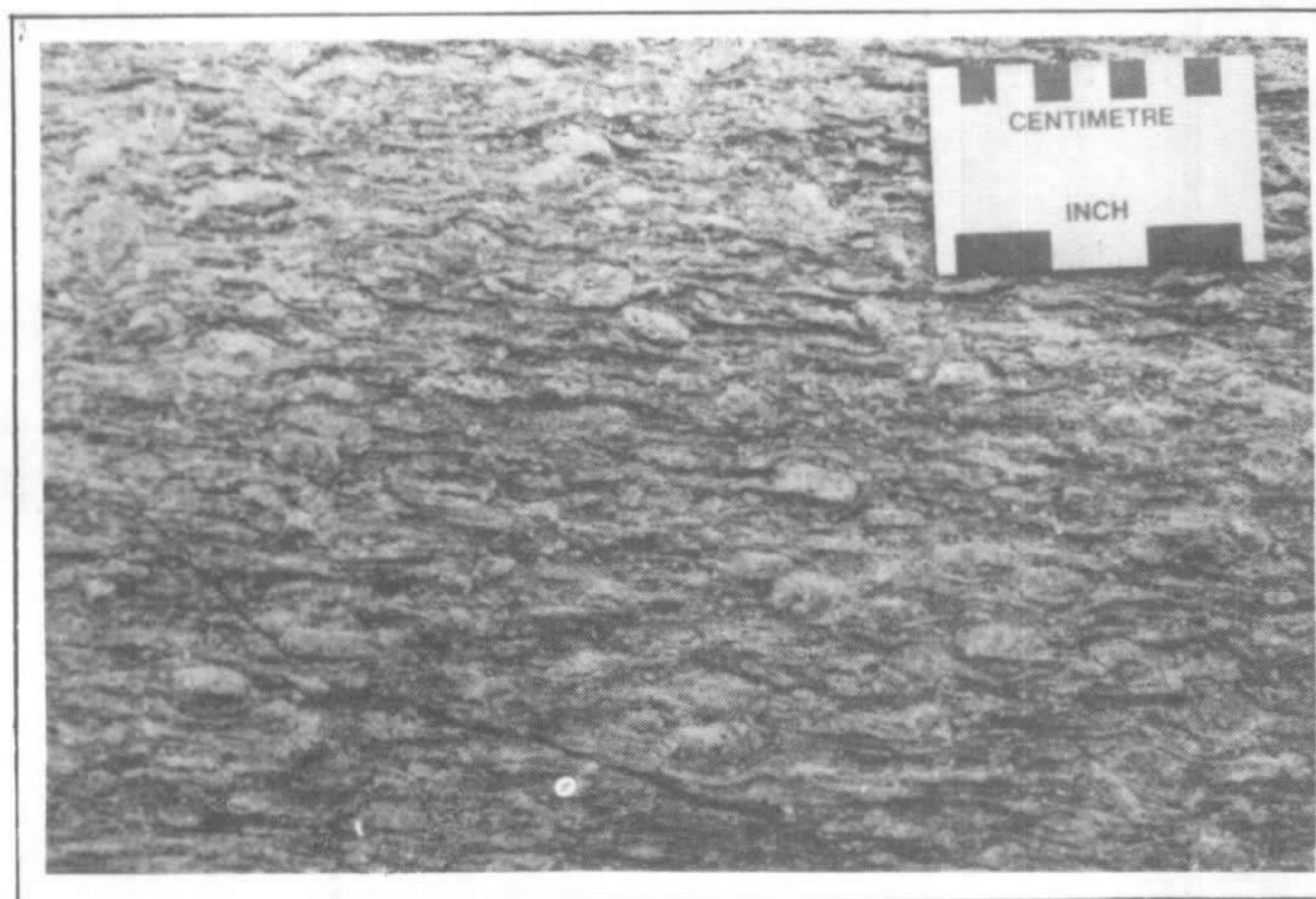
II.1.1



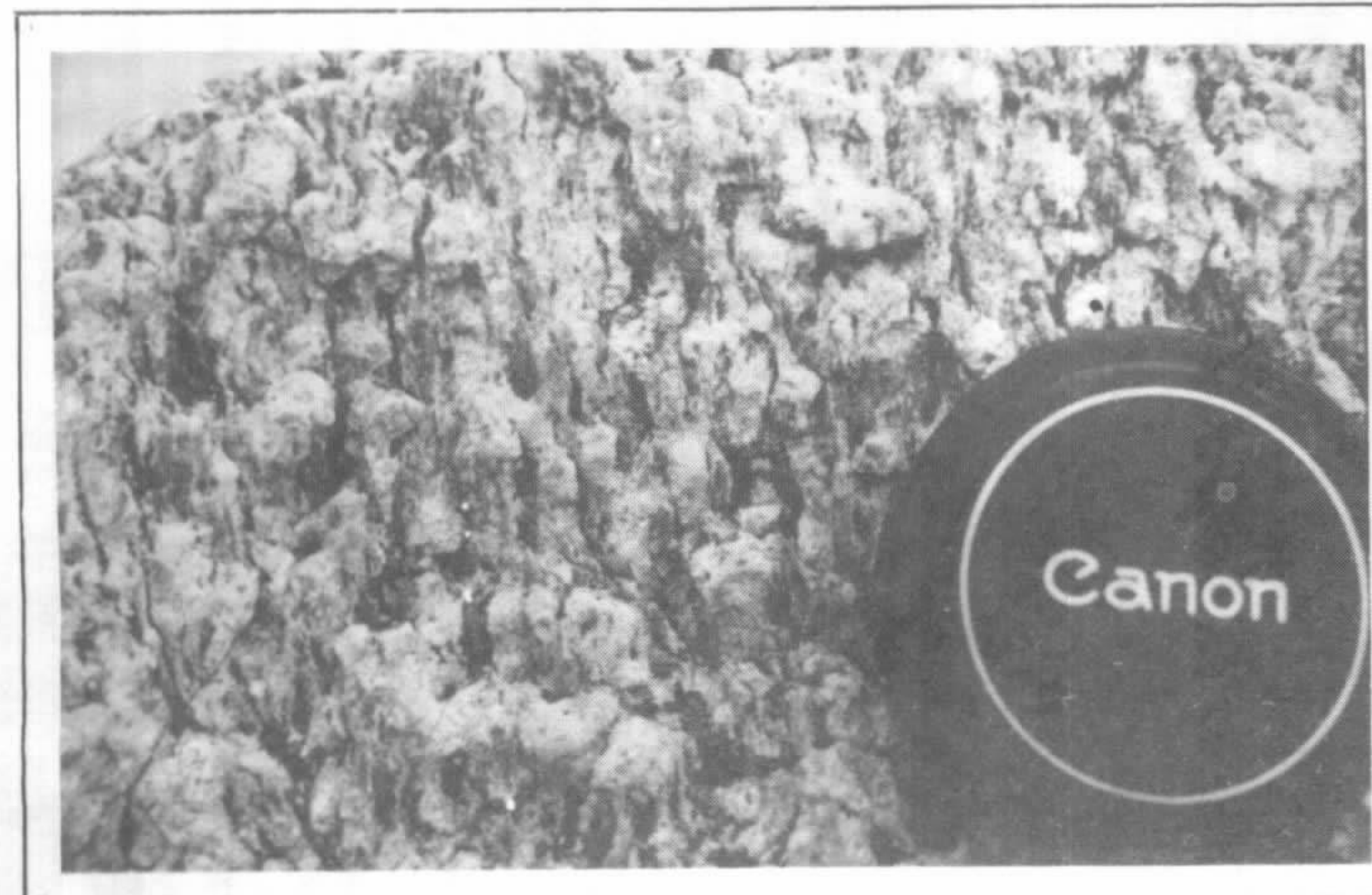
II.1.2a



II.1.2b

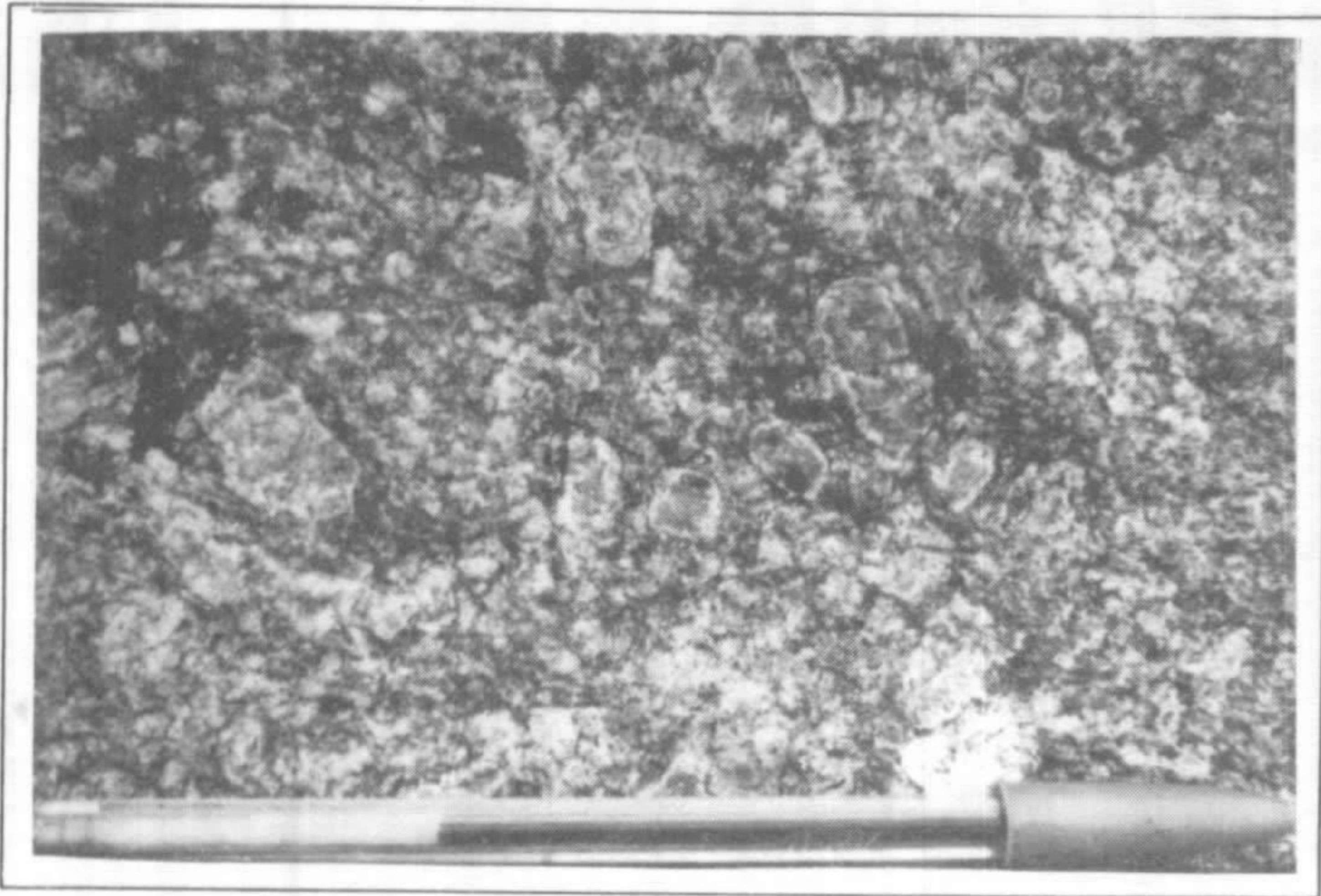


II.1.3

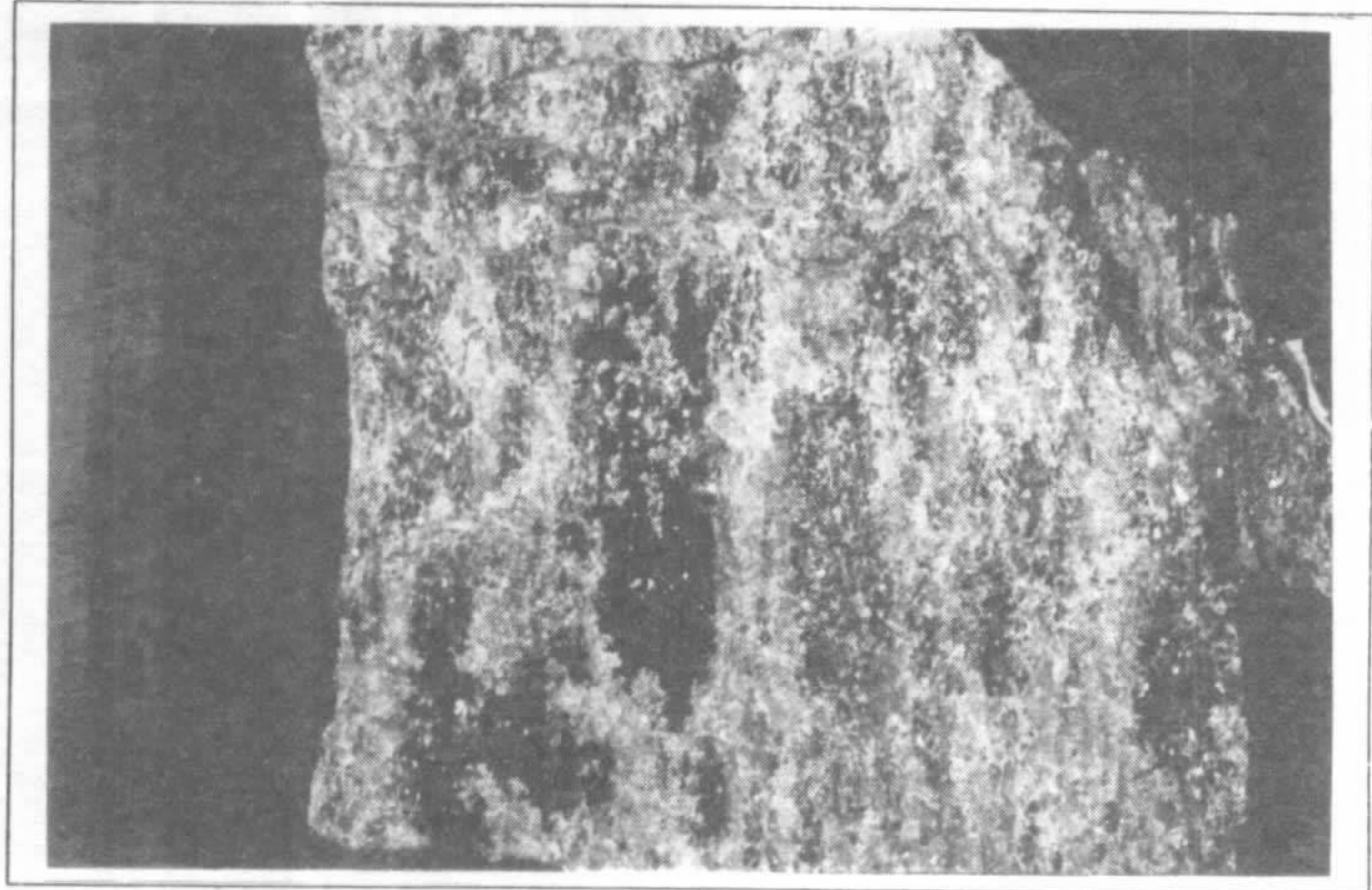


II.1.4

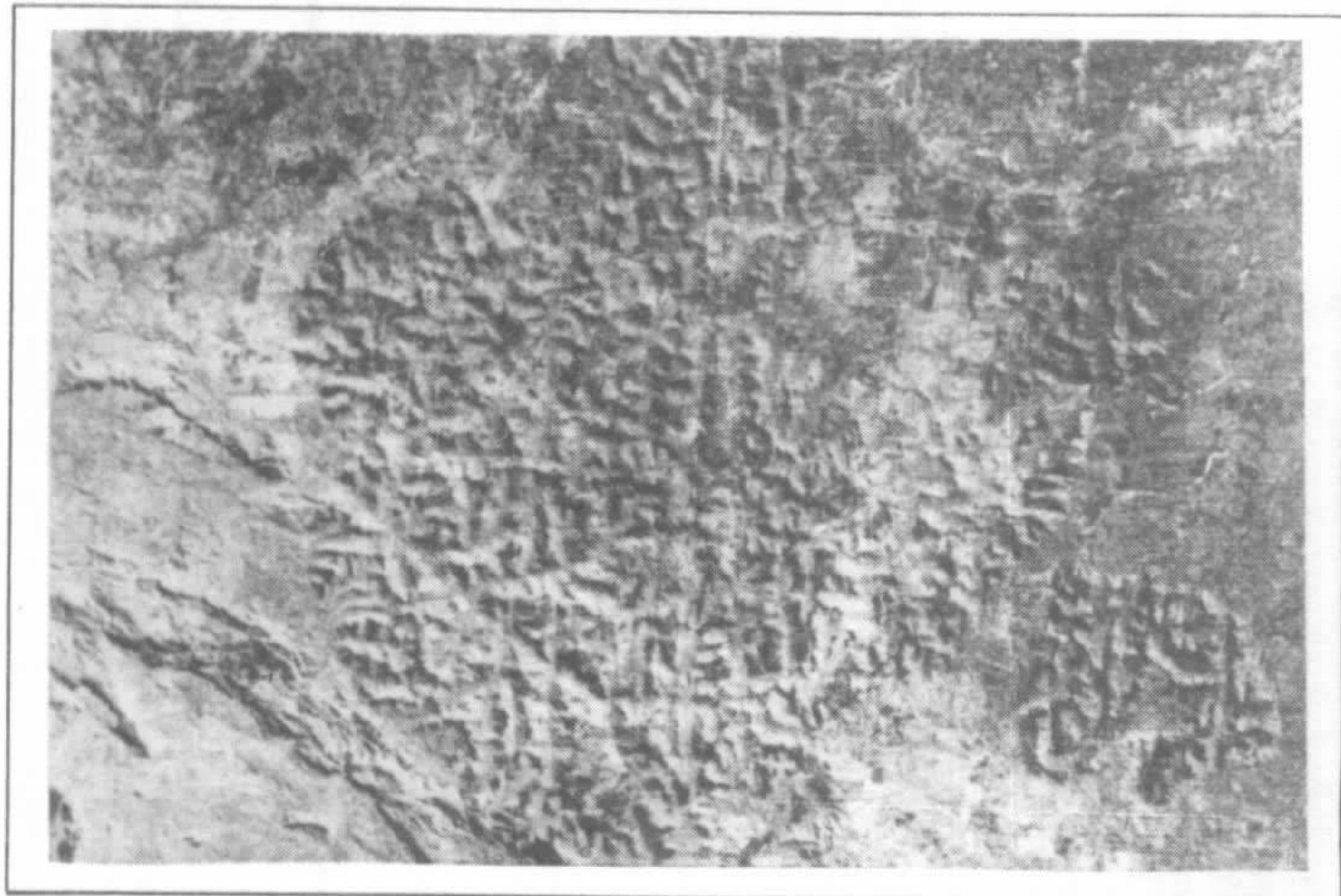
Foto I.1.1 – Visualização panorâmica da folha Serra dos Carajás, onde se destacam os seus dois principais sistemas de relevo. Nas porções centro-norte e sul-sudoeste, o planalto dissecado do sul do Pará, e no restante da folha, a depressão periférica do sul do Pará. **Foto II.1.1 (RN-58a)** – Tonalito do complexo Xingu, foliado em estágio protomilonítico. Observam-se zonas miloníticas mais estreitas, identificadas por acentuado grau de cominuição. Essas áreas são freqüentes nos diversos tipos litológicos da unidade e são alvos de processo de amaciamento na progressão da deformação sob condições predominantemente dúcteis. **Fotos II.1.2a e II.1.2b (RN-71d)** – Afloramentos de metalultramafito do grupo Sapucaia (fazenda Campos Altos), com características komatiíticas e padrão textural *spinifex*, com pseudomorfos de olivina laminar serpentinizados e/ou tremolita cloritizados em orientação algo subparalela. Igualmente, pseudomorfos tremolíticos a partir de clinopiroxênios acicluares fazem o arranjo textural observado mesoscopicamente. **Fotos II.1.3 (OA-51d) e II.1.4 (OA-205)** – Granitóides de ocorrência megalenticularizada ou estratóide, componentes da unidade Plaquê. As fotos mostram o caráter de forte anisotropia planar representada por uma acentuada orientação preferencial de grãos minerais, particularmente as palhetas de biotita e/ou muscovita contornando ocelos feldspáticos. A análise detalhada do arranjo denuncia uma foliação milonítica, arquitetada em regime de cisalhamento dúctil, quando da instalação do cinturão Itacaiúnas. Nos afloramentos são mostradas as fácies paralelas ao plano XZ do elipsóide de deformação finita.



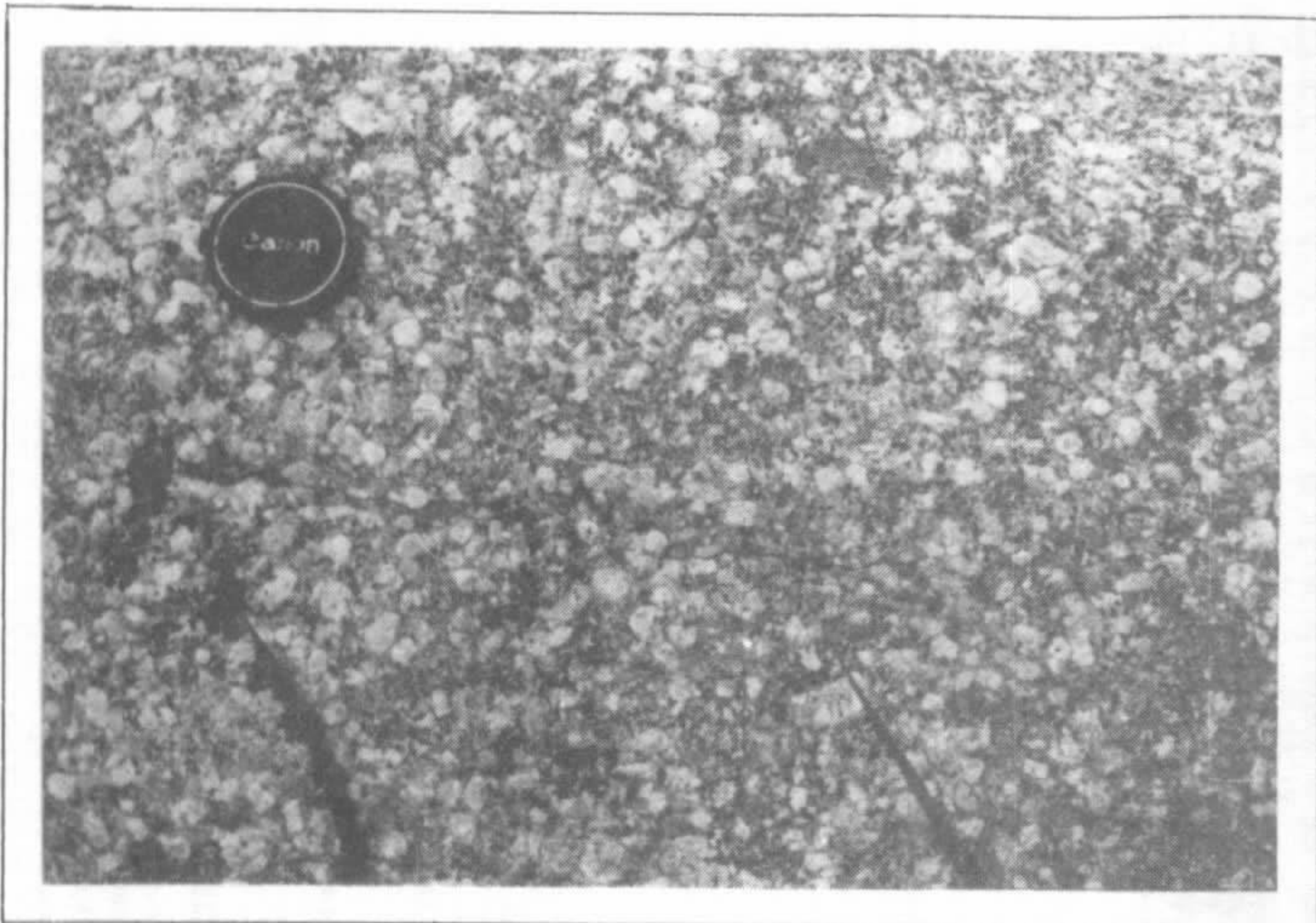
II.1.5



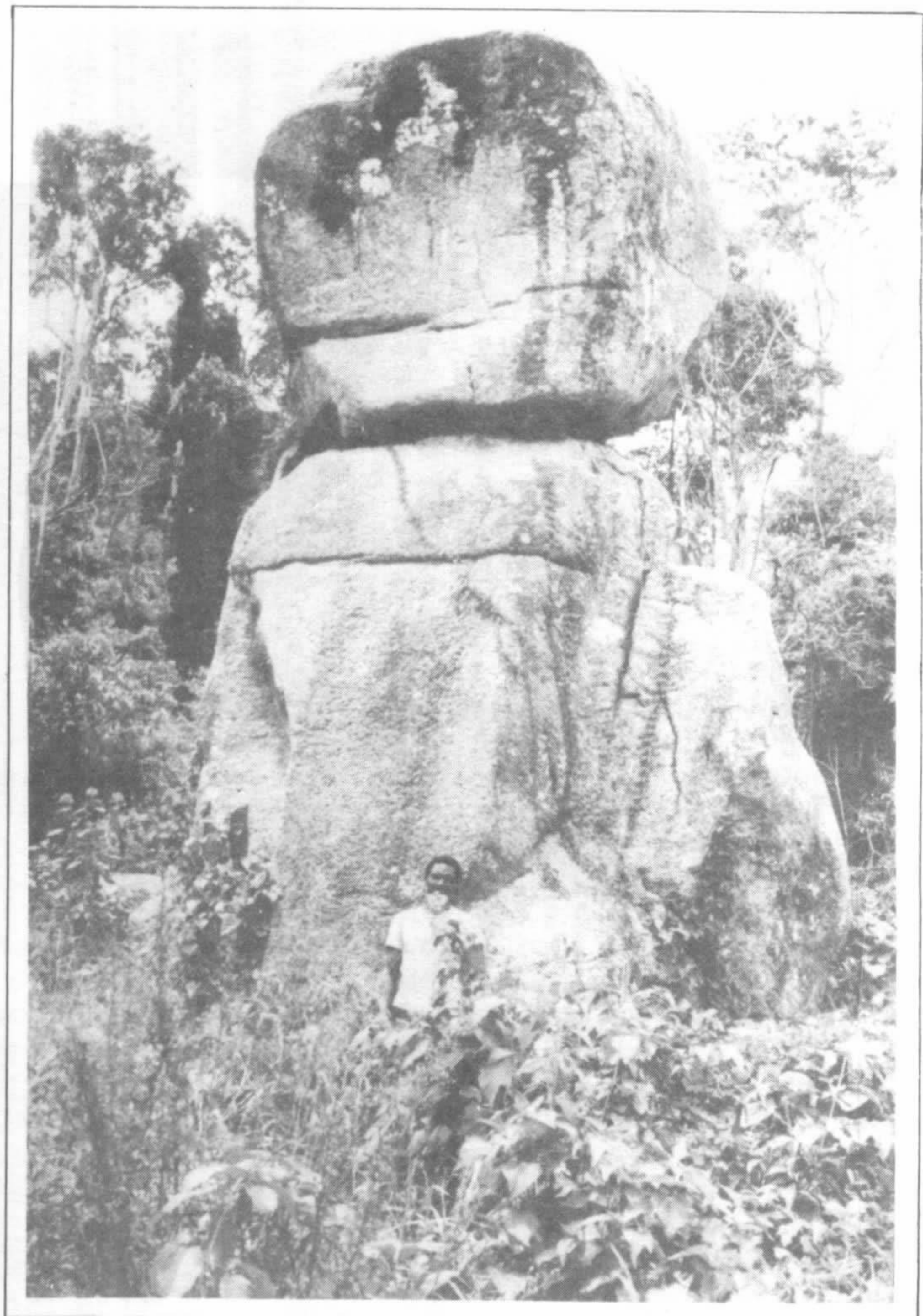
II.1.6



II.1.7

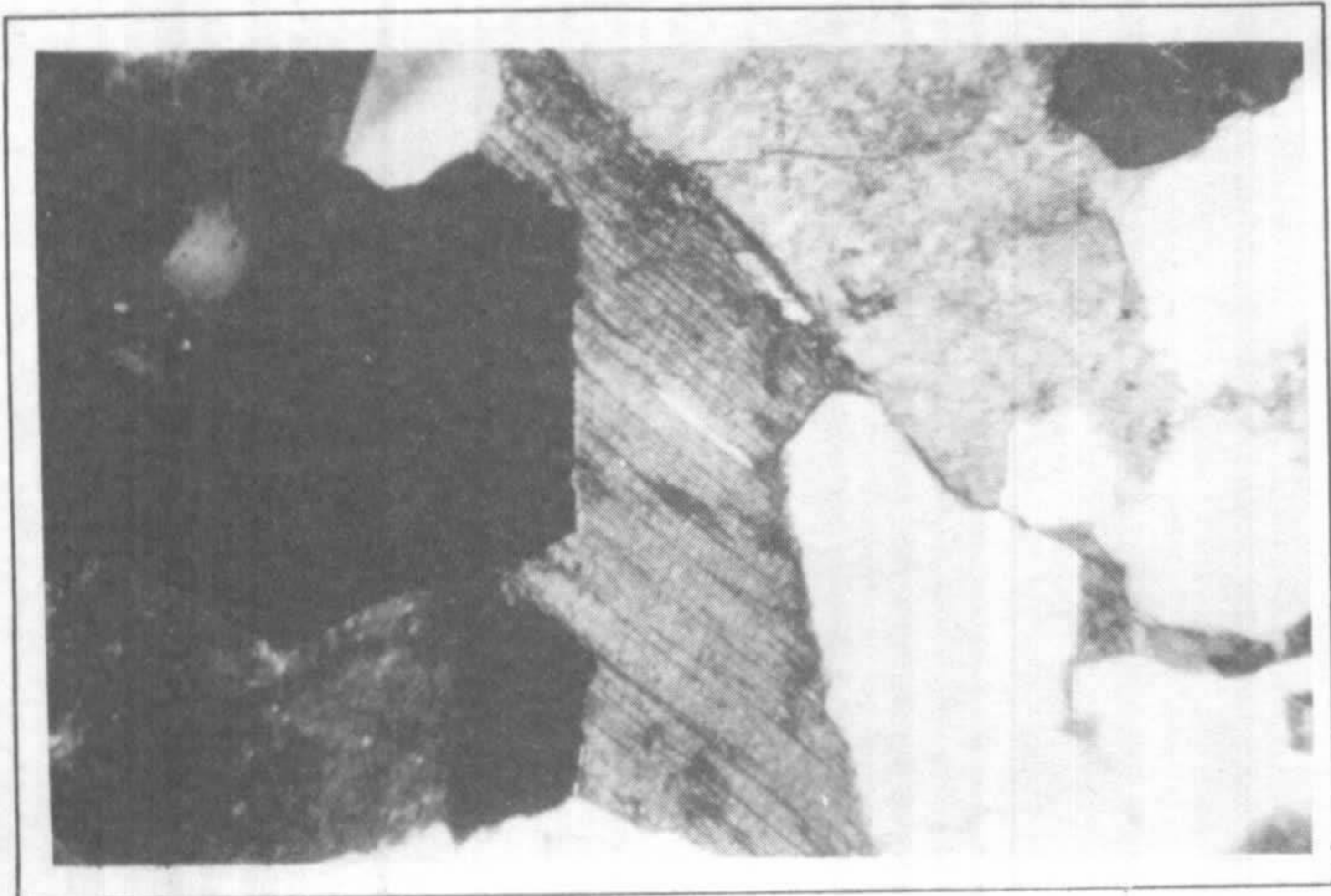


II.1.8a

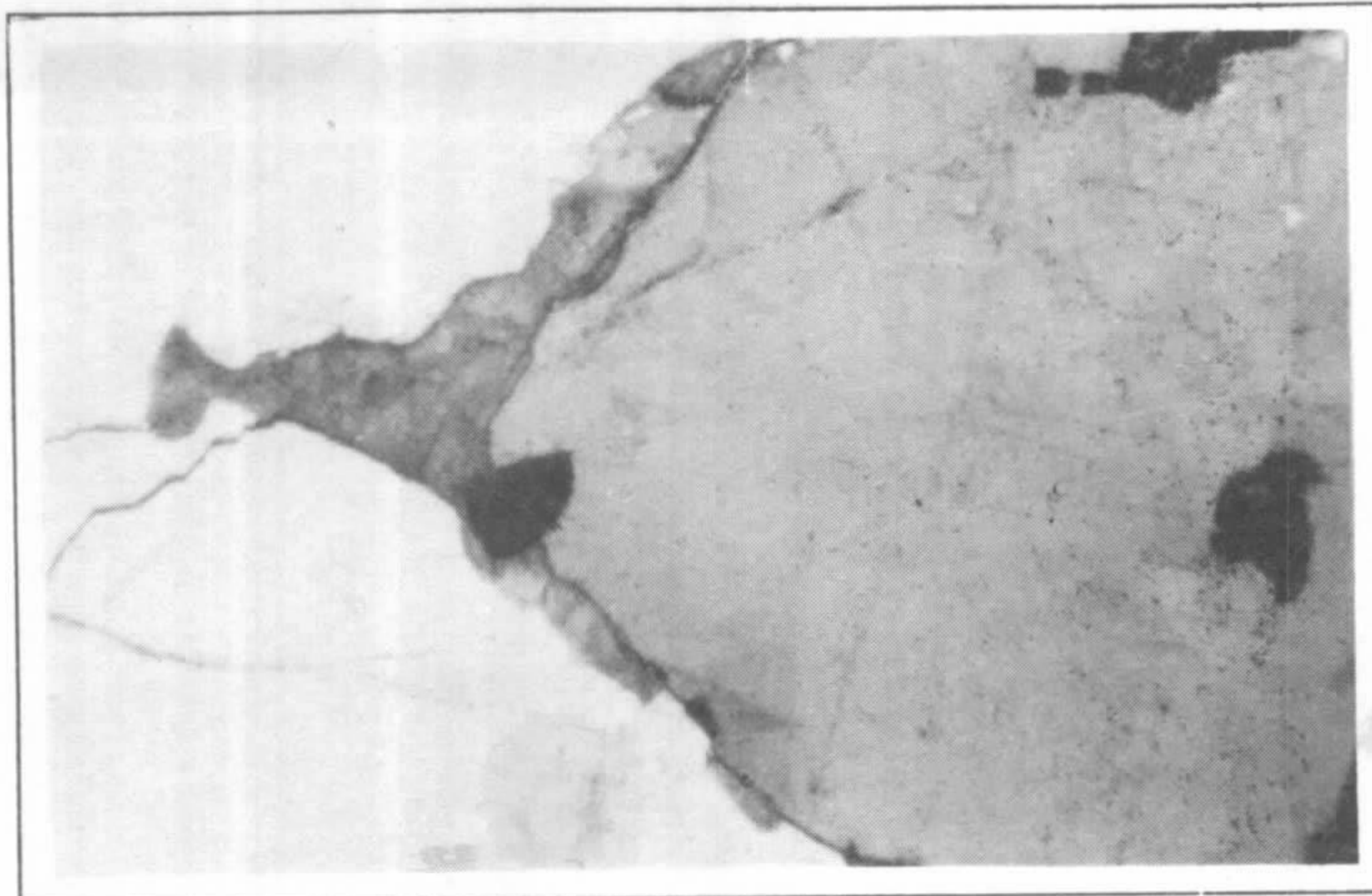


II.1.8b

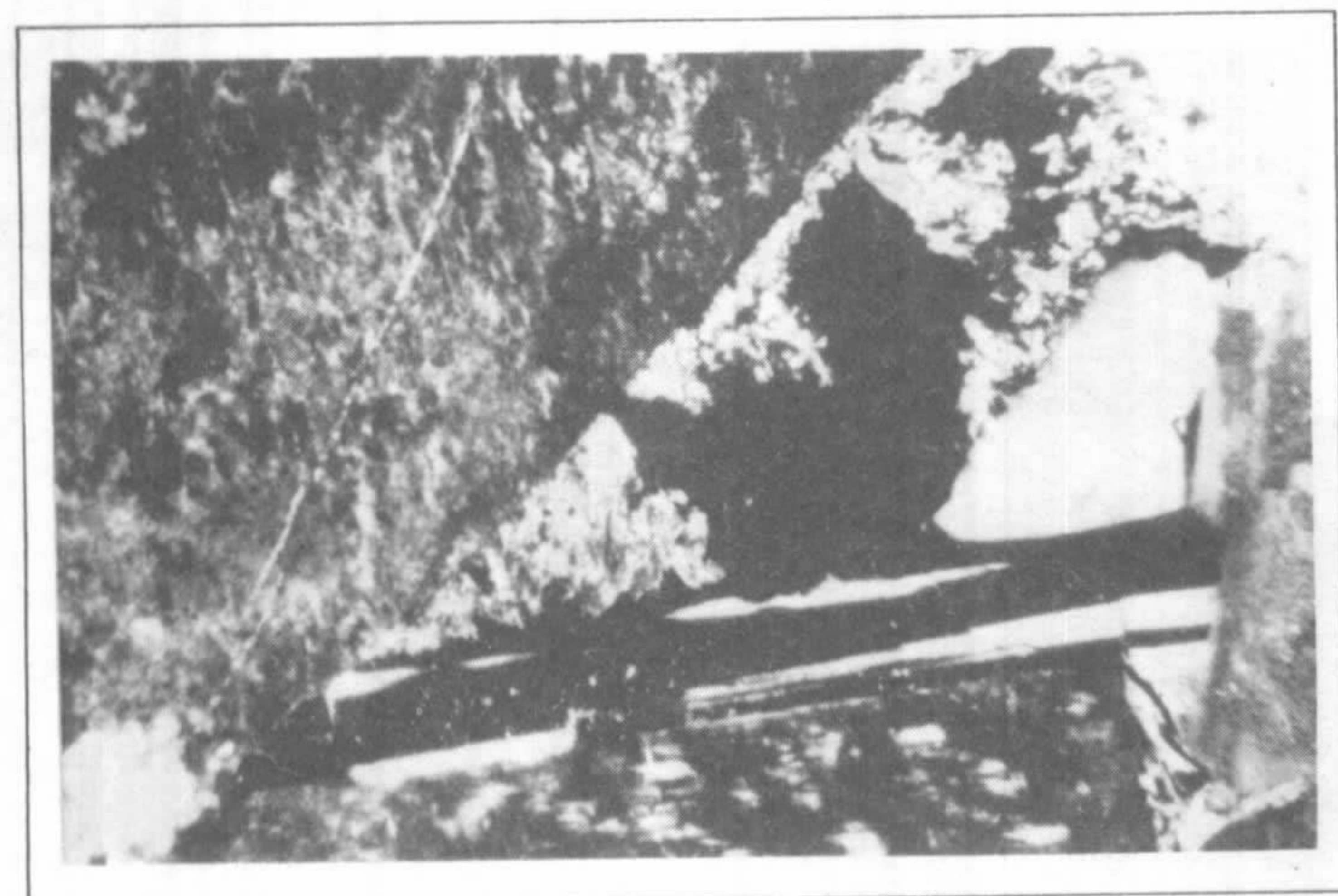
Foto II.1.5 (OA-51d) – Afloramento da unidade Plaqué, mostrando ocelos ou fenoclastos de feldspato potássico manteado por oligoclásio com características pseudo-rapakivíticas. O registro de um arranjo textural e de aparente padrão de isotropismo estrutural é consequência da visualização do afloramento em fácies perpendicular à lineação de estiramento. O plano da foto é paralelo ao plano YZ do elipsóide de deformação finita. **Foto II.1.6 (RN-216)** – Observação mesoscópica em um espécime representativo da unidade Plaqué, com destaque para a lineação de estiramento representada pelo alongamento de aglomerados biotíticos. O plano da foto é paralelo ao plano da foliação ou à seção XY do elipsóide de deformação finita. Escala, 8cm em largura. **Foto II.1.7** – Imagem orbital mostrando vista parcial do maciço da serra da Seringa como componente da suíte intrusiva anorogênica do Proterozóico Médio. Observem-se os limites e os contornos intrusivos e discordantes do maciço, realçados por um padrão fototextural distintivo. A colocação pós-cinemática do maciço está relacionada ao regime distensivo que marca o Proterozóico Médio. **Fotos II.1.8a e II.1.8b (OA-55)** – O maciço granítico da serra da Seringa exibe uma constante homogeneidade textural, mineralógica e estrutural, isenta de efeitos deformacionais e metamórficos.



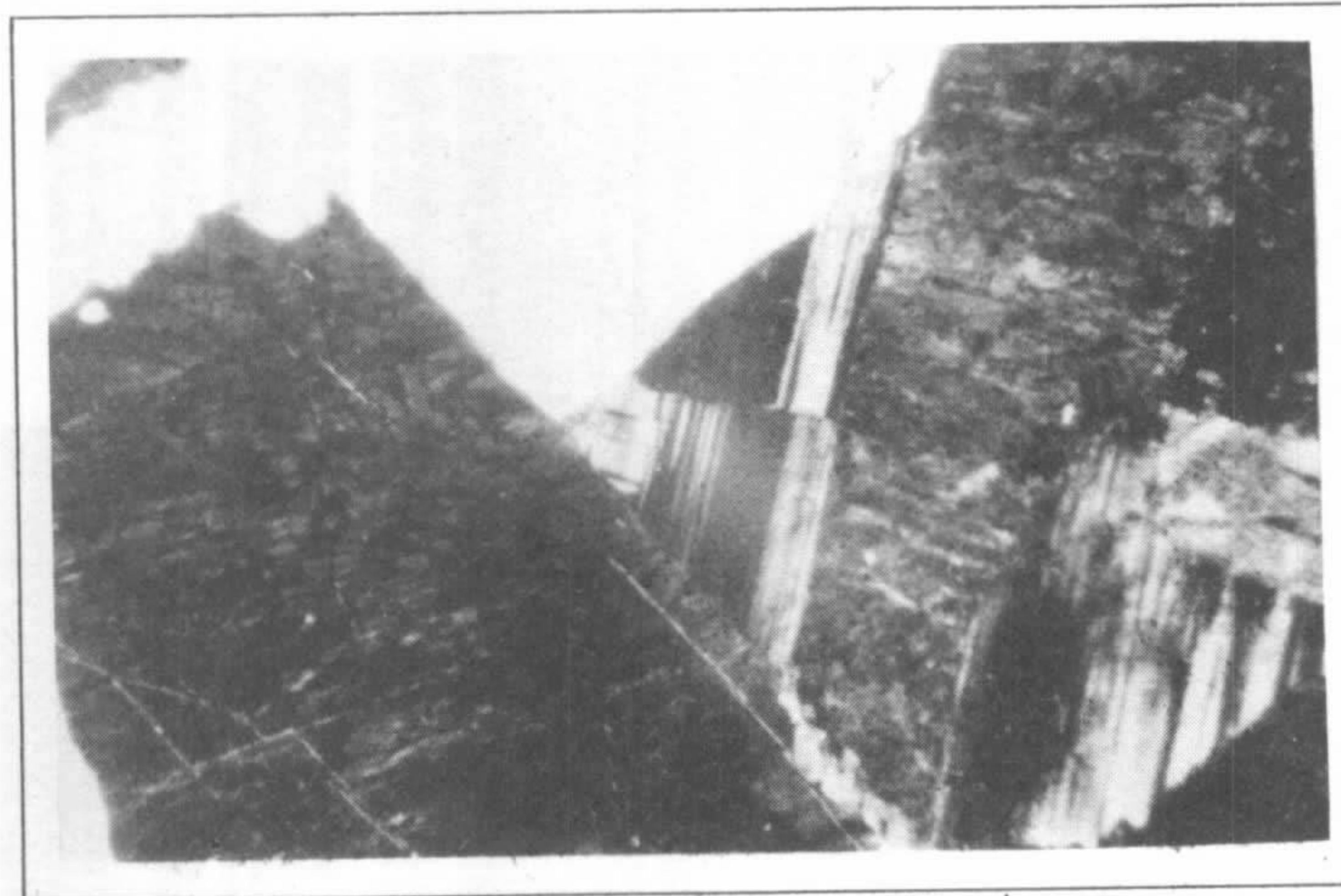
II.1.1a



II.1.1b

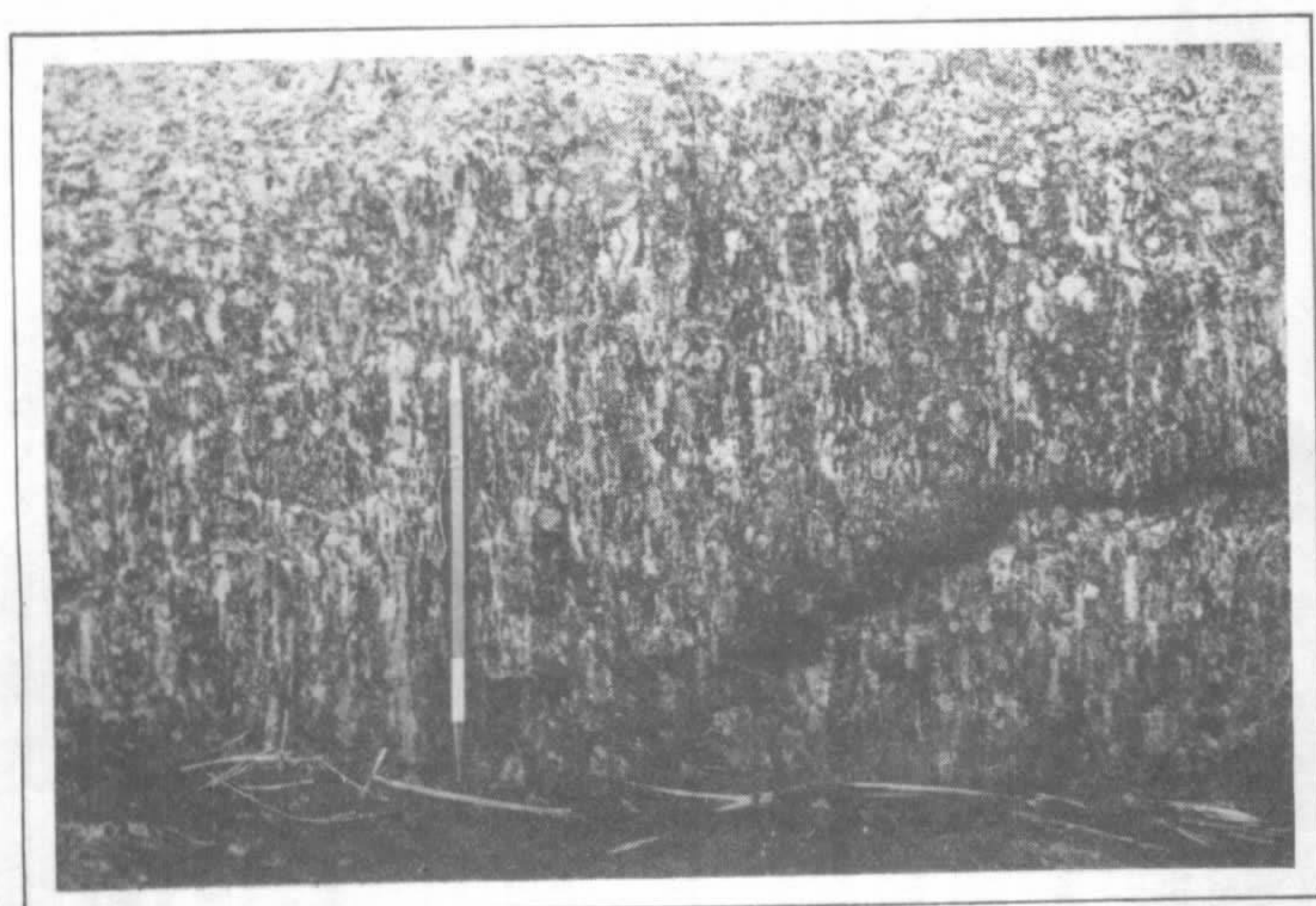


II.1.2a

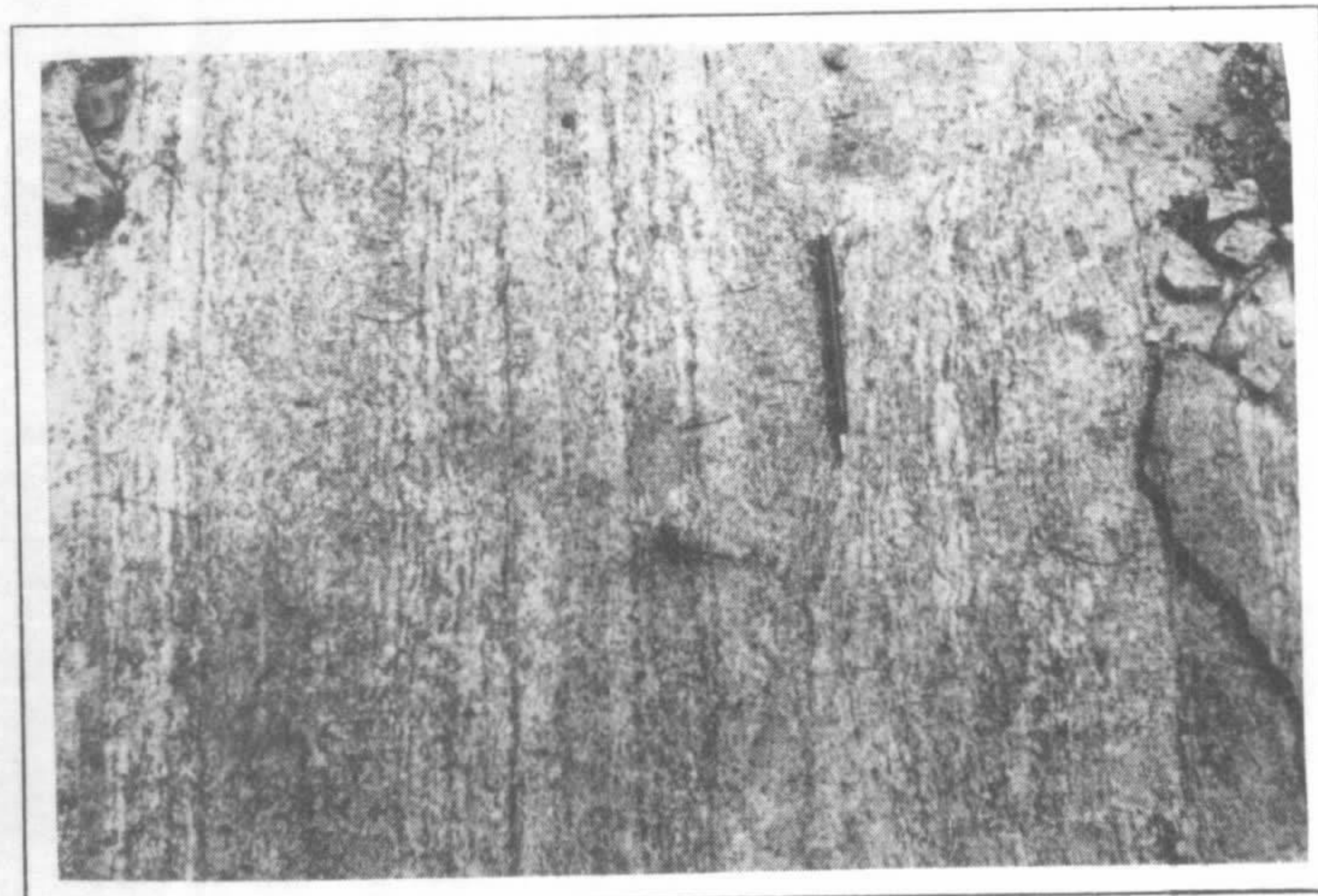


II.1.2b

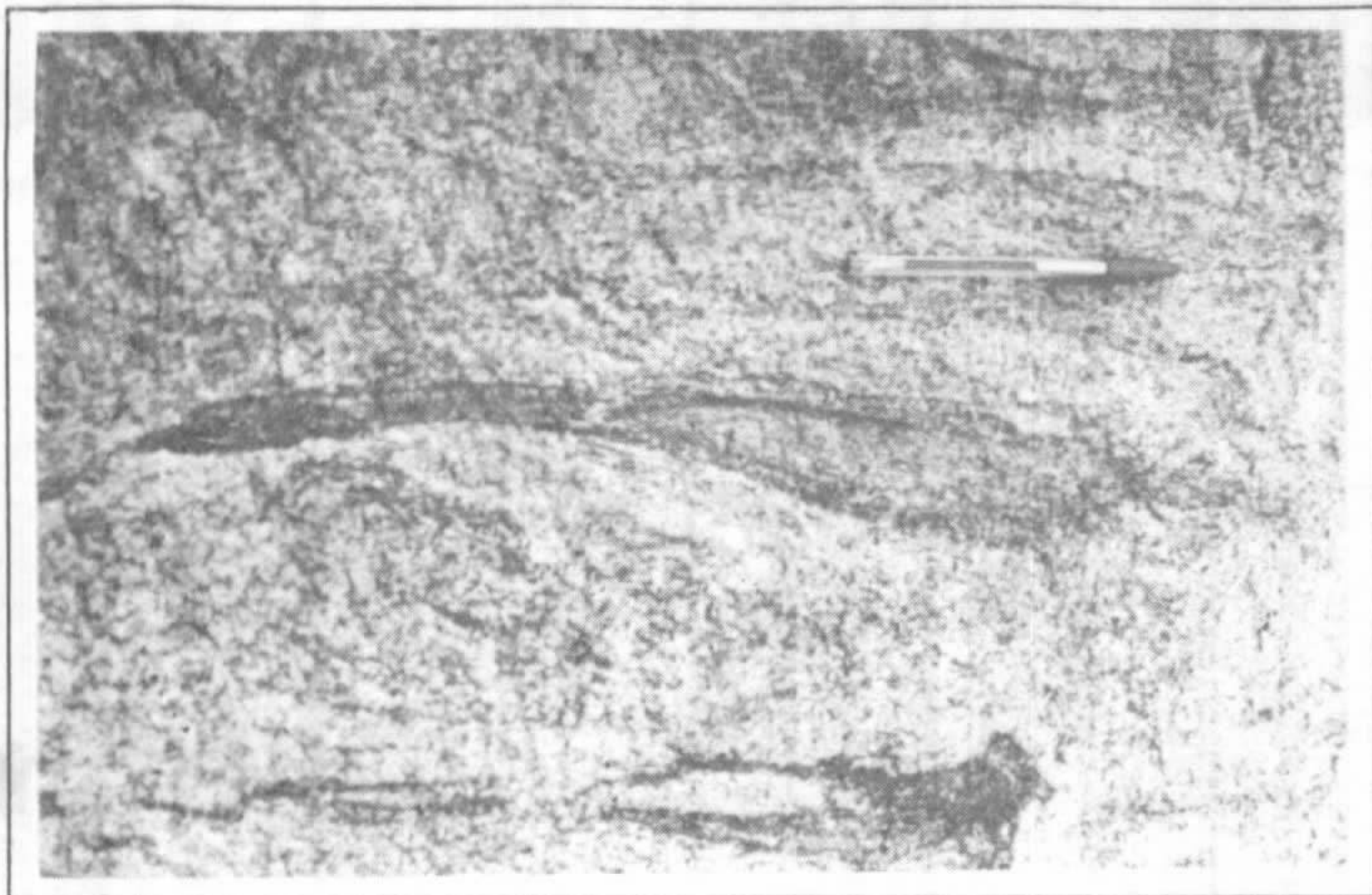
Fotomicrografia II.1.1a (RN-29) – Quartzo, ortoclásio perítico e biotita com plagioclásio subordinado constituem a assembléia mineral dominante que caracteriza os alcalifeldspato-granitos do maciço da serra da Seringa. Observe-se, em destaque, na porção central da foto, cristal de biotita de cristalização tardia xenomórfica, e de localização intersticial, indicando uma inversão na ordem de cristalização. **Fotomicrografia II.1.1b (OA-01)** – Aspecto parcial em seção delgada, mostrando cristais xenomórficos de ortoclásio, ocupando os vales intersticiais, como cristais tardios de segunda geração, e indicando uma inversão na ordem de cristalização para os granitóides do maciço intrusivo da serra da Seringa. **Fotomicrografias II.1.2a e II.1.2b (OA-01)** – Aspecto parcial em seção delgada, mostrando cristais de neo-albita e biotita intersticial de cristalização tardia, denunciando reações de troca entre os feldspatos e uma inversão na ordem de cristalização. Arranjo mútuo dos grãos minerais, em padrão predominantemente hipidiomórfico granular, por cristalização magmática em ambiente tectônico anorogênico, é marcador dos granitóides intrusivos que compõem o batólito da serra da Seringa. **Foto II.2.1 (OA-46b)** – Granolito ácido retrometamorfizado à fácies anfíbolito alto, por alçamento tectônico em regime de cisalhamento dúctil. A foto destaca a pervasiva lineação de estiramento representada por bastonetes de quartzo e feldspato projetada no plano XY do elipsóide de deformação finita. Essa lineação tem tendência à postura frontal com um **pitch** aproximado de 90°. **Foto II.2.2 (RN-315)** – Gnaisse granodiorítico do complexo Xingu. Vista parcial de afloramento representado por milonito bandado, consistindo de uma alternância algo regular de bandas predominantemente quartzofeldspáticas e bandas ricas em biotita. Trata-se de um gnaisse gerado por aleitamento tectônico associado à migração de elementos a partir de um protólito mais grosseiro e menos diferenciado, composicional e estruturalmente.



II.2.1



II.2.2



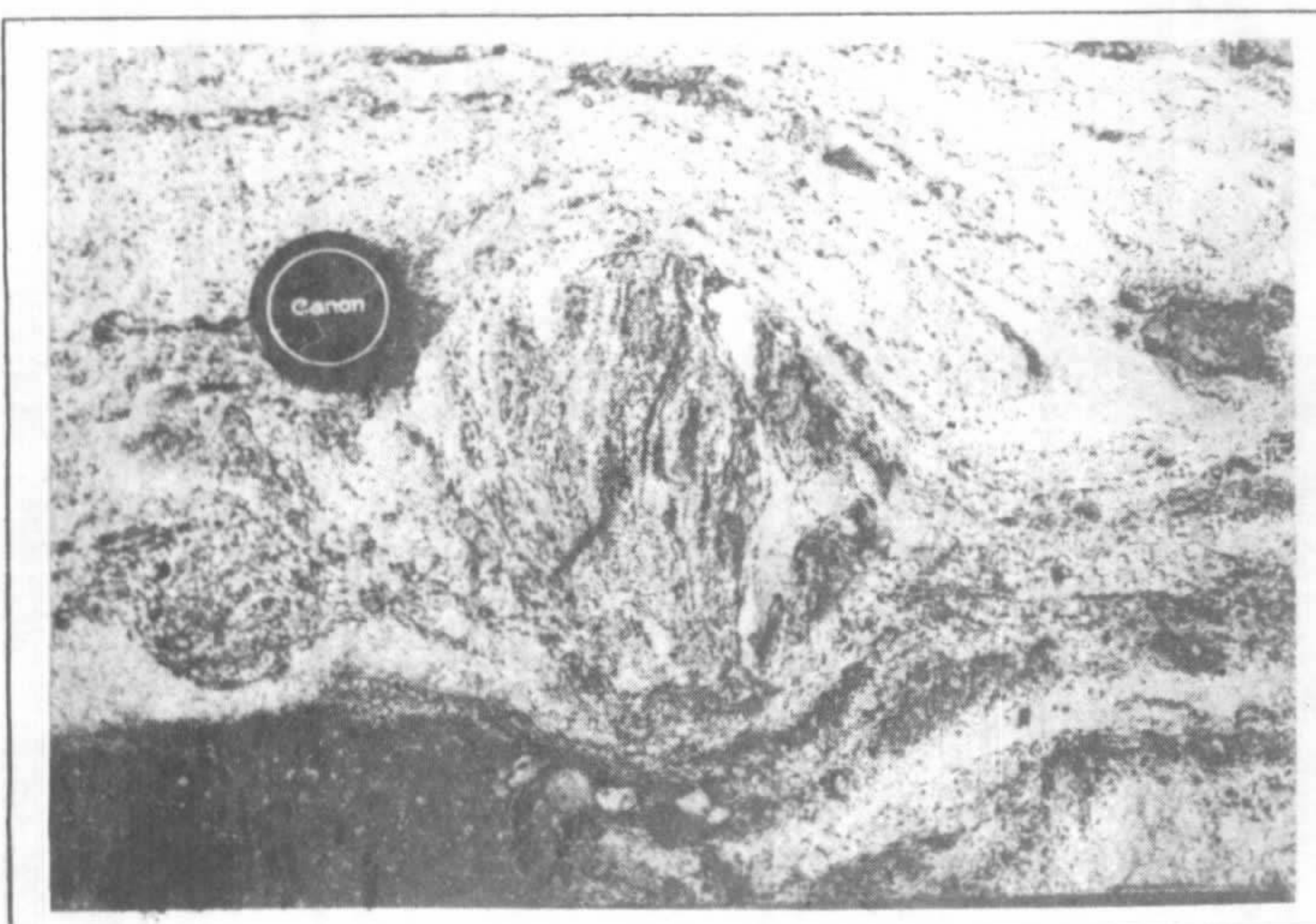
II.2.3



II.2.4

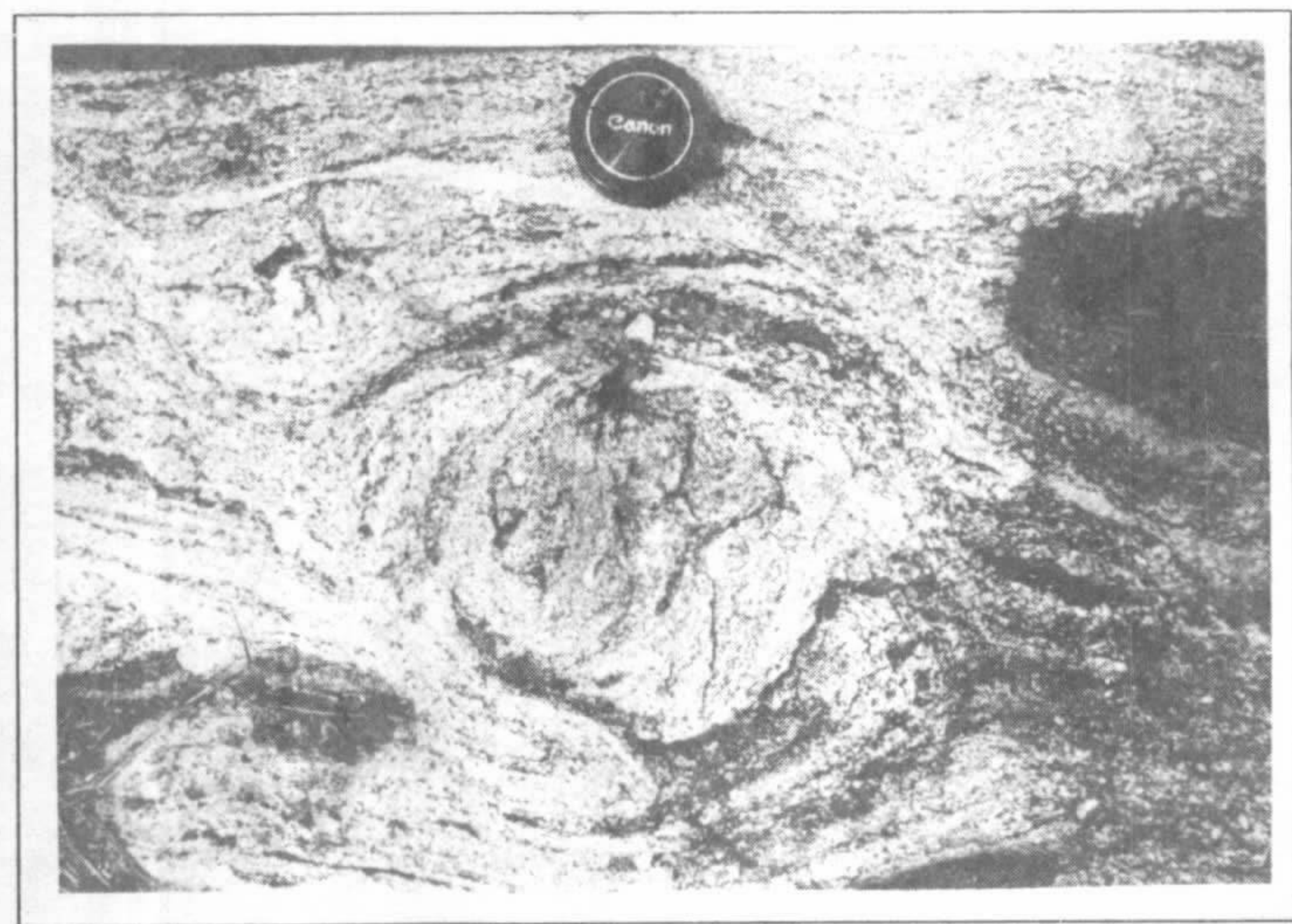


II.2.5

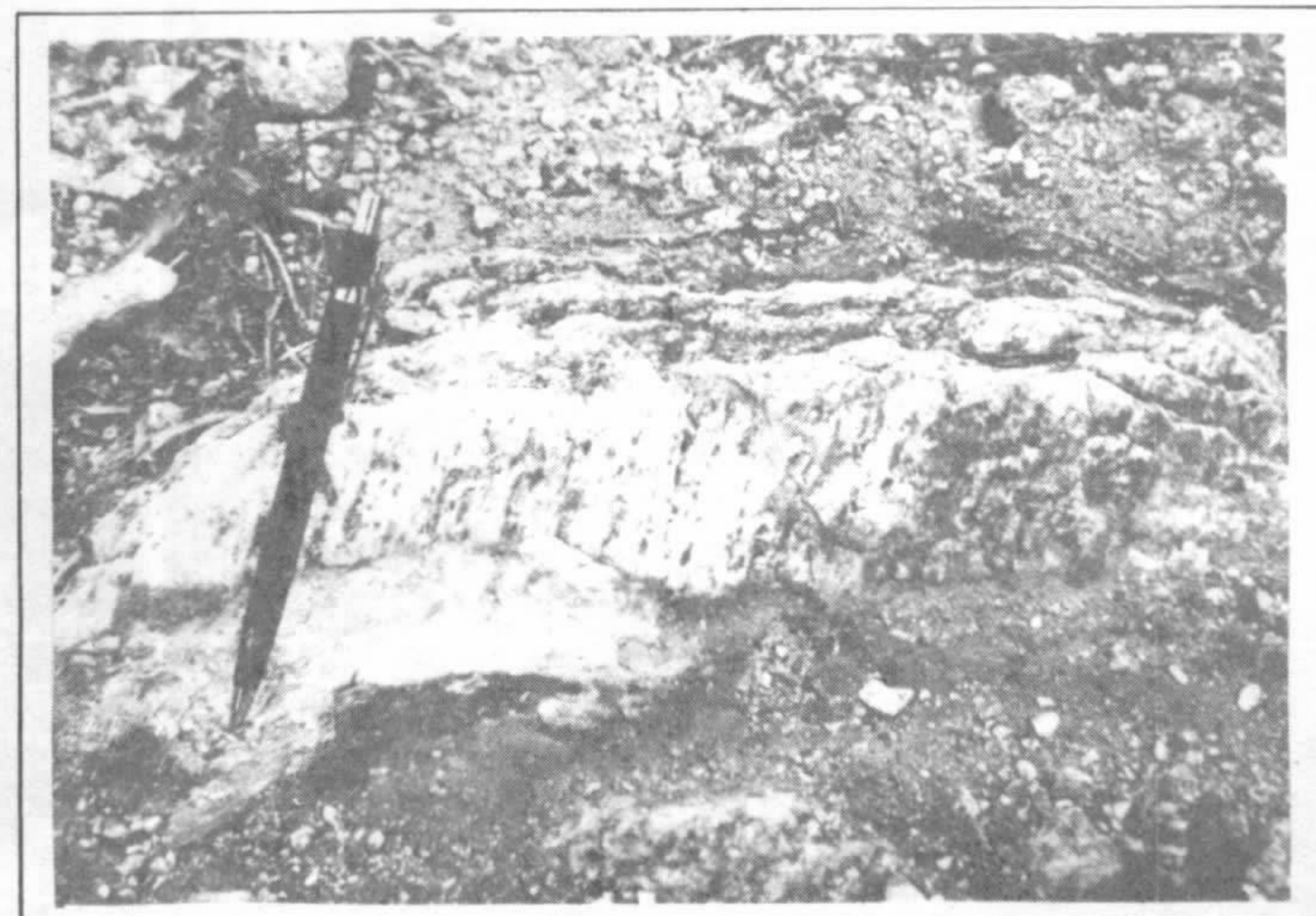


II.2.6b

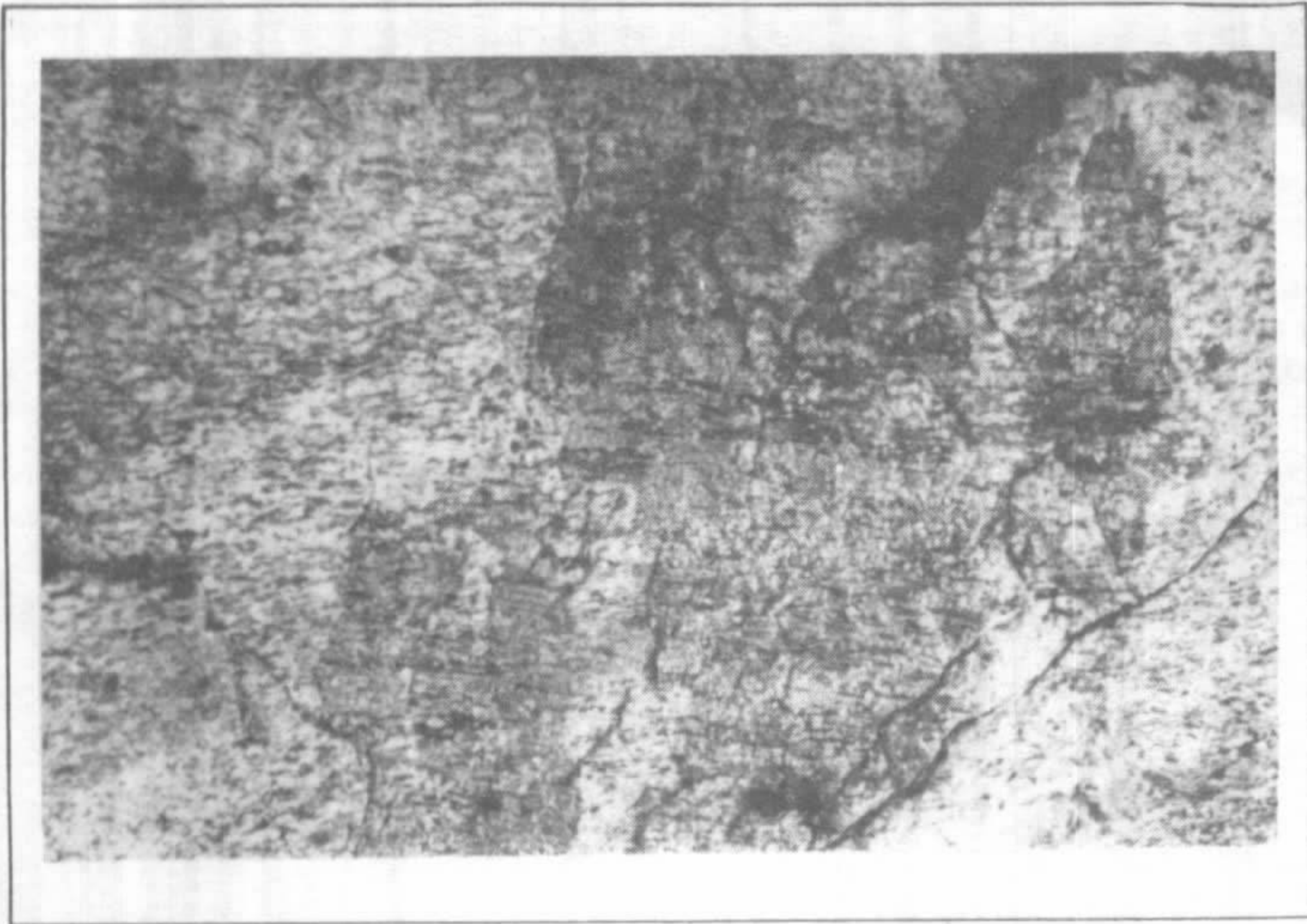
Foto II.2.3 (OA-95a) – Gnaiss granodiorito-milonítico, pertencente ao complexo Xingu. Observação paralela ao plano YZ do elipsóide de deformação finita. No plano, a dobra em "bainha" desenha uma configuração em "olho", cujo eixo é subparalelo à lineação de estiramento, e marca locais de altas taxas deformacionais. **Fotos II.2.4 e II.2.5 (RN-55)** – Gnaiss tonalito-milonítico pertencente ao complexo Xingu. Estruturas extensionais, assimétricas, consistindo de **boudins** anfibolíticos associados a uma matriz tonalítica, cuja assinatura é indicativa de movimentação sinistral. A foliação interna é oblíqua à fábrica planar externa da rocha encaixante. No topo, é marcante o contraste reológico pelo rigor do processo de boudinagem das camadas anfibolíticas. Embaixo, propriedades algo próximas de competência são denunciadas por distintas zonas extensivas nas terminações do bloco pisciforme, elipsoidal, desenhando uma foliação **fish** indicativa de movimentação sinistral. **Fotos II.2.6a e II.2.6b (RN-55)** – Gnaiss tonalítico em estágio milonítico do complexo Xingu, exibindo estruturas **pull apart** assimétricas como indicadores cinemáticos em rocha altamente deformada em regime de cisalhamento dúctil. **Boudins e/ou swells**, de material quartzofeldspático semelhante em composição à matriz, mostram geometria e assimetria similar aos sistemas porfiroclásticos tipo delta. Observe-se que os **boudins** exibem uma foliação interna em alto ângulo à fábrica planar externa da rocha encaixante e que a geometria de suas caudas com a deflexão da foliação externa são indicativas de um sentido de movimentação sinistral. **Foto II.2.7 (RN-315)** – Granitóide foliado do complexo Xingu, exibindo conspícuas estruturas lineares e planares que caracterizam a trama estrutural dos tectonitos "SL". A postura da lineação de estiramento, formada por aglomerados biotíticos, é indicativa de movimentação cavalgante oblíqua.



II.2.6a



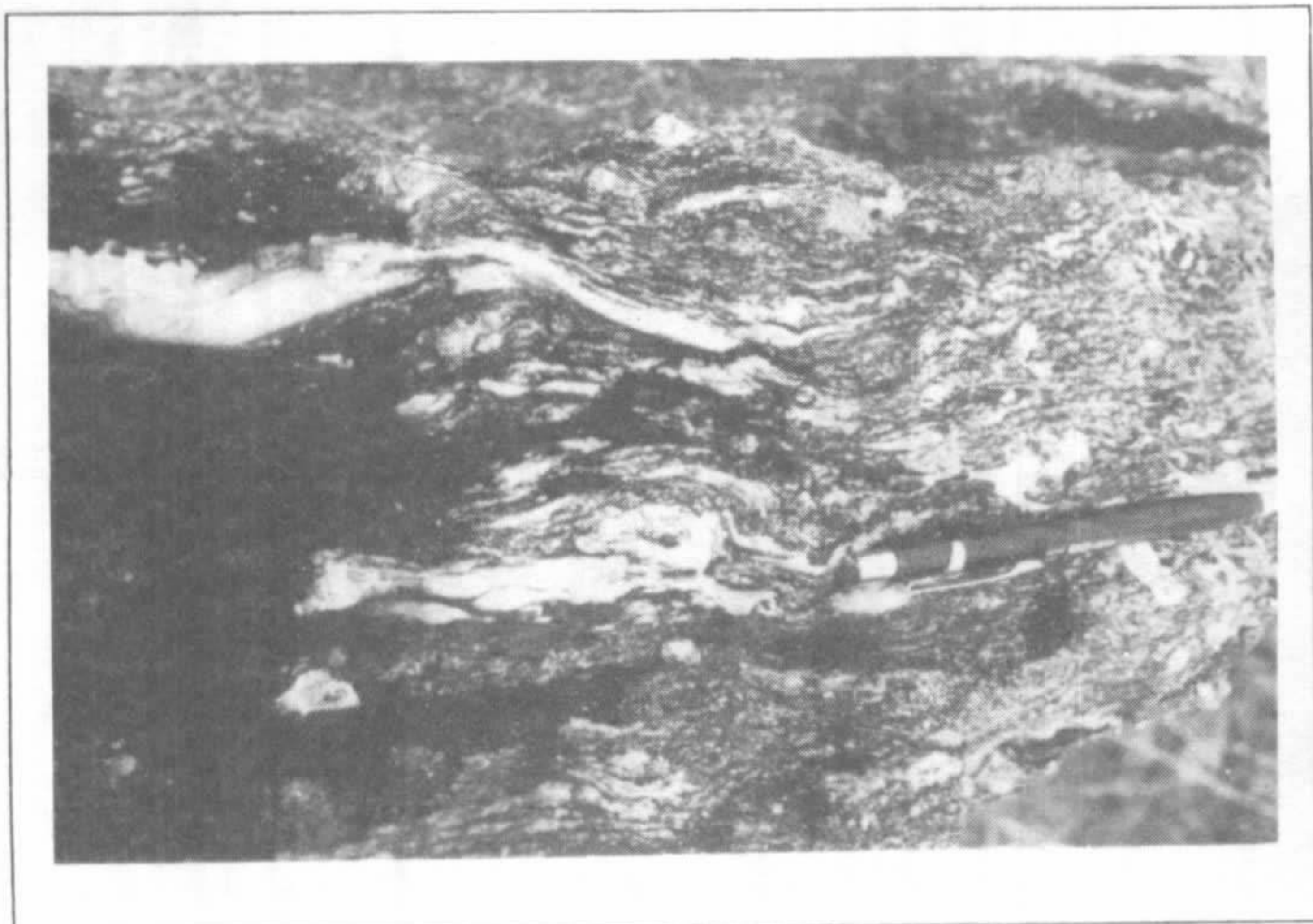
II.2.7



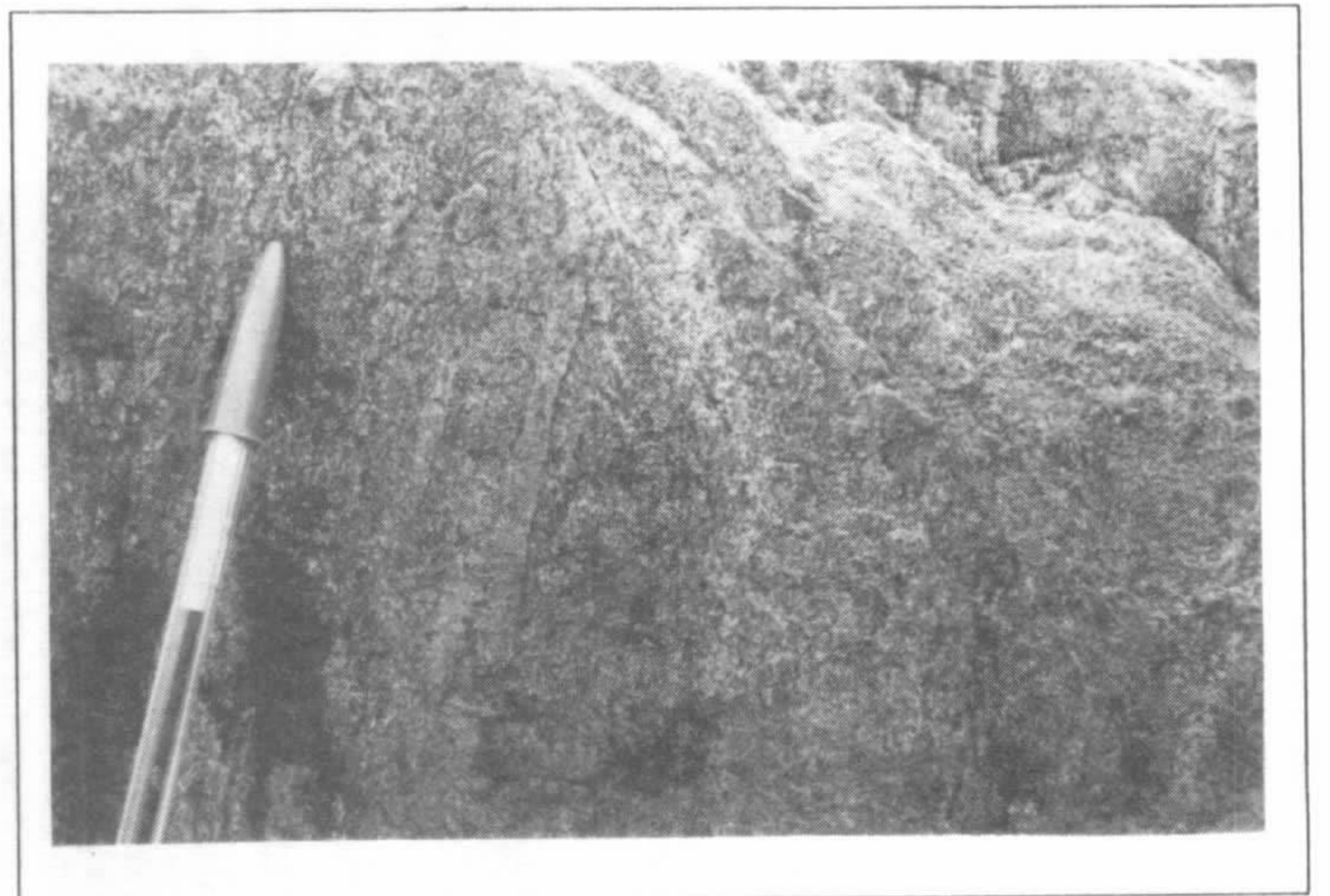
II.2.8



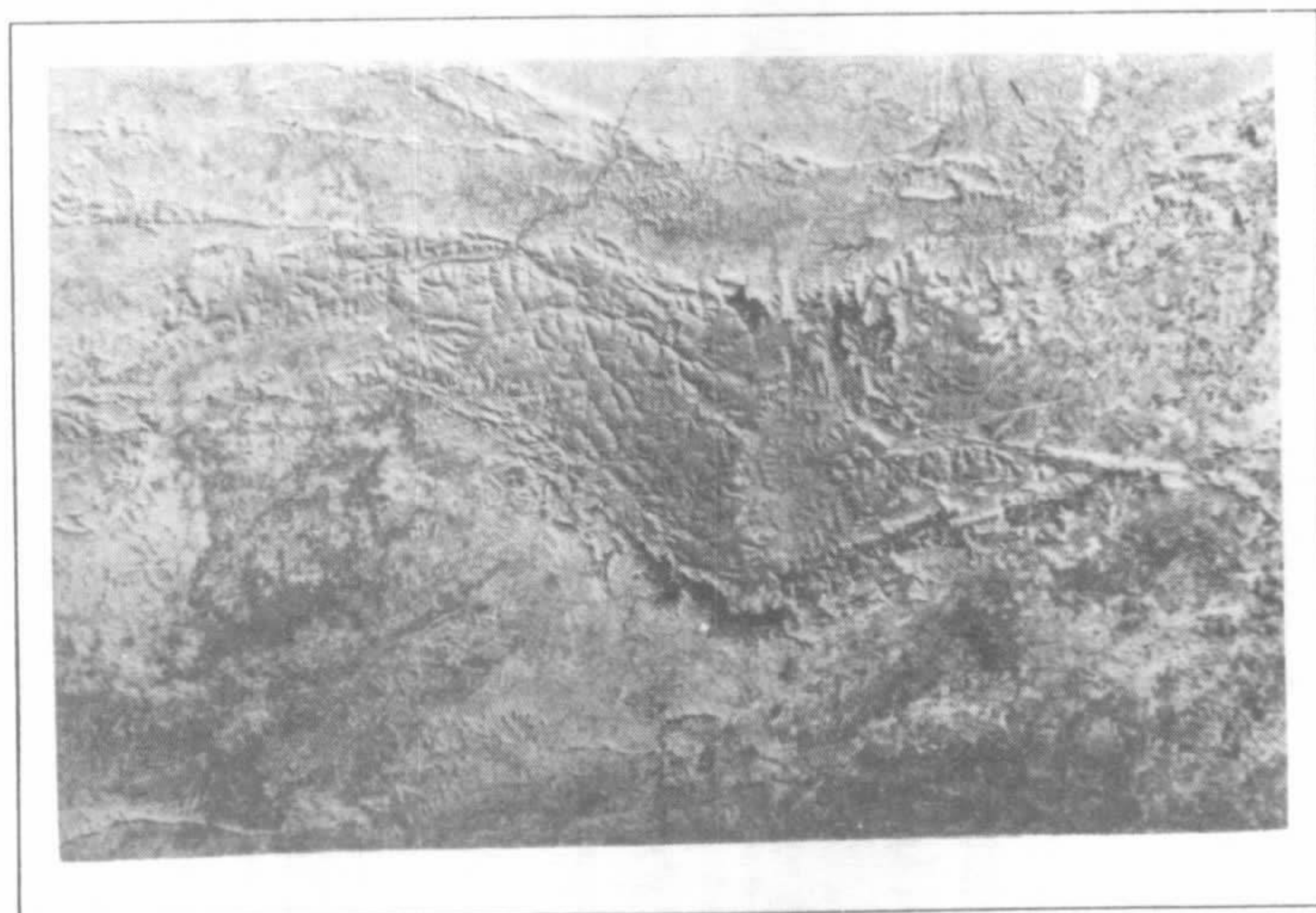
II.2.9a



II.2.9b

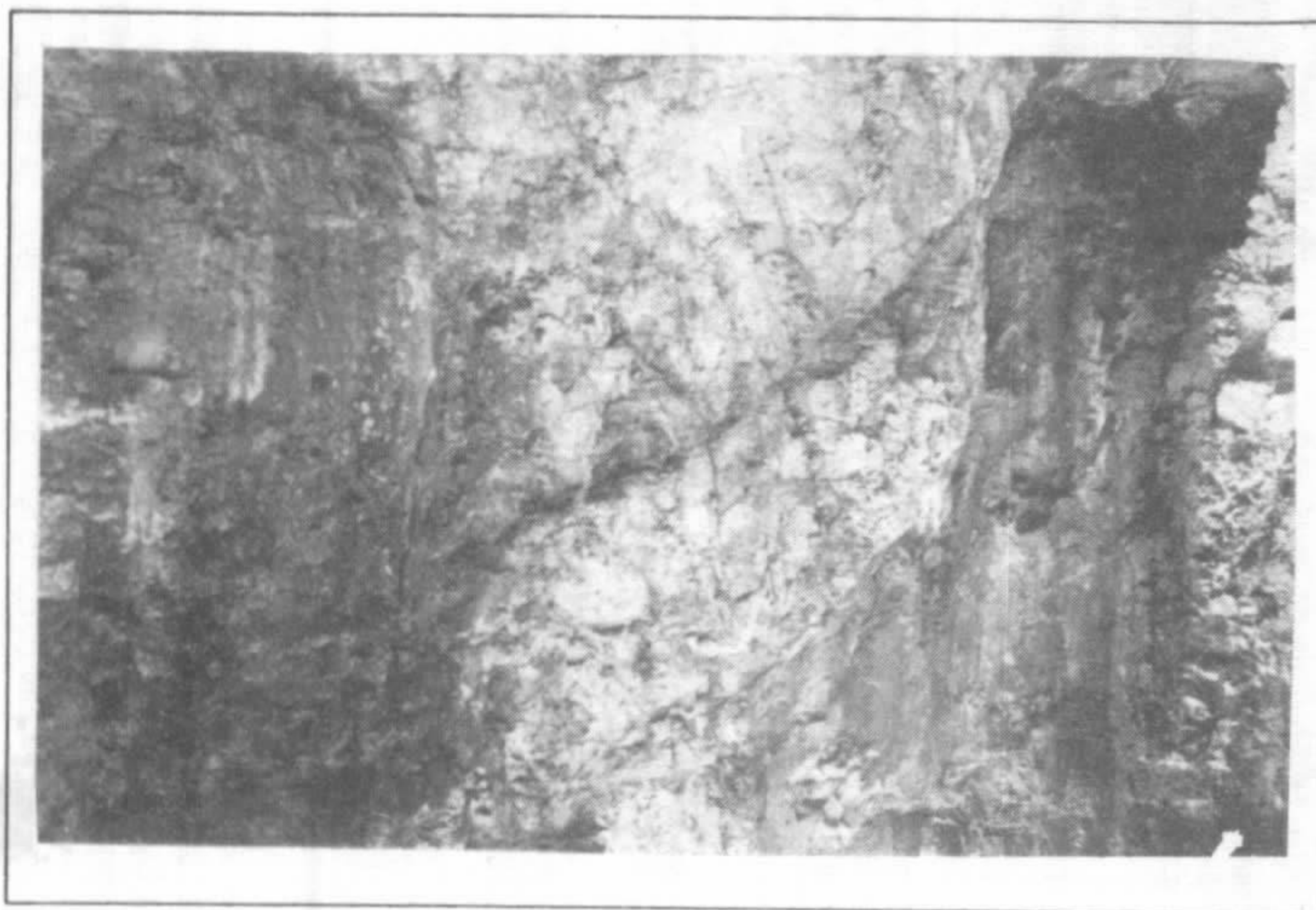


II.2.10

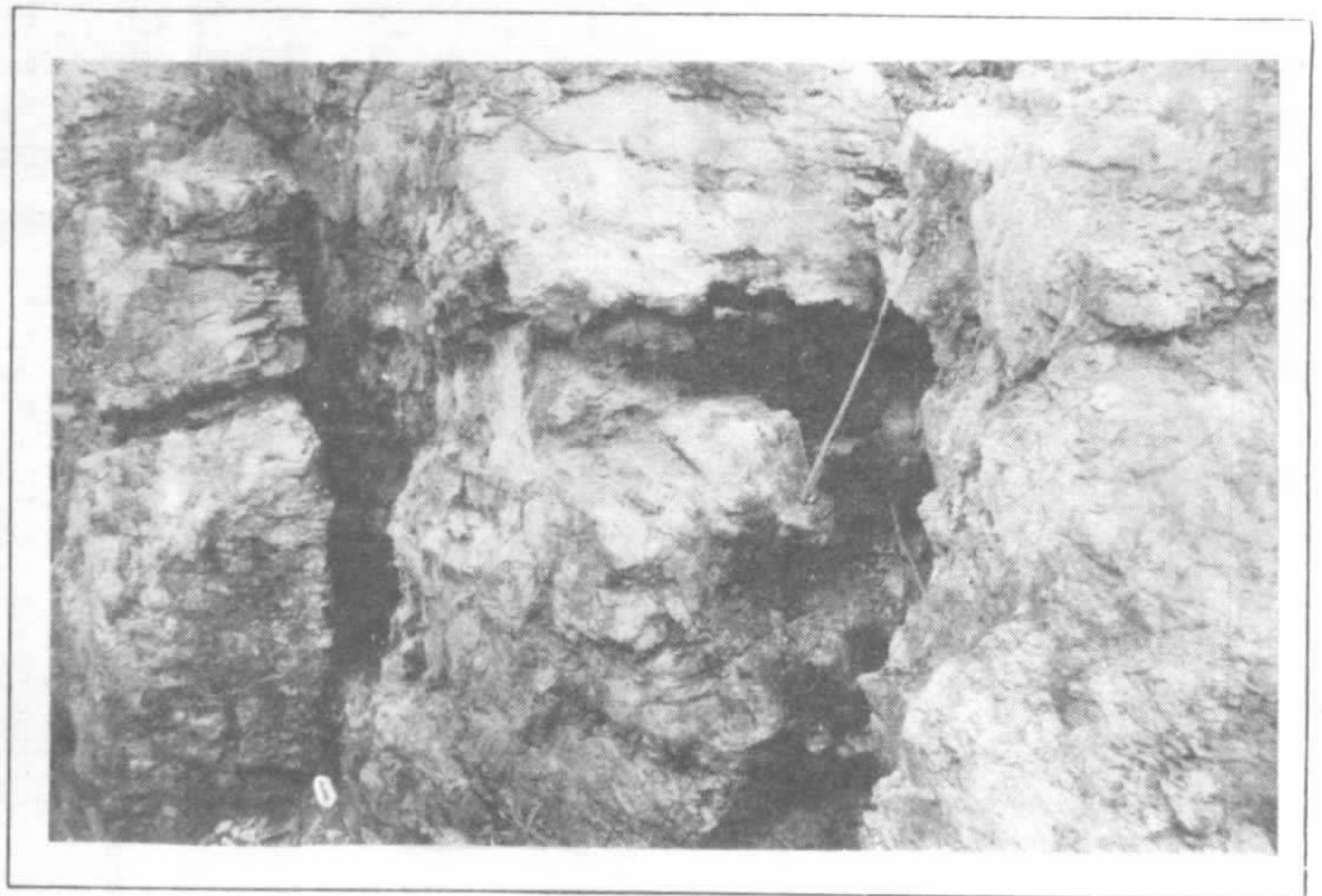


II.2.11

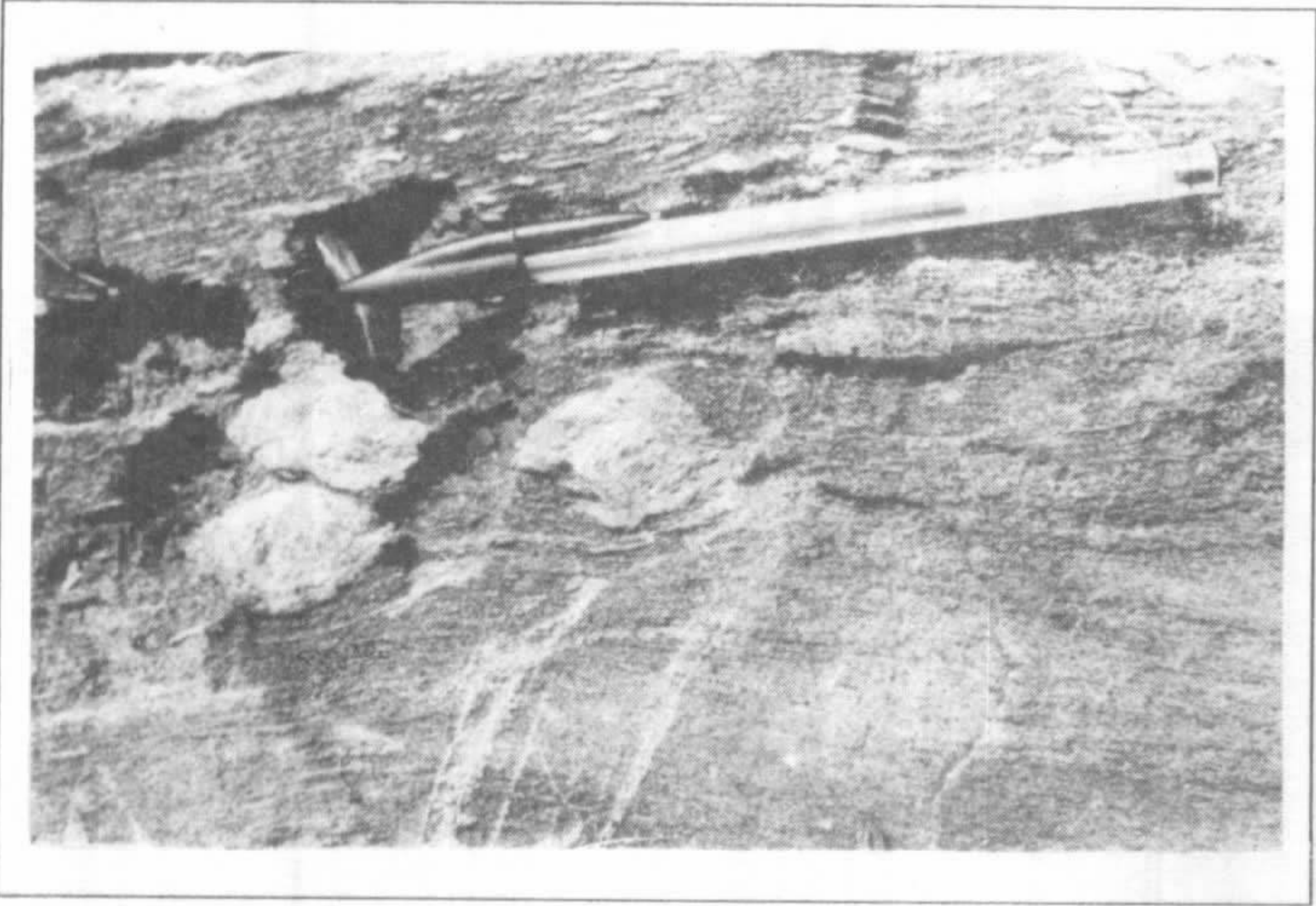
Foto II.2.8 (OA-52b) – Granodiorito do complexo Xingu, transformado em tectonito "L". Feição estrutural milonítica ocasional com lineação penetrativa e estiramento puro, indicando uma deformação cujo elipsóide assume características de prolatóide. **Foto II.2.9a** – Localidade de Água Azul – morro da Telepará (PA-279) – (OA-17) – Epimetamorfitos do grupo Sapucaia em contraste topográfico com as litologias do complexo Xingu. Esses segmentos linearizados têm direção-geral EW, mergulhando para S. **Foto II.2.9b (OA-17a)** – Metassedimento do grupo Sapucaia, observado em afloramento no morro da Telepará (PA-279). Forte achatamento, estiramento e curvamento dos mobilizados quartzosos e das fases minerais fílitosas materializam uma conspícua foliação milonítica com impressões do retrabalhamento em regime de cisalhamento dúctil. **Foto II.2.10 (OA-92d)** – Granitóides foliados pertencentes ao gnaiss Estrela. Nessas exposições são conspícuas as estruturas lineares e planares. Em destaque, a lineação de estiramento projetada no plano da foliação, cujo **pitch** é indicativo de cavalgamento oblíquo. A lineação é representada pelo estiramento de feldspatos que assumem forma de bastonetes alongados. **Foto II.2.11** – Focalização da serra dos Carajás, que representa o referencial geográfico principal do grupo Grão-Pará. Este compreende uma seqüência metavulcanossedimentar epimetamorfizada de idade arqueana, cujos processos metamórficos e deformacionais estão intimamente relacionados ao sistema serra dos Carajás, dentro do regime compressivo do cinturão Itacaiúnas. A observação dessa megafeição, mesmo na escala da foto anterior, confirma os indicadores cinemáticos registrados em campo, indicando para todo o conjunto uma clara rotação sinistral.



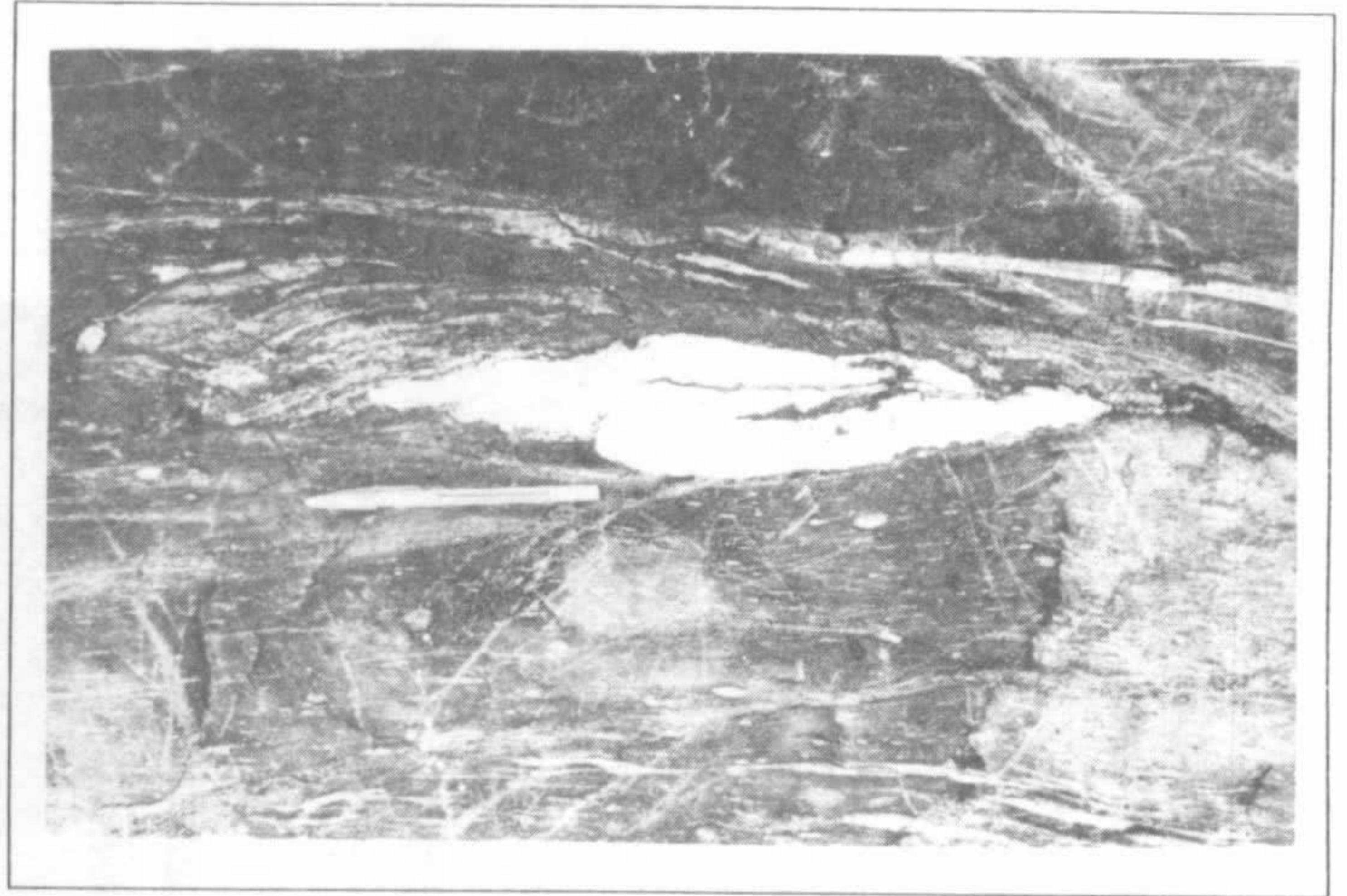
II.2.12a



II.2.12b

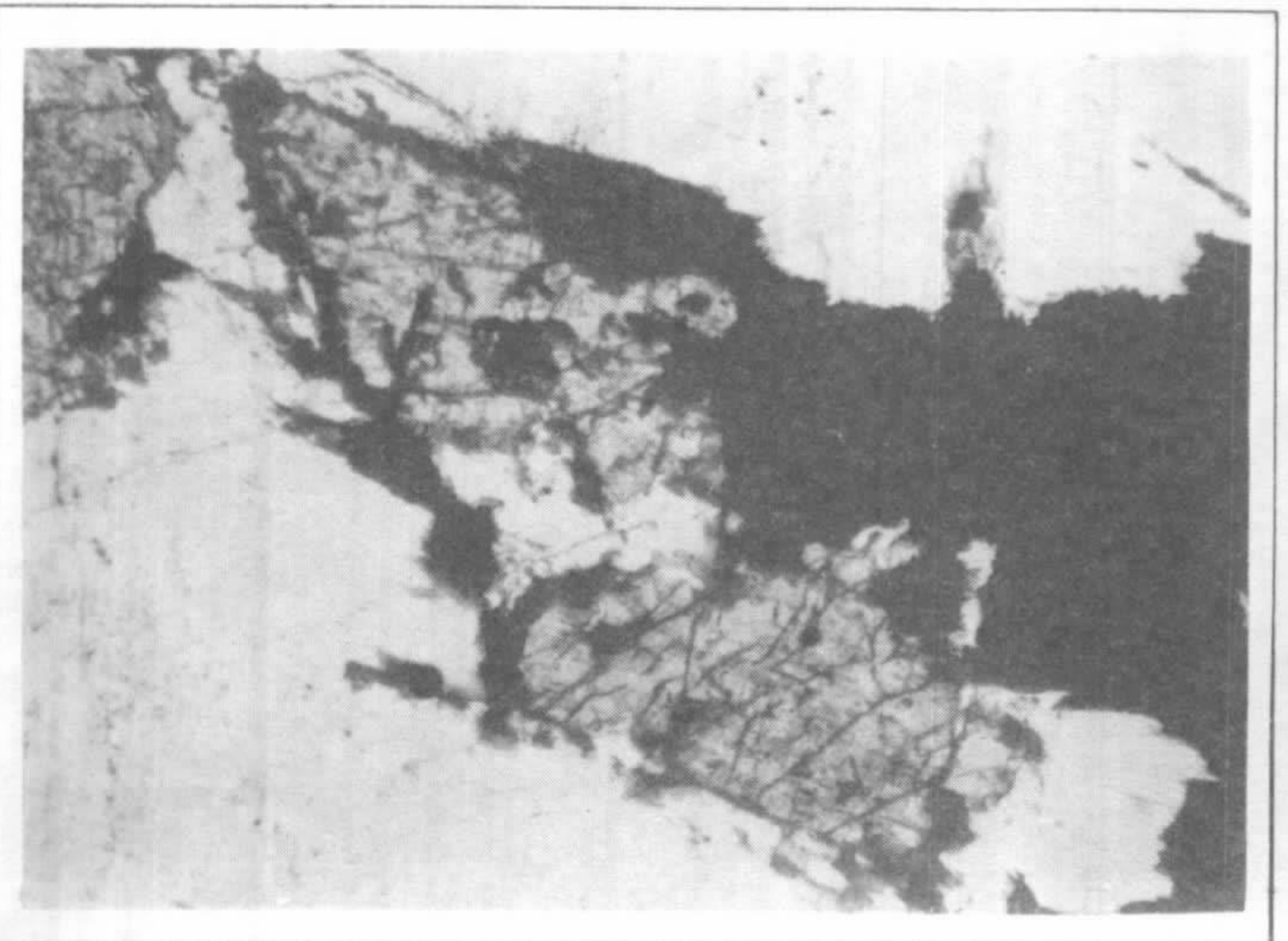


II.2.13

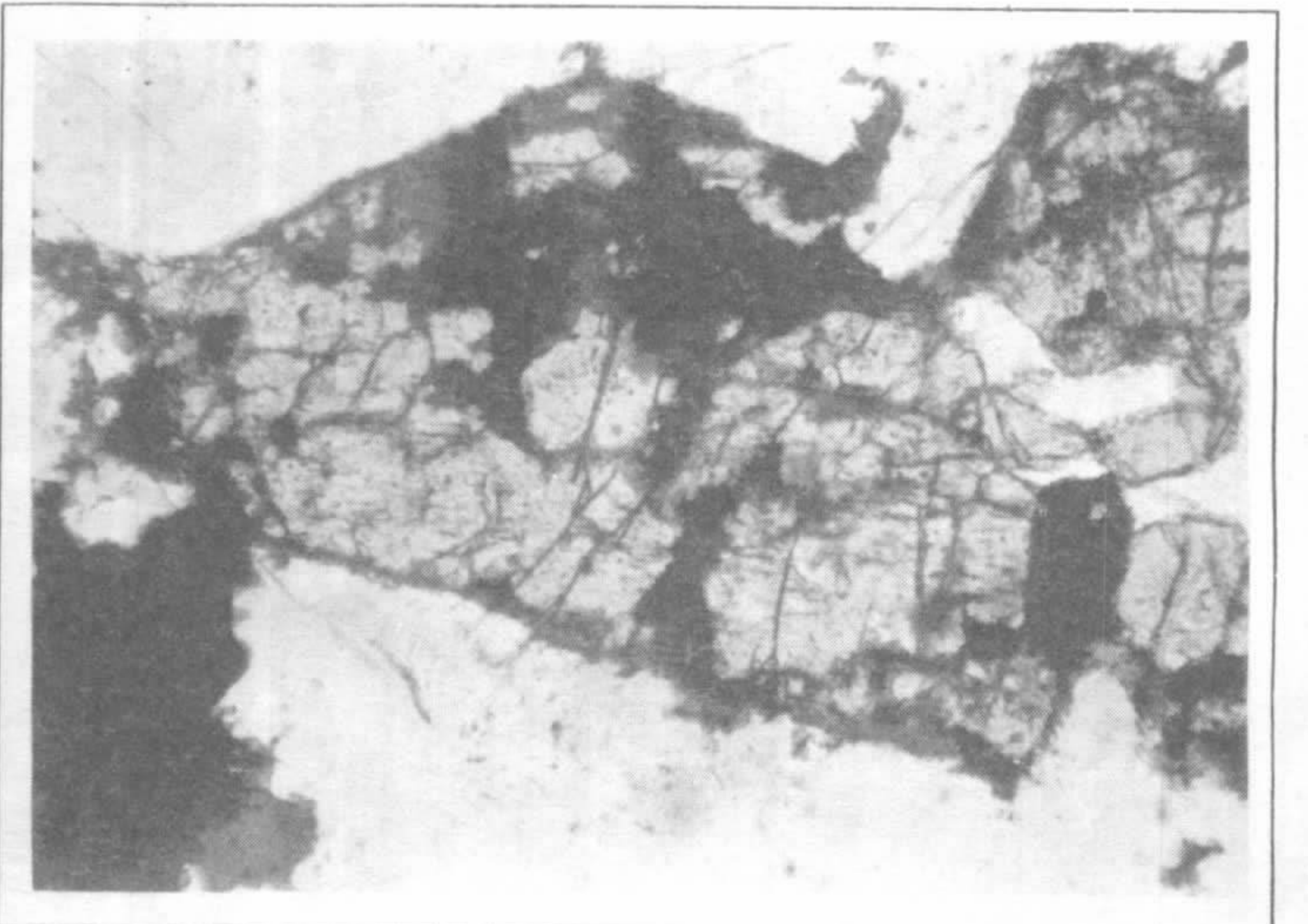


II.2.14

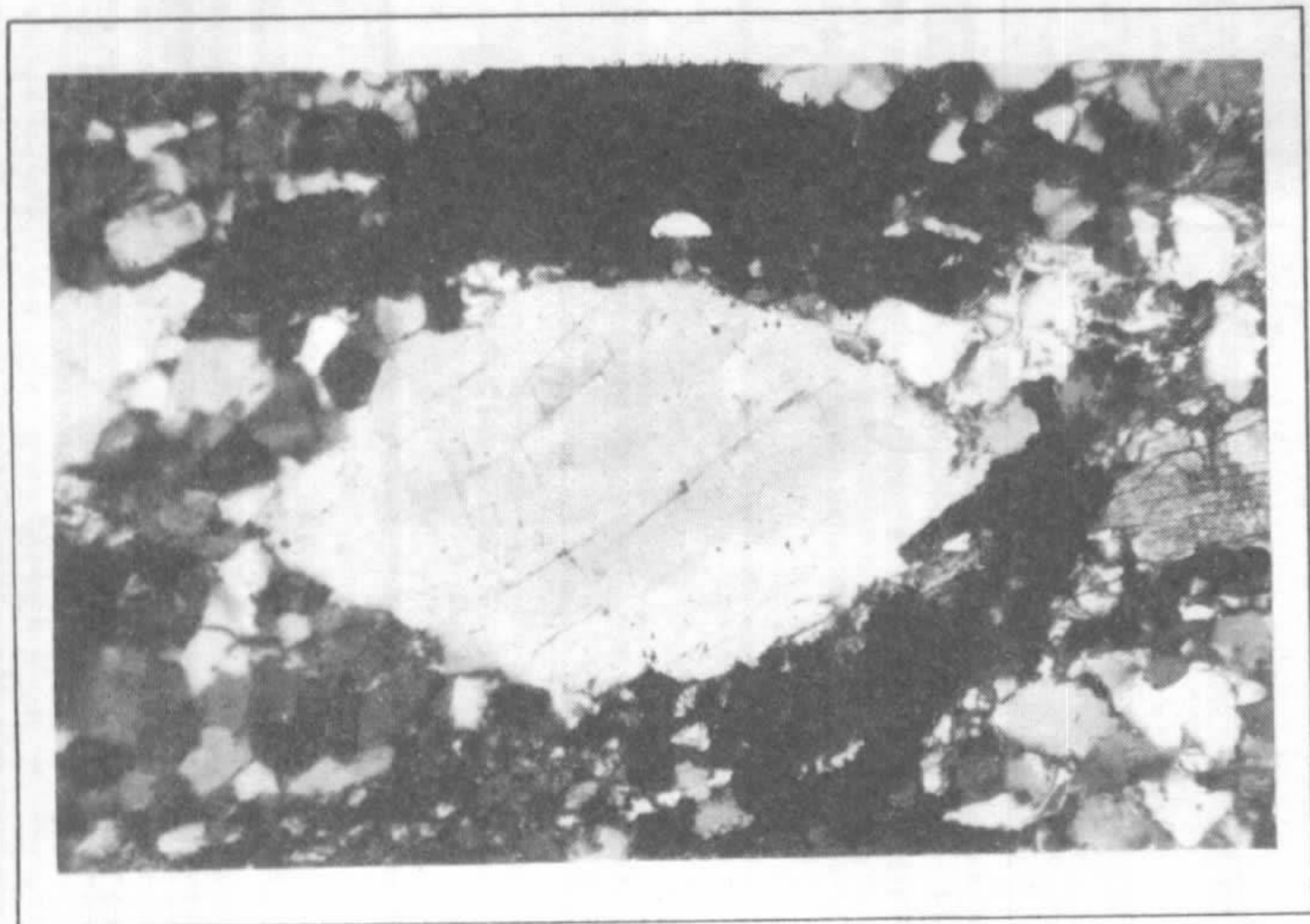
Fotos II.2.12a e II.2.12b – Garimpo do Sossego. Metavulcanitos ácidos do grupo Grão-Pará mineralizados a ouro e cobre. Os afloramentos mostram o caráter heterogêneo da deformação com geração de estruturas lenticularizadas e imbricadas, com zonas de máxima concentração da deformação contornando frações maciças. Essas zonas miloníticas representam sítios de remobilização e redeposição aurífera, alvos preferenciais da atividade garimpeira. **Fotos II.2.13 e II.2.14 (OA-92c, 92a)** – Xisto máfico do grupo Grão-Pará. Exibe foliação milonítica pronunciada, mostrando porfiroclastos de granada zonada (topo) e mobilizado quartzoso, cujas assimetrias são indicadoras cinemáticas de movimentação sinistral. **Fotomicrografias II.3.1a e II.3.1b (OA-81-LN – Aumento 12 X)** – Detalhe do expressivo processo diaforético de larga ocorrência nos granolitos do complexo Pium. As fotos mostram, nos piriclasitos, cristais relictos de ortopiroxênio parcialmente transformados a hornblenda e biotita em fácies anfíbolito retrógrado, como reações de hidratação. A retrometamorfose generalizada está inter-relacionada ao processo de cisalhamento dúctil, do regime compressivo do cinturão Itacaiúnas, responsável pelo alçamento tectônico das rochas granolíticas do complexo Pium.



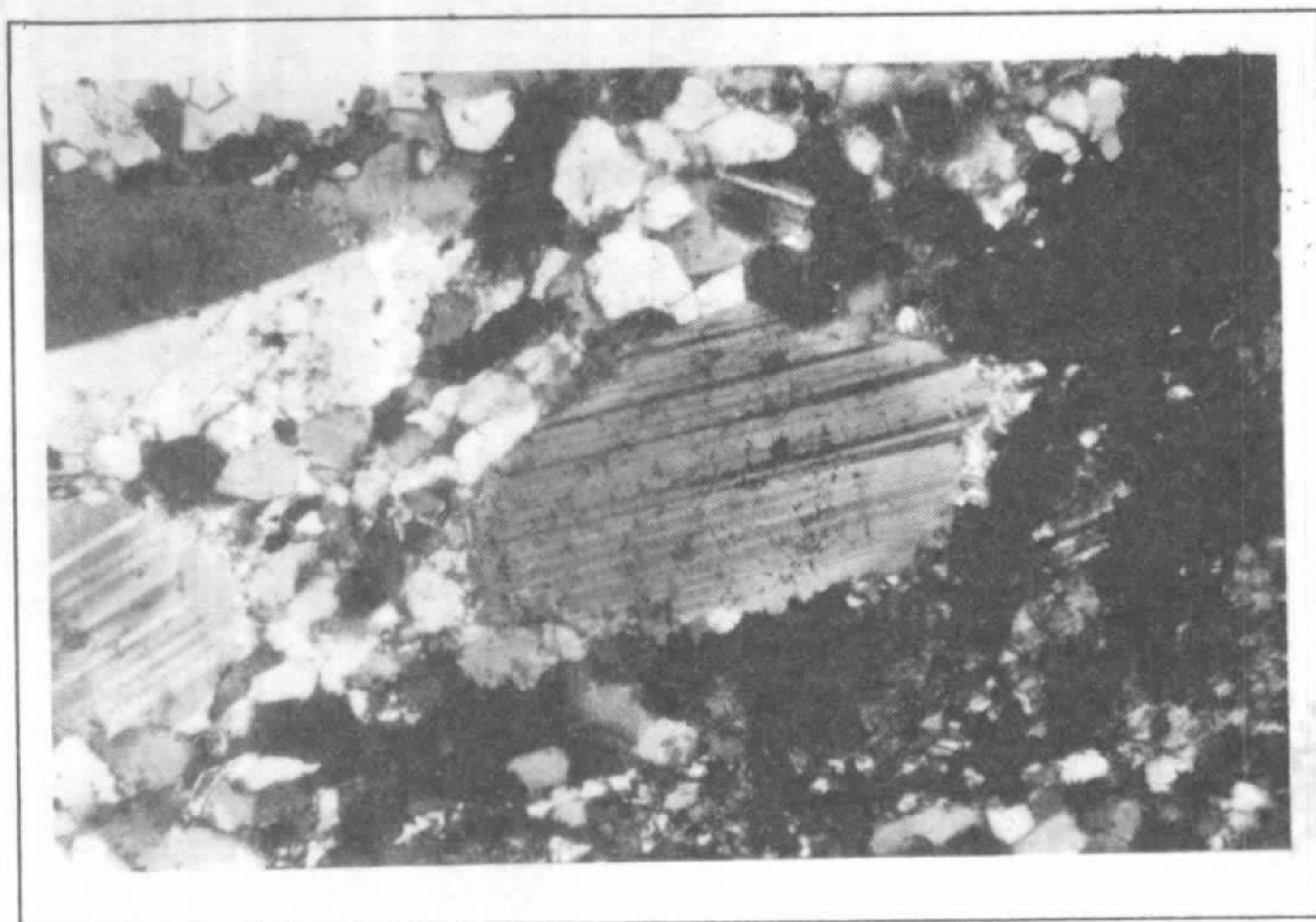
II.3.1a



II.3.1b



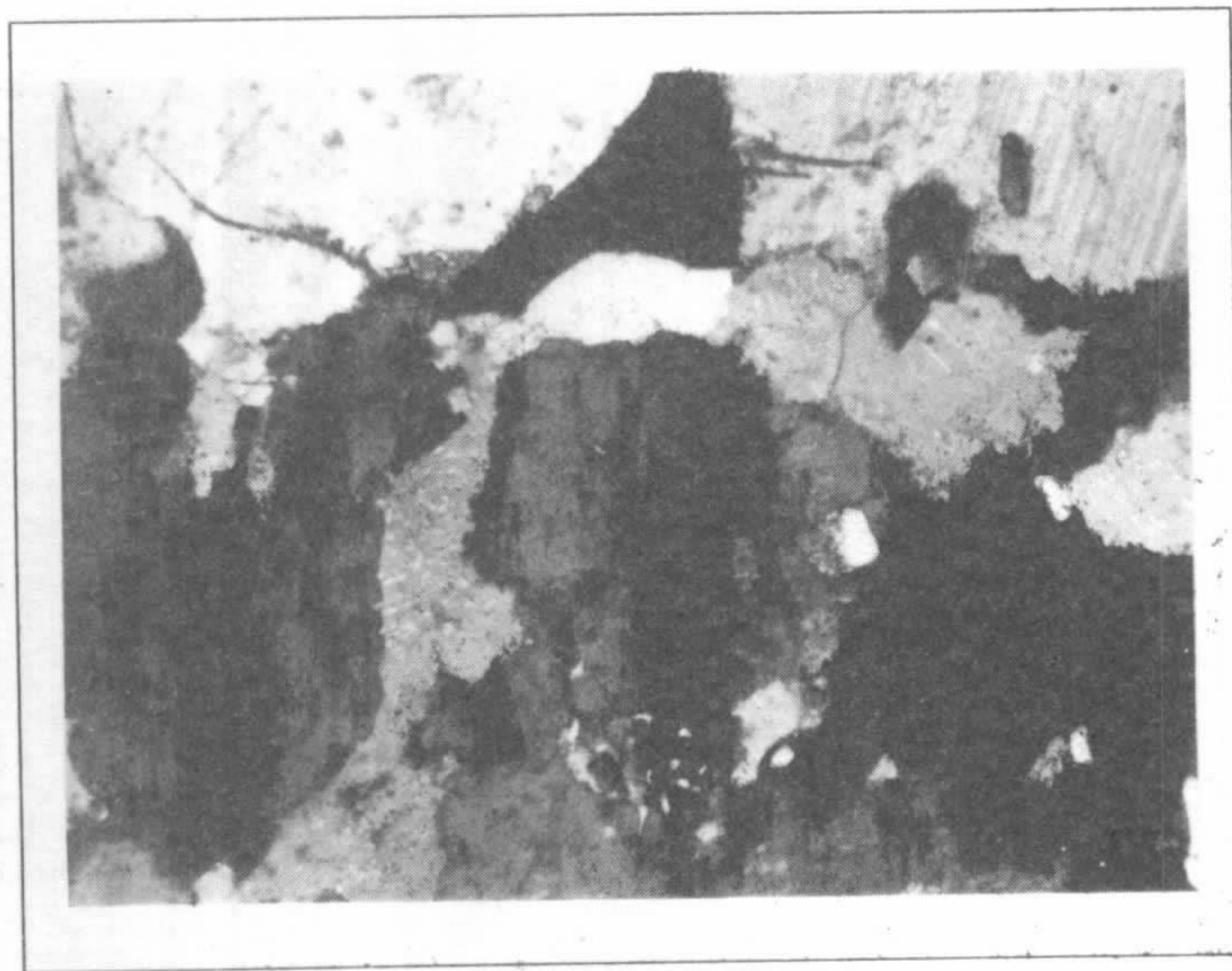
II.3.2a



II.3.2b

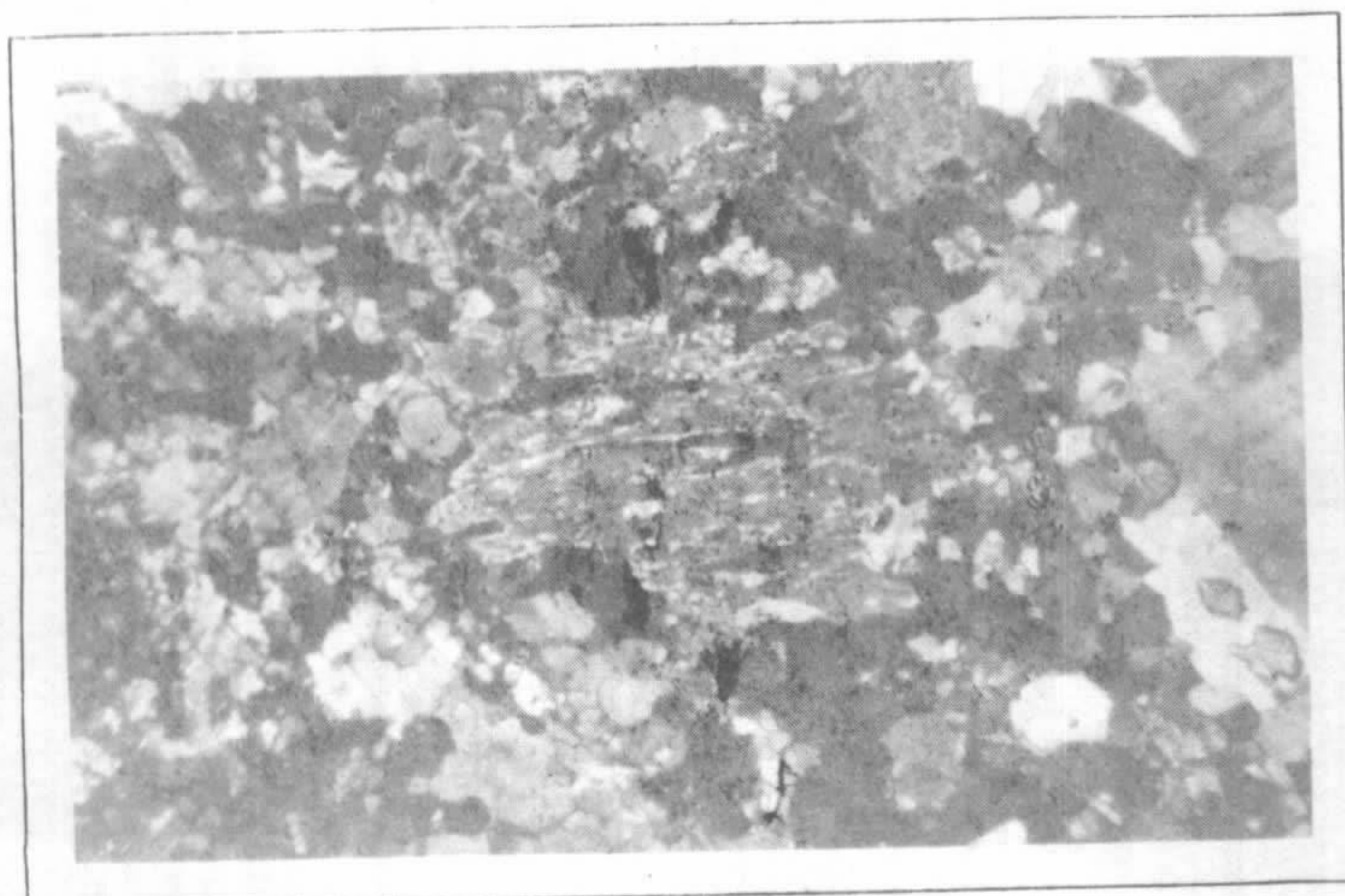


II.3.3a

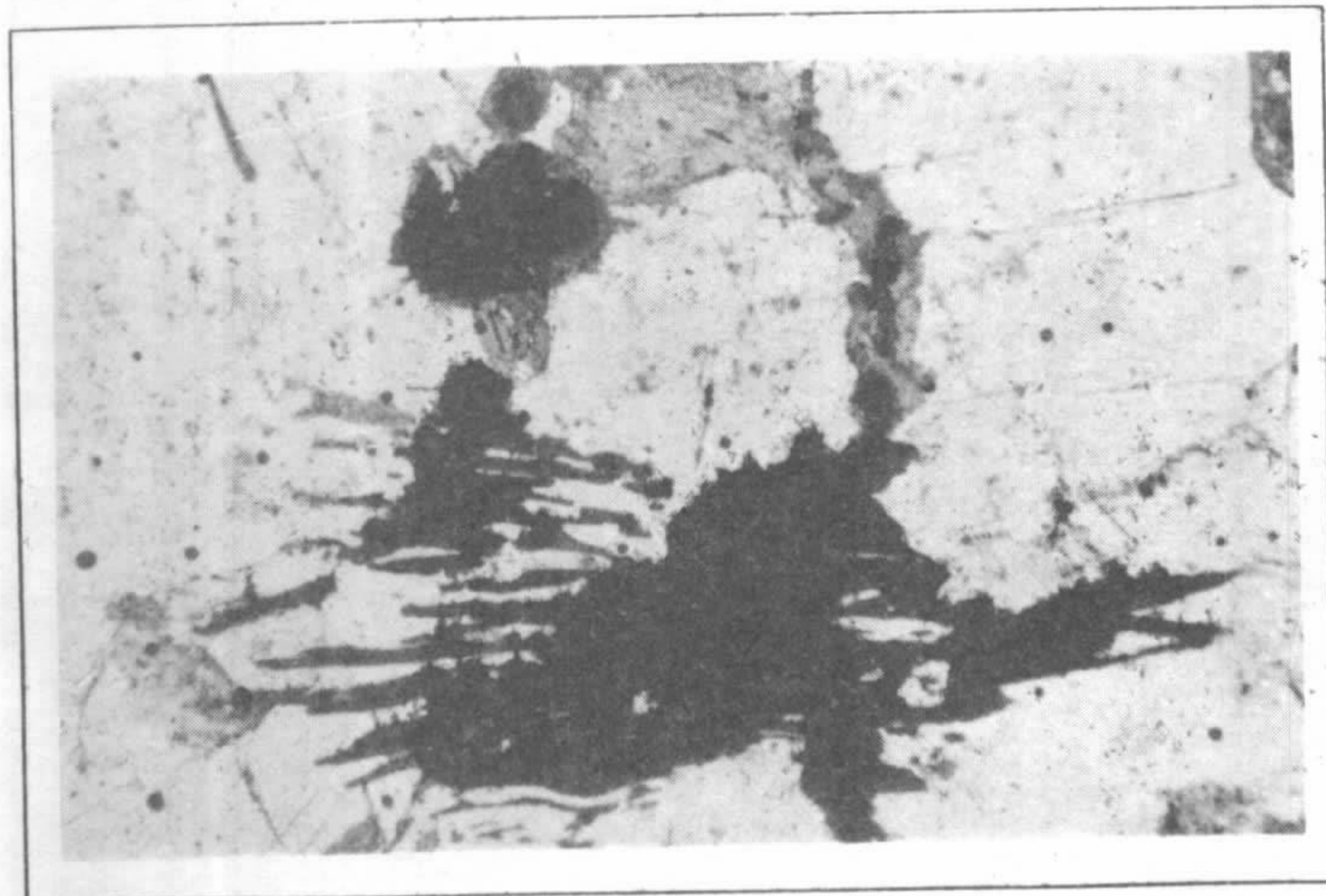


II.3.3b

Fotomicrografias II.3.2a e II.3.2b (OA-43a-LP - Aumento 12 X) - Aspecto parcial do piriclasito do complexo Pium, mostrando altas taxas de deformação em regime de cisalhamento dúctil, atingindo estágio milonítico. As fotos destacam cristais oclares de quartzo (A) e plagioclásio (B) ensaiando configuração amendoada sigmoide em contraste com a matriz, em forte redução granulométrica associada a expressiva recristalização dinâmica. **Fotomicrografias II.3.3a e II.3.3b (OA-17a-LP - Aumento 12 X)** - Na parte central das fotos, observa-se cristal de plagioclásio antiperitítico, como um componente modal expressivo nos granulitos enderbíticos do complexo Pium. A antiperitita, como uma fase mineral reliquiar proterógena, está coronada por plagioclásio, com ausência de intercrescimento, pertencente à fácies anfibolito retrógrado. **Fotomicrografia II.3.4 (OA-44-LP - Aumento 12 X)** - Vista parcial de granulito do complexo Pium, com destaque para o cristal-maior de clinopiroxênio hospedando lamelas de ortopiroxênio em ex-solução e na posição de extinção. A associação Cpx-Opx evidencia características reacionais em desequilíbrio retrógrado. **Fotomicrografia II.3.5 (OA-178-LP - Aumento 12 X)** - Biotita relativamente frequente nos granulitos ácidos do complexo Pium, em intercrescimento simplético com o quartzo e coronando grãos opacos, marcando a fácies granulito retrógrado.

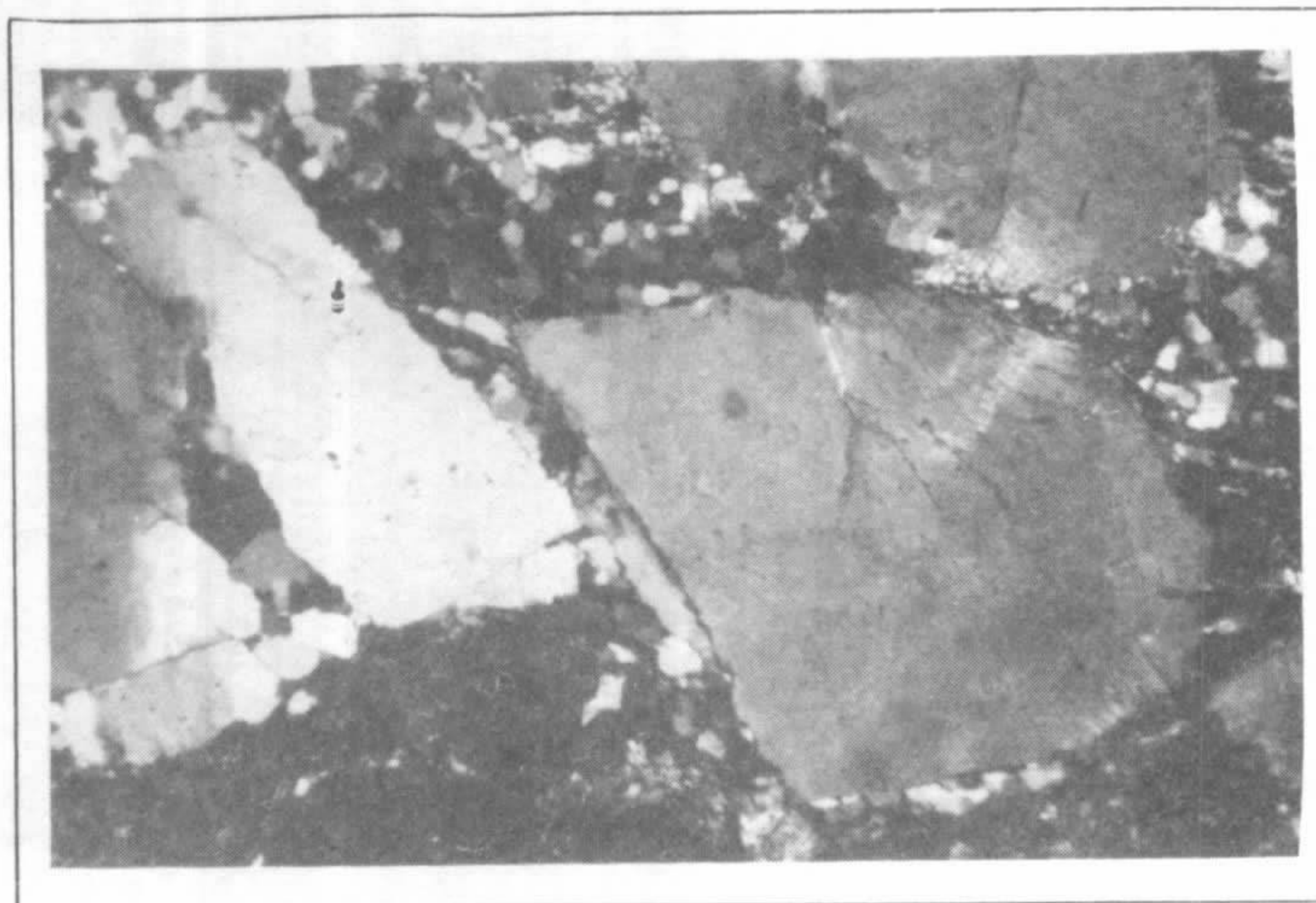


II.3.4

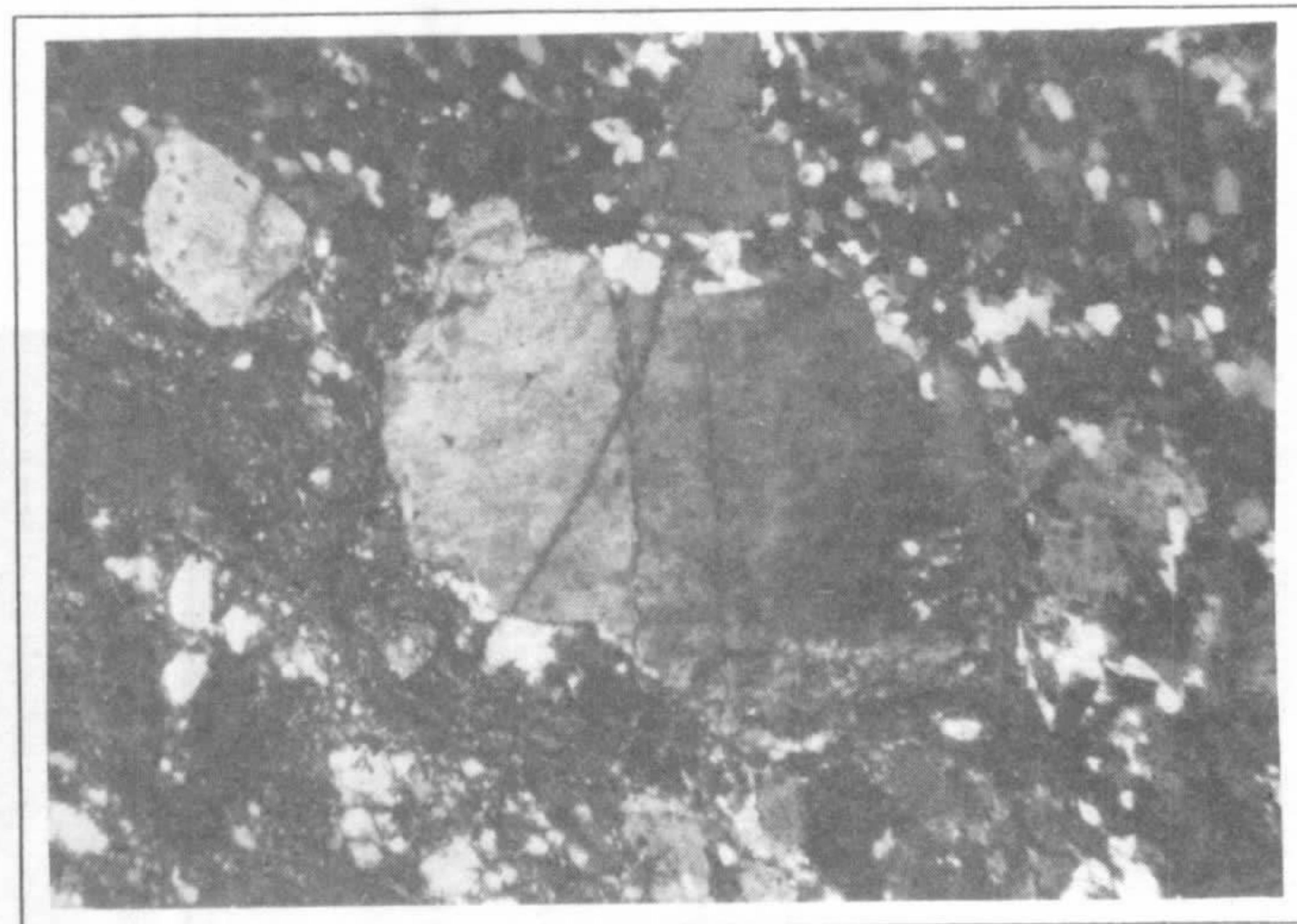


II.3.5

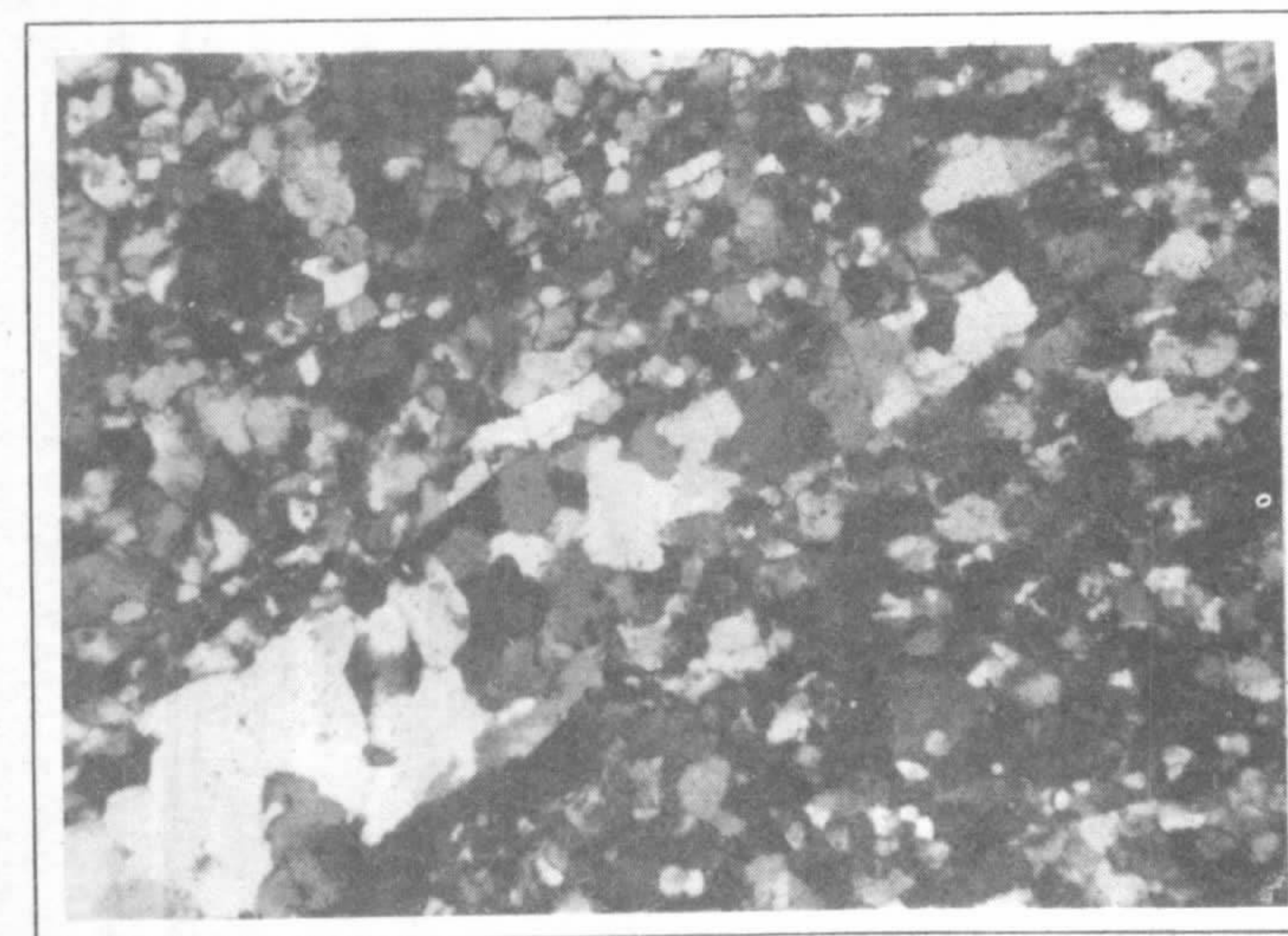
Fotomicrografias II.3.6a e II.3.6b (OA-99a-LP - Aumento 12 X) - Gnaiss do complexo Xingu, onde porfiroclasto de feldspato fraturado e rotacionado exibe deslocamento escalonado imerso em matriz dúctil, cominuída e recristalizada dinamicamente. O sentido do deslocamento ao longo das microfraturas é oposto ao sentido do cisalhamento da rocha, que é indicativo de movimentação sinistral. **Fotomicrografias II.3.7a e II.3.7b (RN-116-LP - Aumento 12 X) -** Em gnaiss do complexo Xingu, aspecto em nível micro da lineação de estiramento, representada por bastonetes pré-tectônicos de quartzo, ocasionalmente segmentados e dilacerados, observados na seção paralela a XY do elipsóide de deformação finita. Os bastonetes consistem de agregados policristalinos de quartzo em fácies recuperadas e/ou recristalizadas e mostram efeitos deformacionais internos.



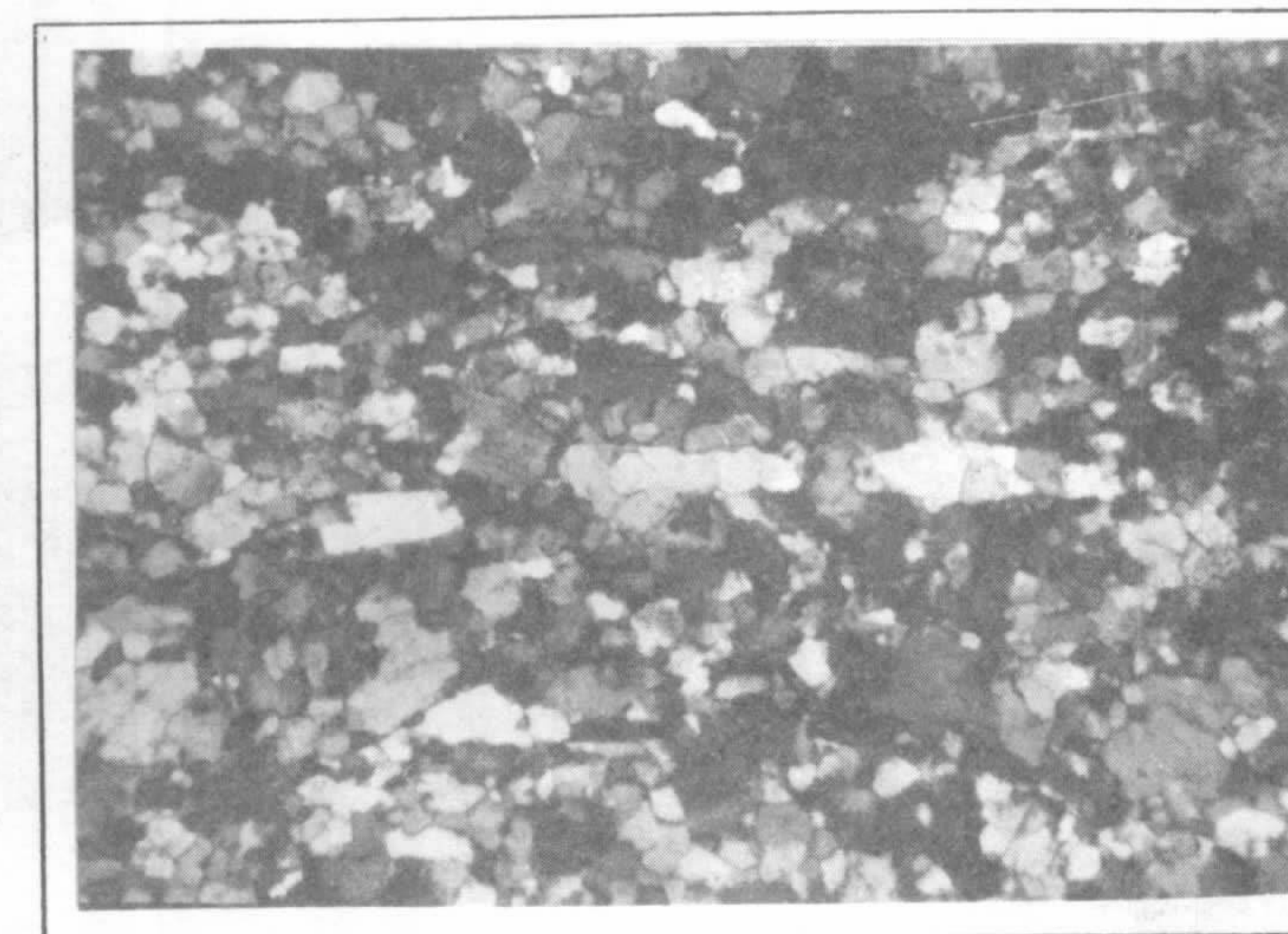
II.3.6a



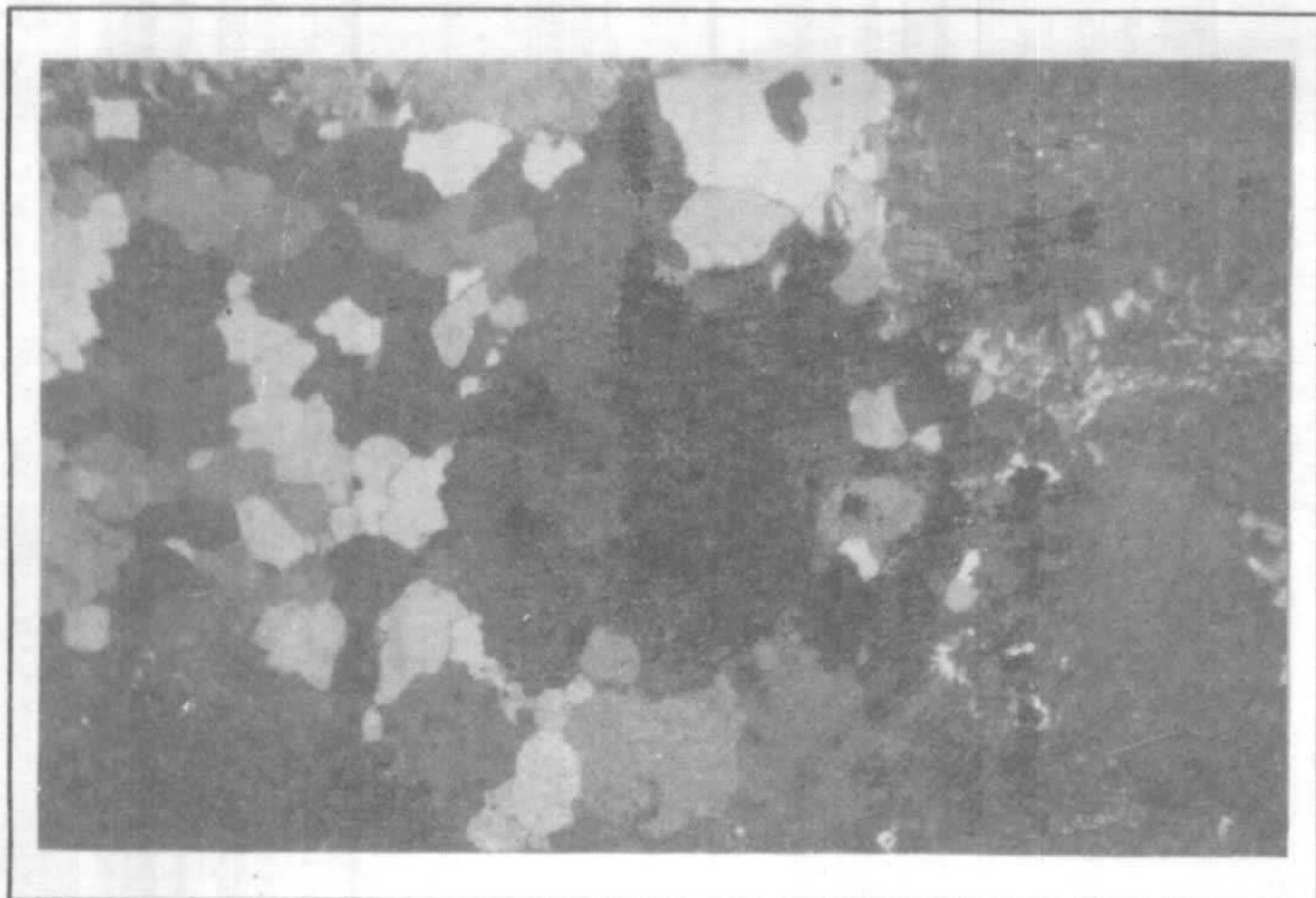
II.3.6b



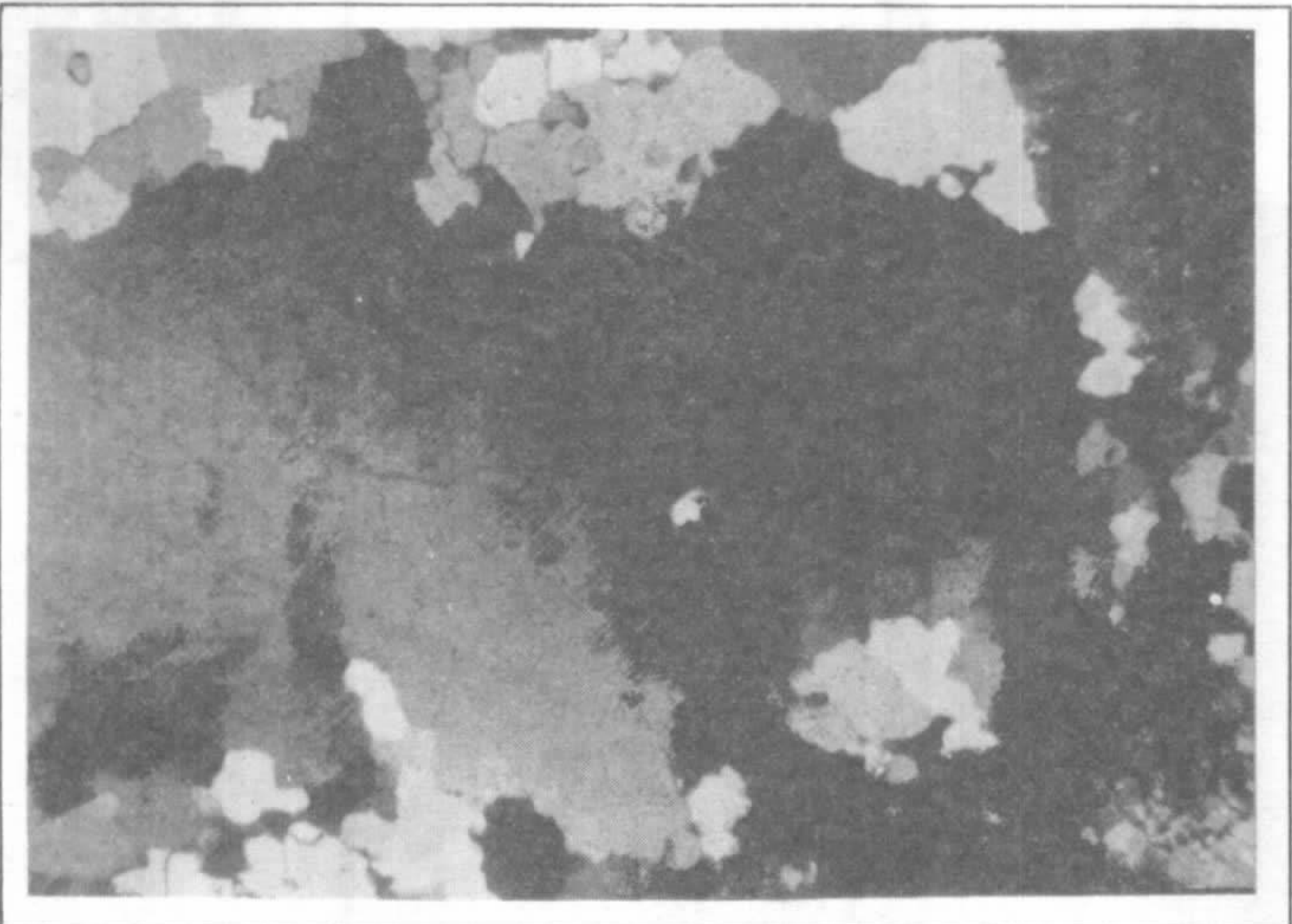
II.3.7a



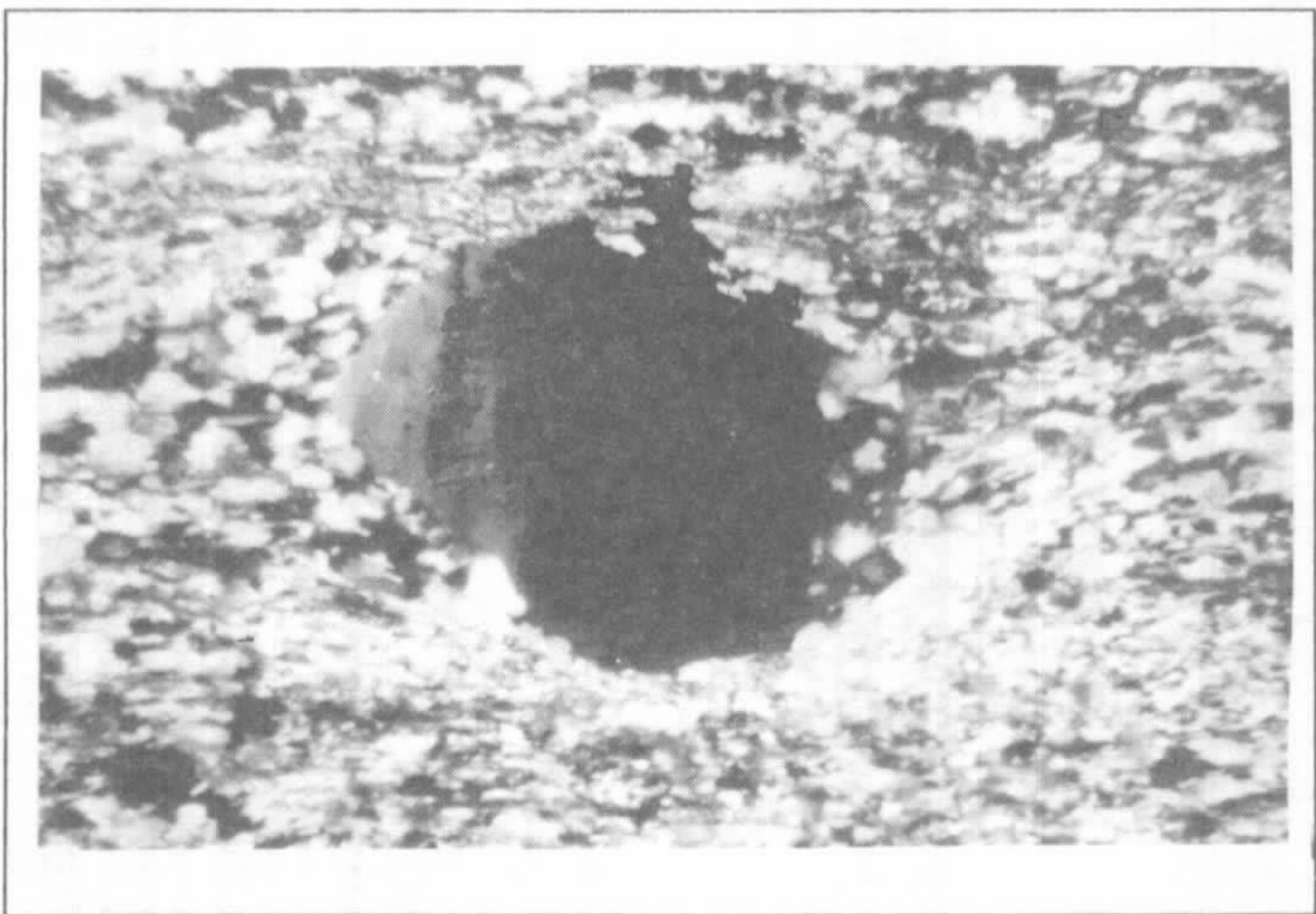
II.3.7b



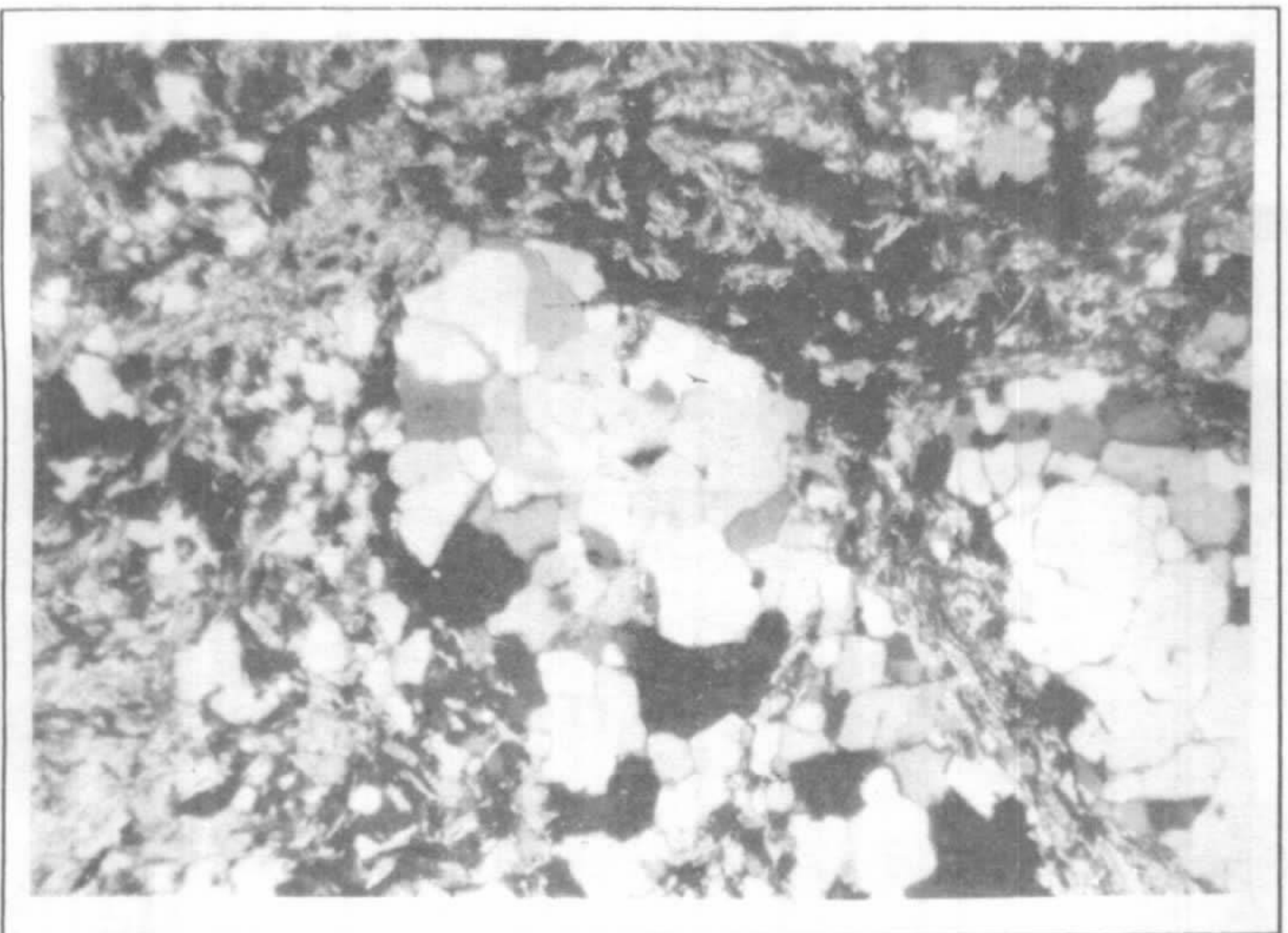
II.3.8a



II.3.8b

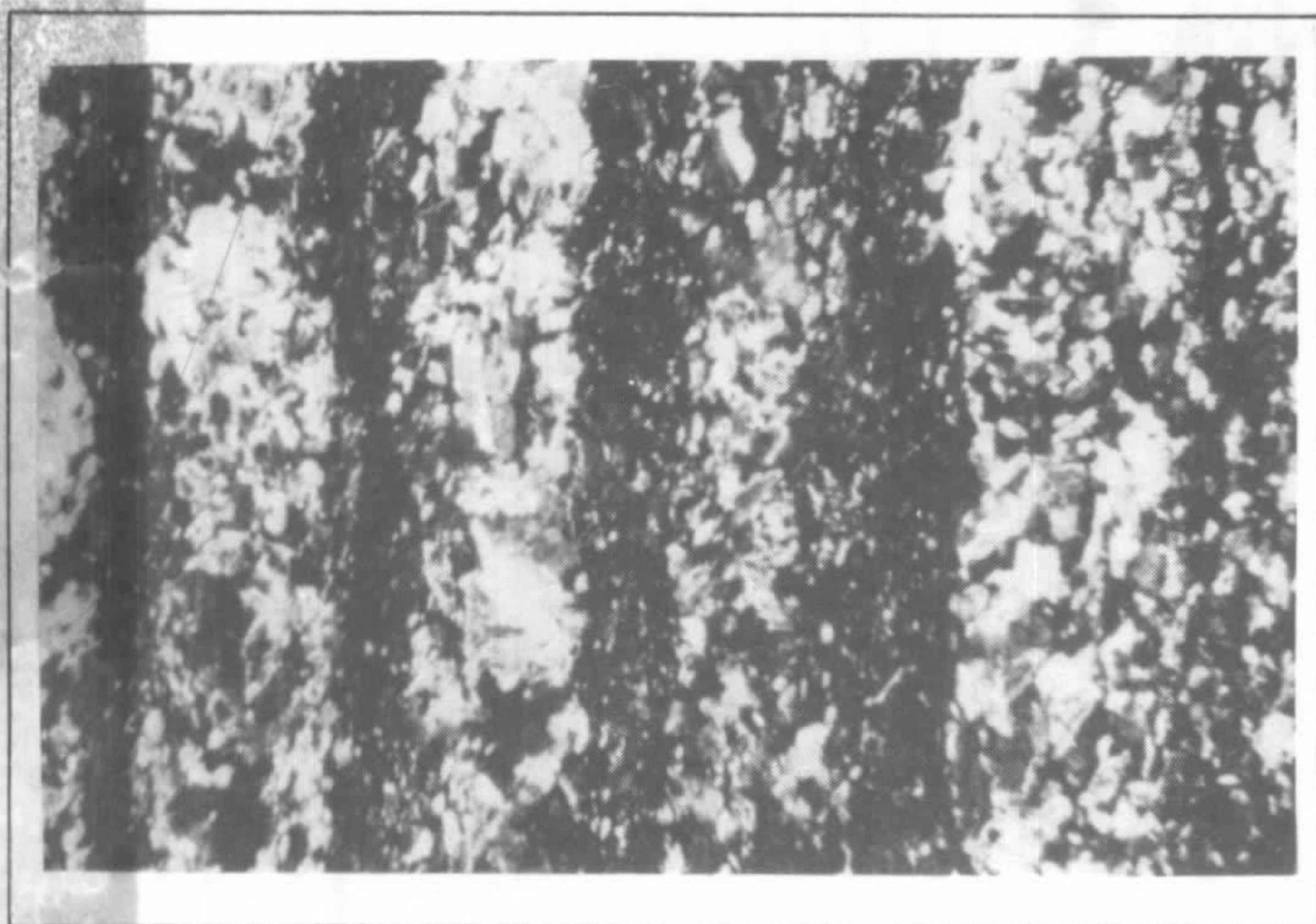


II.3.9

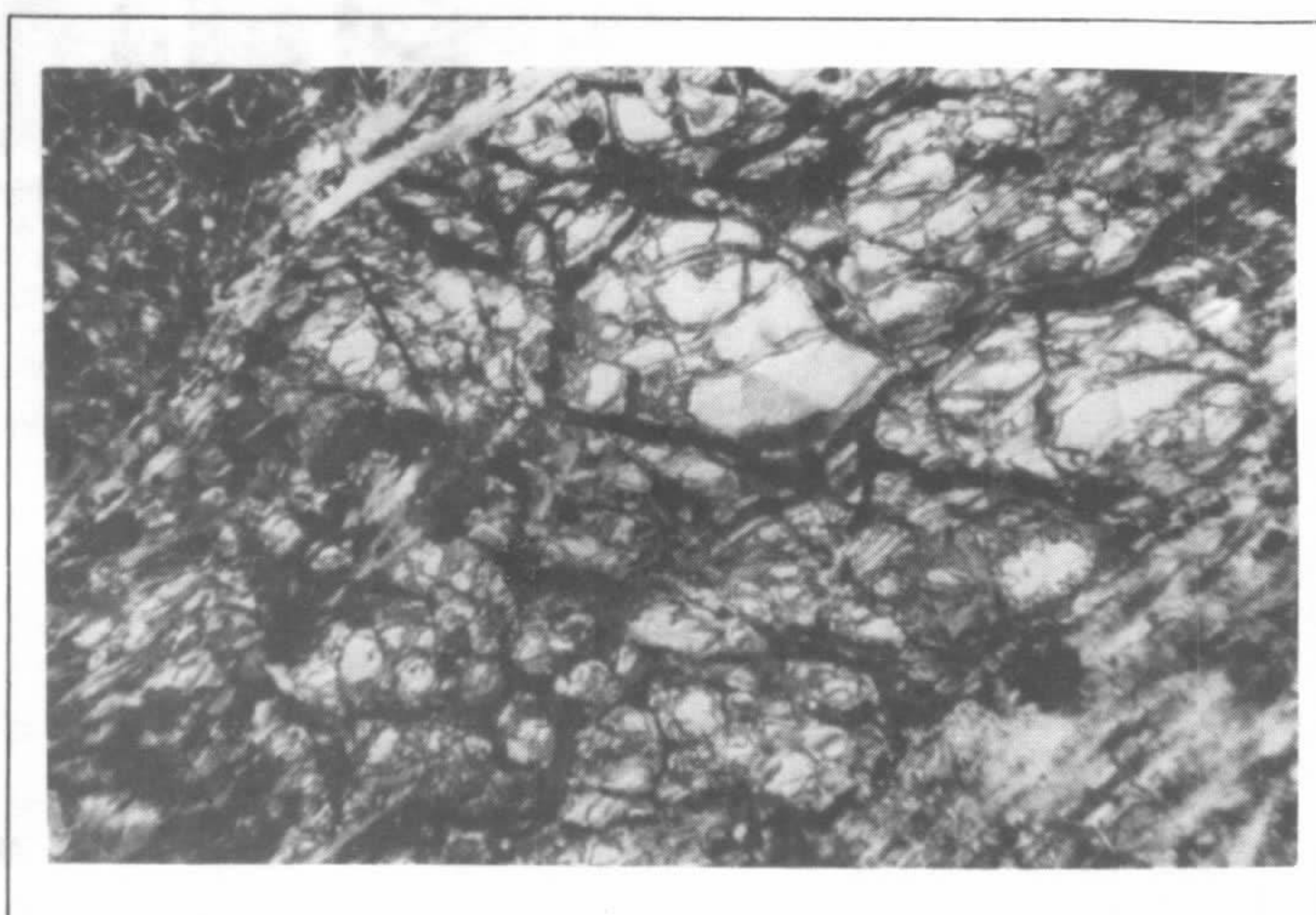


II.3.10

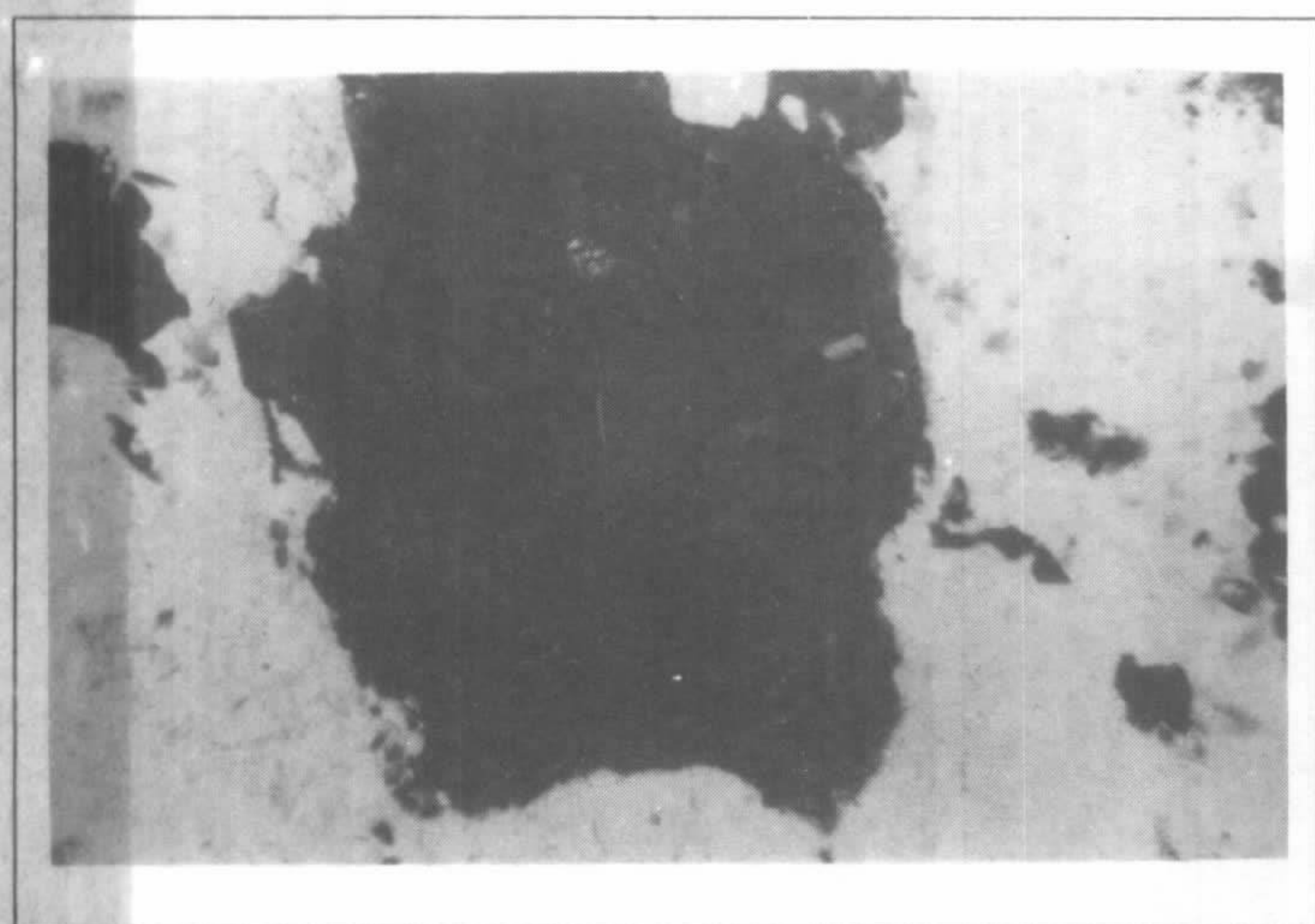
Fotomicrografias II.3.8a e II.3.8b (OA-156b-A e OA-158b-B-LP - Aumento 12 X) - Em componente da unidade Plaquê (A) e do complexo Pium (B), a deformação mostra características óticas distintas nas zonas marginais e centrais dos grãos de quartzo. As áreas centrais ou núcleos dos grãos contêm bandas de deformação; as áreas de borda mostram grãos e/ou subgrãos configurando uma estrutura do tipo núcleo/manto. O núcleo se comportaria como um grão isolado, menos deformado, enquanto as bordas ou manto absorveriam ou concentrariam a deformação, ocorrendo entre ambos um gradiente deformacional. **Fotomicrografia II.3.9 (RN-103)** - Vista parcial de metassedimento do grupo Sapucaia, mostrando fenoclasto de quartzo rotacionado com sentido da movimentação sinistral, exibindo desenvolvidas sombras de pressão. Observado em seção paralela ao plano XZ do elipsóide de deformação finita. **Fotomicrografia II.3.10 (RN-38)** - Grãos clásticos de quartzo subgranulados, policristalinos, com acentuada recristalização dinâmica, circundados por agregados muscovíticos, evidenciando deformação polifásica nos metassedimentos do grupo Sapucaia.



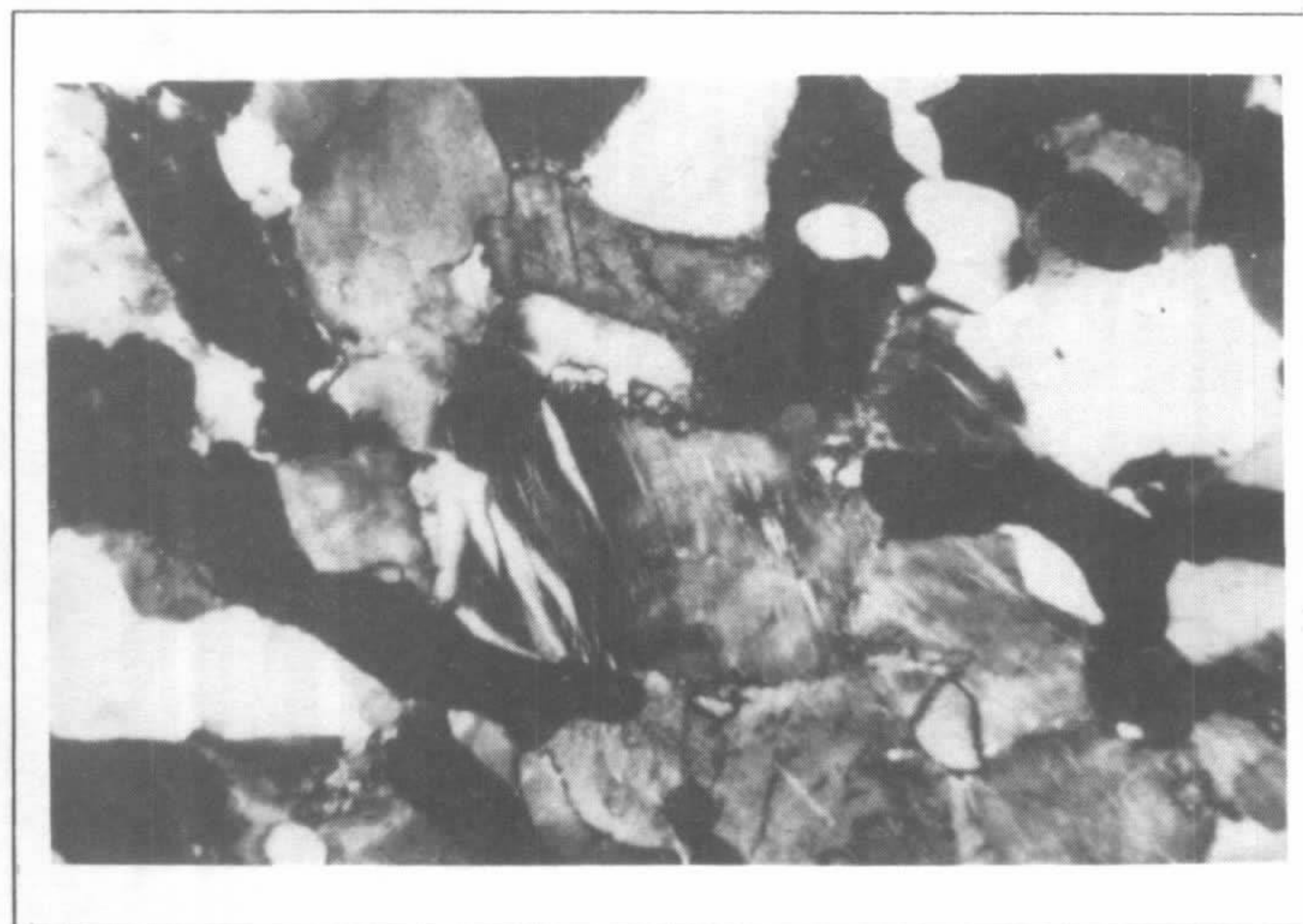
II.3.11



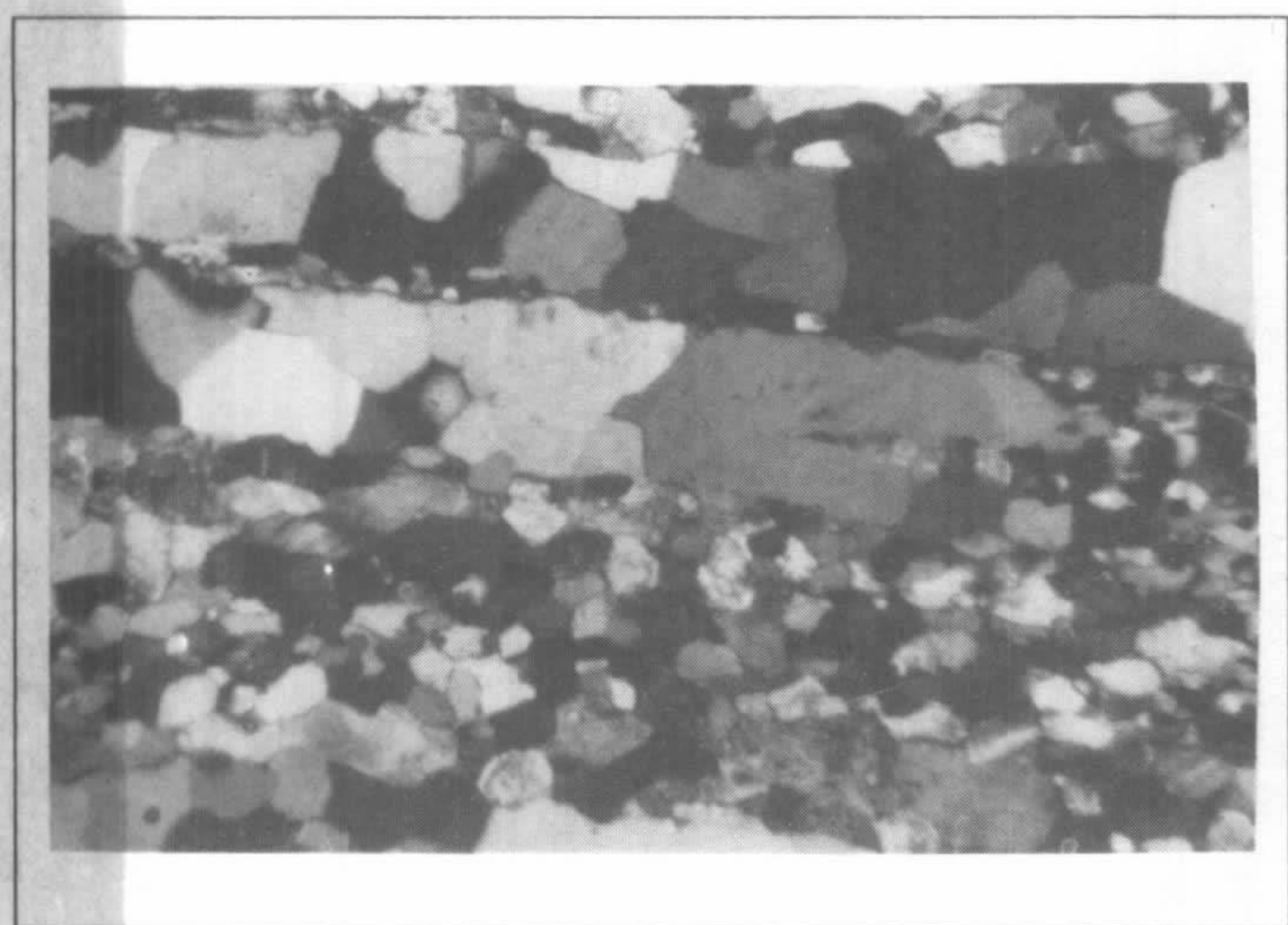
II.3.12



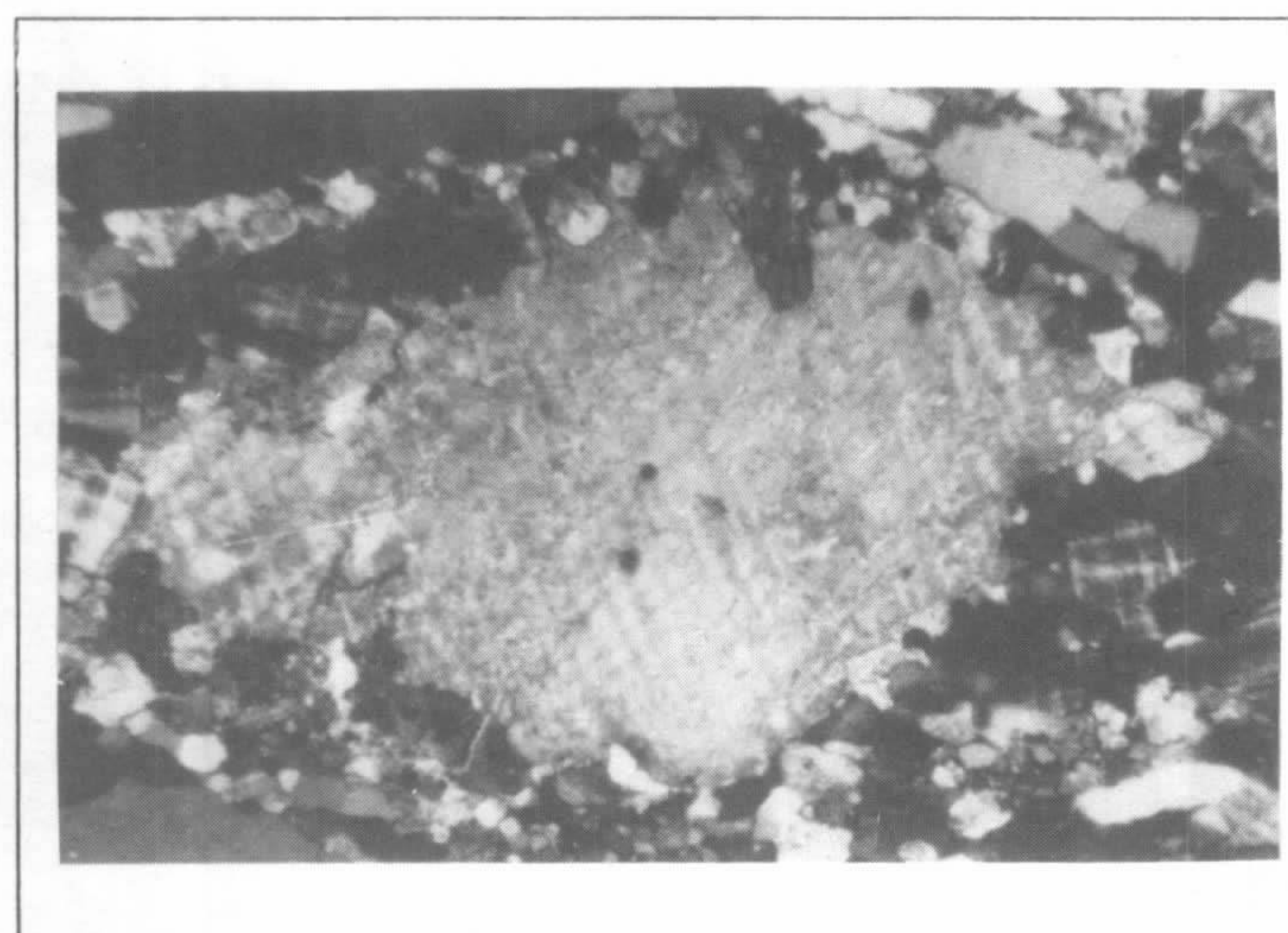
II.3.13



II.3.14



II.3.15



II.3.16

Fotomicrografia II.3.11 (RN-71d) – Alternância regular de níveis tremolíticos e cloríticos em metaultramafito texturado em padrão *spinifex* pertencente ao grupo Sapucaia. **Fotomicrografia II.3.12 (OA-69a)** – Cristal reliquiar de olivina, parcialmente transformada a minerais do grupo da serpentina, em metaultramafito do grupo Sapucaia. **Fotomicrografia II.3.13 (OA-112a)** – Cristal de hornblenda verde passando a hornblenda marrom, indicando transformações metamórficas e faciológicas freqüentemente observadas nos granitóides da unidade Estrela. **Fotomicrografia II.3.14 (OA-91)** – Paragênese dominada por microclina mesoperthítica, quartzo, hornblenda e plagioclásio, denunciando geralmente uma composição sieno a monzogranítica, para os componentes litológicos da unidade Estrela. **Fotomicrografia II.3.15 (OA-161c)** – Cristais de microclina e plagioclásio isogranulares, intercalados com níveis de quartzo ribonado, com parcial recristalização dinâmica, em estágio deformacional milonítico da unidade Plaquê. **Fotomicrografia II.3.16 (OA-161c)** – Porfiroclasto de microclina de moderada a alta triclinicidade, contrastando com a matriz cominuída e recristalizada sincinematicamente, em estágio deformacional milonítico, da unidade Plaquê.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil
(período 1985 – 1989)

Folhas em Execução

NA.19-X-C	- ¹	SC.22-X-B	Conceição do Araguaia ⁴	SE.23-V-B	São Romão ²
NA.19-X-D	- ¹	SB.23-V-A	Rio Cajuapará ⁴	SE.24-Y-C-V	Baixo Guandu ¹
NA.19-Y-B	Rio Aiari ¹	SB.24-V-D-V	Mombaça ¹	SE.24-Y-C-VI	Colatina ¹
NA.19-Y-D	Iauarete ¹	SB.24-Y-B-II	Catarina ¹	SF.23-X-B-I	Mariana ¹
NA.19-Z-A	Rio Icana ¹	SC.22-X-A	Redenção ⁴	SF.23-X-D-I	Rio Pomba ¹
NA.19-Z-B	Cucuí ¹	SC.22-Z-C	Xinguara ⁴	SF.24-V-A-II	Afonso Cláudio ¹
NA.19-Z-C	Rio Uaupés ¹	SC.24-X-D-V	Arapiraca ¹	SF.24-V-A-III	Domingos Martins ¹
NA.19-Z-D	Pico da Neblina ¹	SD.21-Y-C-II	Pontes e Lacerda ¹	SF.24-V-A-V	Cachoeiro Itapemirim ¹
NA.20-X-C-III	Paredão ¹	SD.22-Z-C-VI	Itaguara ¹	SF.24-V-A-VI	Piuma ¹
NA.20-X-C-VI	Serra do Ajarani ¹	SD.22-Z-D-IV	Jaraguá ¹	SG.22-X-C-III.4	Campo Largo ⁷
SA.19-V-B	- ¹	SD.22-Z-D-V	Pirenópolis ¹	SG.22-X-C-VI.2	Contenda ⁷
SA.19-X-A	Rio Curicuriari ¹	SD.23-Y-D	Buritis ²	SG.22-X-D-I.1	Rio Branco do Sul ⁷
SA.19-X-B	São Gabriel da Cachoeira ¹	SD.23-Z-D-II	Monte Azul ³	SG.22-X-D-I.3	Curitiba ⁷
SA.23-V-D/	Turiaçu/ ⁴	SD.23-Z-D-V	Rio Pardo de Minas ³	SG.22-X-D-I.4	Piraquara ⁷
SA.23-Y-B	Pinheiro ⁴	SD.24-Y-B-V	Ibicaraí ¹	SG.22-X-D-IV.1	Araucária ⁷
SA.23-X-C/	Cururupu/ ⁴	SD.24-Y-B-VI	Itabuna ¹	SG.22-X-D-IV.2	São José dos Pinhais ⁷
SA.23-Z-A	São Luís ⁴	SE.22-X-A-III	Itaberáí ¹	SG.22-X-D-IV.3	Mandirituba ⁷
SA.23-Z-C	Itapecuru-Mirim ⁴	SE.22-X-A-VI	Nazário ¹	SG.22-Z-D-I.2/	Botuverá/ ¹
SB.22-X-C	Serra Pelada ⁴	SE.22-X-B-I	Nerópolis ¹	SG.22-Z-D-II.1	Brusque ¹
SB.22-X-D	Marabá ⁴	SE.22-X-B-II	Anápolis ¹	SG.22-Z-D-V	Florianópolis ¹
SB.22-Y-B	São Félix do Xingu ⁴	SE.22-X-B-IV	Goiânia ¹	SH.22-V-C-IV	Santa Maria ³
SB.22-Z-B	Xambioá ⁴	SE.22-X-B-V	Leopoldo Bulhões ¹	SH.22-Y-A-I.4	Passo do Salsinho ¹
SB.22-Z-D	Araguaína ⁴	SE.22-X-B-VI	Caraíba ¹	SH.22-Y-C-II	Piratini ¹

Folhas Concluídas

Impressas

NB.20-Z-B-V	- ¹	SC.20-V-B-V	Porto Velho ¹	SD.22-Z-C	Ceres ²
NB.20-Z-B-VI	- ¹	SC.20-V-C-V	Abunã ¹	SD.22-Z-D	Goianésia ²
NB.20-Z-D-II	Rio Quino ¹	SC.20-V-C-VI	Mutumparaná ¹	SD.23-X-B	Ibotirama ²
NB.20-Z-D-III	- ¹	SC.20-V-D-I	Jaciparaná ¹	SD.23-X-D	Bom Jesus da Lapa ²
NB.20-Z-D-V	Vila Pereira ¹	SC.24-V-A-III	Santa Filomena ¹	SD.23-Y-C	Brasília ²
NB.20-Z-D-VI	Rio Viruquim ¹	SC.24-V-A-VI	Riacho do Caboclo ¹	SD.23-Z-D-IV	Janaúba ³
NB.21-Y-A-IV	- ¹	SC.24-V-B-IV	Cristália ¹	SD.24-V-A-II	Utinga ¹
NB.21-Y-C-I	- ¹	SC.24-V-C-III	Petrolina ¹	SD.24-V-A-V	Lençóis ¹
NB.21-Y-C-IV	- ¹	SC.24-V-D	Uauá ²	SD.24-V-C	Livramento do Brumado ²
SA.22-Y-D	Altamira ⁴	SC.24-V-D-I	Itamotinga ¹	SD.24-V-C-II	Mucugê ¹
SA.23-Y-D	Santa Inês ⁴	SC.24-X-C-V	Santa Brígida ¹	SD.24-Y-A	Vitória da Conquista ²
SB.22-Z-A	Serra dos Carajás ⁴	SC.24-X-C-VI	Piranhas ¹	SE.22-V-B	Iporá ²
SB.23-V-B	Vitorino Freire ⁴	SC.24-Y-B	Senhor do Bonfim ²	SE.22-X-A	S. Luís de Montes Belos ²
SB.23-V-C	Imperatriz ⁴	SC.24-Y-B-VI	Euclides da Cunha ³	SE.22-X-B	Goiânia ²
SB.24-X-B/D	Areia Branca/Mossoró ²	SC.24-Y-C	Jacobina ²	SE.22-X-D	Morrinhos ²
SB.24-Z-B-II	Currais Novos ³	SC.24-Y-D	Serrinha ²	SE.23-Z-B	Guanhães ²
SB.24-Z-B-V	Jardim do Seridó ³	SC.24-Z-A-II	Jeremoabo ¹	SE.23-Z-C	Belo Horizonte ²
SB.24-Z-C	Serra Talhada ²	SC.24-Z-A-III	Carira ¹	SE.23-Z-D	Ipatinga ²
SB.24-Z-C-VI	Afogados da Ingazeira ¹	SC.25-V-A-II	Vitória de Sto. Antônio ¹	SF.23-V-D-V.4	São Gonçalo do Sapucaí
SB.24-Z-D-IV	Monteiro ¹	SD.21-Z-A	Rosário do Oeste ²	SF.23-X-B-II	Ponte Nova ¹
SB.25-V-C	Natal ²	SD.21-Z-C	Cuiabá ²	SF.23-X-B-IV	Rio Espera ¹
SB.25-V-C-IV	João Câmara ¹	SD.22-X-D	Porangatu ²	SF.23-X-C-III	Barbacena ¹
SB.25-Y-C-V	Limoeiro ¹	SD.22-Z-B	Uruaçu ²	SF.23-X-C-IV	Lima Duarte ¹

Em editoração

SB.24-Y-C-V	Patos ¹	SC.24-V-A-II	Paulistana ¹	SC.24-Y-D-IV	Mundo Novo ¹
SB.24-Y-C-VI	Simões ¹	SC.24-V-A-IV	Barra do Bonito ¹	SC.24-Y-D-V	Pintadas ¹
SB.24-Z-D-I	Patos ¹	SC.24-V-A-V	Afrânio ¹	SC.24-Y-D-VI	Serrinha ¹
SB.24-Z-D-II	Juazeirinho ¹	SC.24-Y-D-II	Gavião ¹		

¹ Levantamento Geológico/Geoquímico/Metalogenético na escala 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000; ² Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais escala 1:250.000; ³ Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos escala 1:100.000; ⁴ Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos Minerais; ⁵ Levantamento geológico visando ao meio-ambiente; ⁶ Levantamentos aerogeofísicos; ⁷ Integração geológico/geoquímica de regiões metropolitanas.